

2021 年普通高等学校招生全国统一考试（广东卷）

（适用地区：广东）

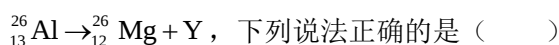
物 理

注意事项：

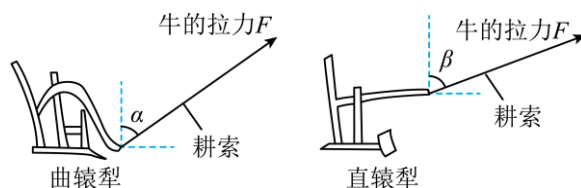
1. 答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑；如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案书写在答题卡上，写在本试卷上无效。
3. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

一、单项选择题：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，只有一项是符合题目要求的。

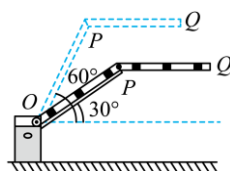
1. 科学家发现银河系中存在大量的放射性同位素铝 26，铝 26 的半衰期为 72 万年，其衰变方程为



- A. Y 是氦核
 - B. Y 是质子
 - C. 再经过 72 万年，现有的铝 26 衰变一半
 - D. 再经过 144 万年，现有的铝 26 全部衰变
2. 2021 年 4 月，我国自主研发的空间站“天和”核心舱成功发射并入轨运行，若核心舱绕地球的运行可视为匀速圆周运动，已知引力常量，由下列物理量能计算出地球质量的是 ()
- A. 核心舱的质量和绕地半径
 - B. 核心舱的质量和绕地周期
 - C. 核心舱的绕地角速度和绕地周期
 - D. 核心舱的绕地线速度和绕地半径
3. 唐代《耒耜经》记载了曲辕犁相对直辕犁的优势之一是起土省力，设牛用大小相等的拉力 F 通过耕索分别拉两种犁， F 与竖直方向的夹角分别为 α 和 β ， $\alpha < \beta$ ，如图所示，忽略耕索质量，耕地过程中，下列说法正确的是 ()

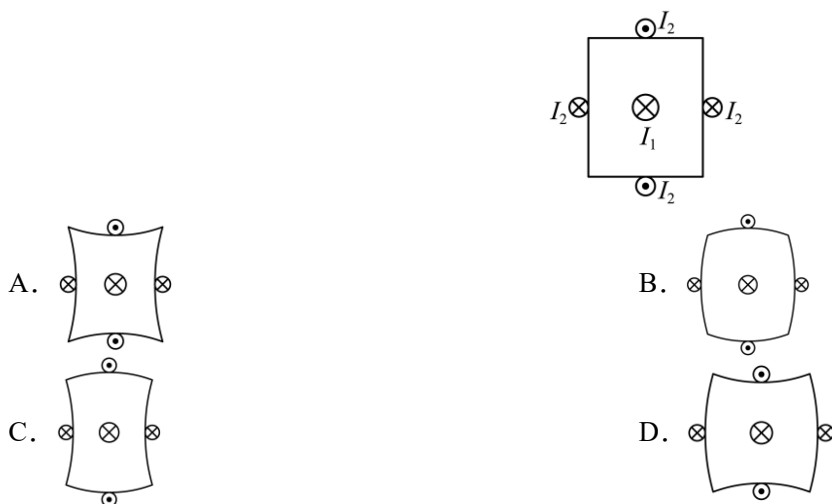


- A. 耕索对曲辕犁拉力的水平分力比对直辕犁的大
 - B. 耕索对曲辕犁拉力的竖直分力比对直辕犁的大
 - C. 曲辕犁匀速前进时，耕索对犁的拉力小于犁对耕索的拉力
 - D. 直辕犁加速前进时，耕索对犁的拉力大于犁对耕索的拉力
4. 由于高度限制，车库出入口采用图所示的曲杆道闸，道闸由转动杆 OP 与横杆 PQ 链接而成， P 、 Q 为横杆的两个端点。在道闸抬起过程中，杆 PQ 始终保持水平。杆 OP 绕 O 点从与水平方向成 30° 匀速转动到 60° 的过程中，下列说法正确的是 ()

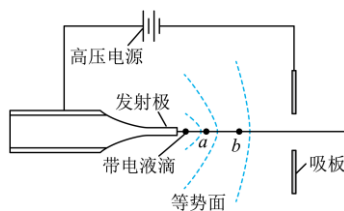


- A. P 点的线速度大小不变
- B. P 点的加速度方向不变
- C. Q 点在竖直方向做匀速运动
- D. Q 点在水平方向做匀速运动

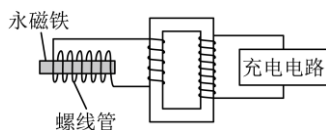
5. 截面为正方形的绝缘弹性长管中心有一固定长直导线，长管外表面固定着对称分布的四根平行长直导线，若中心直导线通入电流 I_1 ，四根平行直导线均通入电流 I_2 ， $I_1 \neq I_2$ ，电流方向如图所示，下列截面图中可能正确表示通电后长管发生形变的是（ ）



6. 图是某种静电推进装置的原理图，发射极与吸极接在高压电源两端，两极间产生强电场，虚线为等势面，在强电场作用下，一带电液滴从发射极加速飞向吸极，a、b 是其路径上的两点，不计液滴重力，下列说法正确的是（ ）



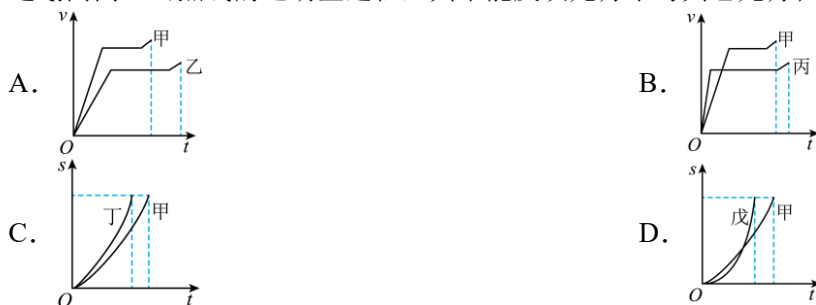
- A. a 点的电势比 b 点的低
 B. a 点的电场强度比 b 点的小
 C. 液滴在 a 点的加速度比在 b 点的小
 D. 液滴在 a 点的电势能比在 b 点的大
7. 某同学设计了一个充电装置，如图所示，假设永磁铁的往复运动在螺线管中产生近似正弦式交流电，周期为 0.2s，电压最大值为 0.05V，理想变压器原线圈接螺线管，副线圈接充电电路，原、副线圈匝数比为 1：60，下列说法正确的是（ ）



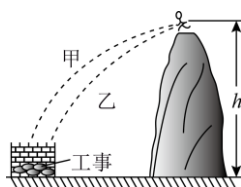
- A. 交流电的频率为 10Hz
 B. 副线圈两端电压最大值为 3V
 C. 变压器输入电压与永磁铁磁场强弱无关
 D. 充电电路的输入功率大于变压器的输入功率

二、多项选择题：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，有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

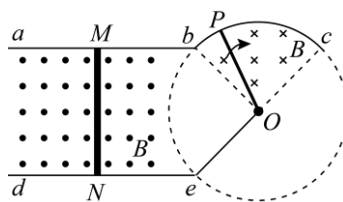
8. 赛龙舟是端午节的传统活动。下列 $v-t$ 和 $s-t$ 图像描述了三条相同的龙舟从同一起点线同时出发、沿长直河道划向同一终点线的运动全过程，其中能反映龙舟甲与其它龙舟在途中出现船头并齐的有（ ）



9. 长征途中，为了突破敌方关隘，战士爬上陡峭的山头，居高临下向敌方工事内投掷手榴弹，战士在同一位置先后投出甲、乙两颗质量均为 m 的手榴弹，手榴弹从投出的位置到落地点的高度差为 h ，在空中的运动可视为平抛运动，轨迹如图所示，重力加速度为 g ，下列说法正确的有（ ）



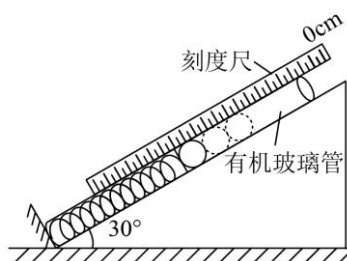
- A. 甲在空中的运动时间比乙的长
 B. 两手榴弹在落地前瞬间，重力的功率相等
 C. 从投出到落地，每颗手榴弹的重力势能减少 mgh
 D. 从投出到落地，每颗手榴弹的机械能变化量为 mgh
10. 如图所示，水平放置足够长光滑金属导轨 abc 和 de ， ab 与 de 平行， bc 是以 O 为圆心的圆弧导轨，圆弧 be 左侧和扇形 Obc 内有方向如图的匀强磁场，金属杆 OP 的 O 端与 e 点用导线相接， P 端与圆弧 bc 接触良好，初始时，可滑动的金属杆 MN 静止在平行导轨上，若杆 OP 绕 O 点在匀强磁场区内从 b 到 c 匀速转动时，回路中始终有电流，则此过程中，下列说法正确的有（ ）



- A. 杆 OP 产生的感应电动势恒定
 B. 杆 OP 受到的安培力不变
 C. 杆 MN 做匀加速直线运动
 D. 杆 MN 中的电流逐渐减小

三、非选择题：共 54 分，第 11~14 题为必考题，考生都必须作答。第 15~16 题为选考题，考生根据要求作答。
 （一）必考题：共 42 分。

11. (7 分) 某兴趣小组测量一缓冲装置中弹簧的劲度系数，缓冲装置如图所示，固定在斜面上的透明有机玻璃管与水平面夹角为 30° ，弹簧固定在有机玻璃管底端。实验过程如下：先沿管轴线方向固定一毫米刻度尺，再将单个质量为 200g 的钢球（直径略小于玻璃管内径）逐个从管口滑进，每滑进一个钢球，待弹簧静止，记录管内钢球的个数 n 和弹簧上端对应的刻度尺示数 L_0 ，数据如表所示。实验过程中弹簧始终处于弹性限度内。采用逐差法计算弹簧压缩量，进而计算其劲度系数。



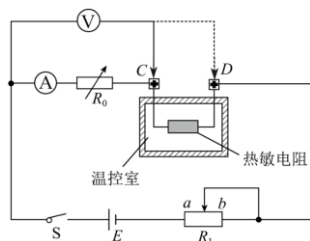
n	1	2	3	4	5	6
L_n / cm	8.04	10.03	12.05	14.07	16.11	18.09

- (1) 利用 $\Delta L_i = L_{i+3} - L_i$ ($i=1,2,3$) 计算弹簧的压缩量： $\Delta L_1 = 6.03\text{cm}$ ， $\Delta L_2 = 6.08\text{cm}$ ， $\Delta L_3 = \underline{\hspace{1cm}}\text{cm}$ ，压缩量的平均值 $\overline{\Delta L} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{3} = \underline{\hspace{1cm}}\text{cm}$ ；
- (2) 上述 $\overline{\Delta L}$ 是管中增加 个钢球时产生的弹簧平均压缩量；
- (3) 忽略摩擦，重力加速度 g 取 9.80m/s^2 ，该弹簧的劲度系数为 N/m 。（结果保留 3 位有效数字）

12. (9分) 某小组研究热敏电阻阻值随温度的变化规律。根据实验需要已选用了规格和量程合适的器材。

(1) 先用多用电表预判热敏电阻阻值随温度的变化趋势。选择适当倍率的欧姆挡，将两表笔_____，调节欧姆调零旋钮，使指针指向右边“0 Ω ”处。测量时观察到热敏电阻温度越高，相同倍率下多用电表指针向右偏转角度越大，由此可判断热敏电阻阻值随温度的升高而_____。

(2) 再按图连接好电路进行测量。



① 闭合开关 S 前，将滑动变阻器 R_1 的滑片滑到_____端 (选填“a”或“b”)。

将温控室的温度设置为 T，电阻箱 R_0 调为某一阻值 R_{01} 。闭合开关 S，调节滑动变阻器 R_1 ，使电压表和电流表的指针偏转到某一位置。记录此时电压表和电流表的示数、T 和 R_{01} 。断开开关 S。

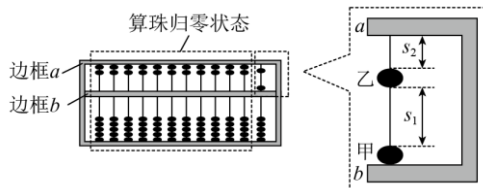
再将电压表与热敏电阻 C 端间的导线改接到 D 端，闭合开关 S。反复调节 R_0 和 R_1 ，使电压表和电流表的示数与上述记录的示数相同。记录此时电阻箱的阻值 R_{02} 。断开开关 S。

② 实验中记录的阻值 R_{01} _____ R_{02} (选填“大于”、“小于”或“等于”)。此时热敏电阻阻值 R_T = _____。

13. (11分) 算盘是我国古老的计算工具，中心带孔的相同算珠可在算盘的固定导杆上滑动，使用前算珠需要归零，如图所示，水平放置的算盘中有甲、乙两颗算珠未在归零位置，甲靠边框 b，甲、乙相隔 $s_1 = 3.5 \times 10^{-2} \text{m}$ ，乙与边框 a 相隔 $s_2 = 2.0 \times 10^{-2} \text{m}$ ，算珠与导杆间的动摩擦因数 $\mu = 0.1$ 。现用手指将甲以 0.4m/s 的初速度拨出，甲、乙碰撞后甲的速度大小为 0.1m/s ，方向不变，碰撞时间极短且不计，重力加速度 g 取 10m/s^2 。

(1) 通过计算，判断乙算珠能否滑动到边框 a；

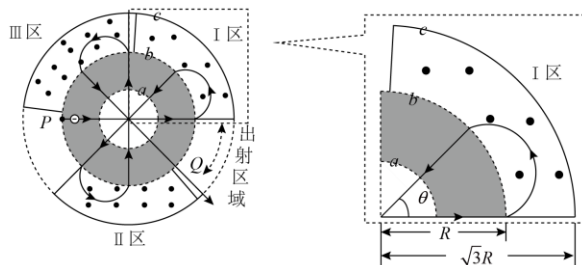
(2) 求甲算珠从拨出到停下所需的时间。



14. (15分) 图是一种花瓣形电子加速器简化示意图，空间有三个同心圆 a、b、c 围成的区域，圆 a 内为无场区，圆 a 与圆 b 之间存在辐射状电场，圆 b 与圆 c 之间有三个圆心角均略小于 90° 的扇环形匀强磁场区 I、II 和 III。各区感应强度恒定，大小不同，方向均垂直纸面向外。电子以初动能 E_{k0} 从圆 b 上 P 点沿径向进入电场，电场可以反向，保证电子每次进入电场即被全程加速，已知圆 a 与圆 b 之间电势差为 U，圆 b 半径为 R，圆 c 半径为 $\sqrt{3}R$ ，电子质量为 m，电荷量为 e，忽略相对论效应，取 $\tan 22.5^\circ = 0.4$ 。

(1) 当 $E_{k0} = 0$ 时，电子加速后均沿各磁场区边缘进入磁场，且在电场内相邻运动轨迹的夹角 θ 均为 45° ，最终从 Q 点出射，运动轨迹如图中带箭头实线所示，求 I 区的磁感应强度大小、电子在 I 区磁场中的运动时间及在 Q 点出射时的动能；

(2) 已知电子只要不与 I 区磁场外边界相碰，就能从出射区域出射。当 $E_{k0} = keU$ 时，要保证电子从出射区域出射，求 k 的最大值。



(二) 选考题：共 12 分。请考生从 2 道题中任选一题作答。如果多做，则按所做的第一题计分。

15. [选修 3-3] (12 分)

(1) (6 分) 在高空飞行的客机上某乘客喝完一瓶矿泉水后，把瓶盖拧紧。下飞机后发现矿泉水瓶变瘪了，机场地面温度与高空客舱内温度相同。由此可判断，高空客舱内的气体压强_____ (选填“大于”、“小于”或“等于”) 机场地面大气压强；从高空客舱到机场地面，矿泉水瓶内气体的分子平均动能_____ (选填“变大”、“变小”或“不变”)。

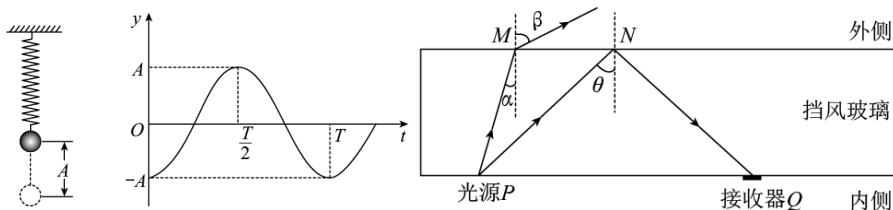
(2) (6 分) 为方便抽取密封药瓶里的药液，护士一般先用注射器注入少量气体到药瓶里后再抽取药液，如图所示，某种药瓶的容积为 0.9mL，内装有 0.5mL 的药液，瓶内气体压强为 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，护士把注射器内横截面积为 0.3 cm^2 、长度为 0.4cm、压强为 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的气体注入药瓶，若瓶内外温度相同且保持不变，气体视为理想气体，求此时药瓶内气体的压强。



16. [选修 3-4] (12 分)

(1) (6 分) 如图所示，一个轻质弹簧下端挂一小球，小球静止。现将小球向下拉动距离 A 后由静止释放，并开始计时，小球在竖直方向做简谐运动，周期为 T。经 $\frac{T}{8}$ 时间，小球从最低点向上运动的距离_____ $\frac{A}{2}$

(选填“大于”、“小于”或“等于”)；在 $\frac{T}{4}$ 时刻，小球的动能_____ (选填“最大”或“最小”)。



(2) (6 分) 如图所示，一种光学传感器是通过接收器 Q 接收到光的强度变化而触发工作的。光从挡风玻璃内侧 P 点射向外侧 M 点再折射到空气中，测得入射角为 α ，折射角为 β ；光从 P 点射向外侧 N 点，刚好发生全反射并被 Q 接收，求光从玻璃射向空气时临界角 θ 的正弦值表达式。

参考答案

1. C

【详解】AB. 根据核反应的质量数和电荷数守恒可知, 该核反应是 ${}_{13}^{26}\text{Al} \rightarrow {}_{12}^{26}\text{Mg} + {}_1^0\text{e}$

即 Y 是正电子, 选项 AB 错误;

CD. 因 72 万年是一个半衰期, 可知再过 72 万年, 现有的铝 26 衰变一半; 再过 144 万年, 即两个半衰期, 现有的铝 26 衰变四分之三, 选项 C 正确, D 错误; 故选 C。

2. D

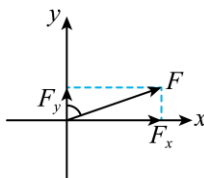
【详解】根据核心舱做圆周运动的向心力由地球的万有引力提供, 可得 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$

$$\text{可得 } M = \frac{v^2 r}{G} = \frac{\omega^2 r^3}{G} = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$$

可知已知核心舱的质量和绕地半径、已知核心舱的质量和绕地周期以及已知核心舱的角速度和绕地周期, 都不能求解地球的质量; 若已知核心舱的绕地线速度和绕地半径可求解地球的质量。故选 D。

3. B

【详解】A. 将拉力 F 正交分解如下图所示



则在 x 方向可得出 $F_{x\text{曲}} = F\sin\alpha$ $F_{x\text{直}} = F\sin\beta$

在 y 方向可得出 $F_{y\text{曲}} = F\cos\alpha$ $F_{y\text{直}} = F\cos\beta$

由题知 $\alpha < \beta$ 则 $\sin\alpha < \sin\beta$ $\cos\alpha > \cos\beta$

则可得到 $F_{x\text{曲}} < F_{x\text{直}}$ $F_{y\text{曲}} > F_{y\text{直}}$

A 错误、B 正确;

CD. 耕索对犁的拉力与犁对耕索的拉力是一对相互作用力, 它们大小相等, 方向相反, 无论是加速还是匀速, 则 CD 错误。故选 B。

4. A

【详解】A. 由题知杆 OP 绕 O 点从与水平方向成 30° 匀速转动到 60° , 则 P 点绕 O 点做匀速圆周运动, 则 P 点的线速度大小不变, A 正确;

B. 由题知杆 OP 绕 O 点从与水平方向成 30° 匀速转动到 60° , 则 P 点绕 O 点做匀速圆周运动, P 点的加速度方向时刻指向 O 点, B 错误;

C. Q 点在竖直方向的运动与 P 点相同, 相对于 O 点在竖直方向的位置 y 关于时间 t 的关系为 $y = l_{OP}\sin(\frac{\pi}{6} + \omega t)$

则可看出 Q 点在竖直方向不是匀速运动, C 错误;

D. Q 点相对于 O 点在水平方向的位置 x 关于时间 t 的关系为 $x = l_{OP}\cos(\frac{\pi}{6} + \omega t) + l_{PQ}$

则可看出 Q 点在水平方向也不是匀速运动, D 错误。故选 A。

5. C

【详解】因 $I_1 \neq I_2$, 则可不考虑四个边上的直导线之间的相互作用; 根据两通电直导线间的安培力作用满足

“同向电流相互吸引, 异向电流相互排斥”, 则正方形左右两侧的直导线 I_2 要受到 I_1 吸引的安培力, 形成

凹形, 正方形上下两边的直导线 I_2 要受到 I_1 排斥的安培力, 形成凸形, 故变形后的形状如图 C。故选 C。

6. D

【详解】A. 高压电源左为正极，则所加强电场的场强向右，而沿着电场线电势逐渐降低，可知 $\varphi_a > \varphi_b$

故 A 错误；

B. 等差等势线的疏密反映场强的大小，由图可知 a 处的等势线较密，则 $E_a > E_b$

故 B 错误；

C. 液滴的重力不计，根据牛顿第二定律可知，液滴的加速度为 $a = \frac{qE}{m}$

因 $E_a > E_b$ ，可得 $a_a > a_b$

故 C 错误；

D. 液滴在电场力作用下向右加速，则电场力做正功，动能增大，电势能减少，即 $E_{Pa} > E_{Pb}$

故 D 正确；故选 D。

7. B

【详解】A. 周期是 $T=0.2s$ ，频率是 $f = \frac{1}{T} = 5Hz$

故 A 错误；

B. 由理想变压器原理可知 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$

解得，副线两端的最大电压为 $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 = 3V$

故 B 正确；

C. 根据法拉第电磁感应定律可知，永磁铁磁场强，线圈中产生的感应电动势越大，变压器的输入电压会越大，故 C 错误；

D. 由理想变压器原理可知，充电电路的输入功率等于变压器的输入功率，故 D 错误。故选 B。

8. BD

【详解】A. 此图是速度图像，由图可知，甲的速度一直大于乙的速度，所以中途不可能出现甲乙船头并齐，故 A 错误；

B. 此图是速度图像，由图可知，开始丙的速度大，后来甲的速度大，速度图像中图像与横轴围成的面积表示位移，由图可以判断在中途甲、丙位移会相同，所以在中途甲丙船头会并齐，故 B 正确；

C. 此图是位移图像，由图可知，丁一直运动在甲的前面，所以中途不可能出现甲丁船头并齐，故 C 错误；

D. 此图是位移图像，交点表示相遇，所以甲戊在中途船头会齐，故 D 正确。故选 BD。

9. BC

【详解】A. 由平抛运动规律可知，做平抛运动的时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

因为两手榴弹运动的高度差相同，所以在空中运动时间相等，故 A 错误；

B. 做平抛运动的物体落地前瞬间重力的功率 $P = mgv \cos \theta = mgv_y = mg\sqrt{2gh}$

因为两手榴弹运动的高度差相同，质量相同，所以落地前瞬间，两手榴弹重力功率相同，故 B 正确；

C. 从投出到落地，手榴弹下降的高度为 h ，所以手榴弹重力势能减小量 $\Delta E_p = mgh$

故 C 正确；

D. 从投出到落地，手榴弹做平抛运动，只有重力做功，机械能守恒，故 D 错误。故选 BC。

10. AD

【详解】A. OP 转动切割磁感线产生的感应电动势为 $E = \frac{1}{2} Br^2 \omega$

因为 OP 匀速转动，所以杆 OP 产生的感应电动势恒定，故 A 正确；

BCD. 杆 OP 匀速转动产生的感应电动势产生的感应电流由 M 到 N 通过 MN 棒，由左手定则可知， MN 棒会向左运动， MN 棒运动会切割磁感线，产生电动势与原来电流方向相反，让回路电流减小， MN 棒所受合力为

安培力，电流减小，安培力会减小，加速度减小，故 D 正确，BC 错误。故选 AD。

11. 6.04 6.05 3 48.6

【详解】(1) [1]根据压缩量的变化量为 $\Delta L_3 = L_6 - L_3 = (18.09 - 12.05)\text{cm} = 6.04\text{cm}$

[2]压缩量的平均值为 $\overline{\Delta L} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{3} = \frac{6.03 + 6.08 + 6.04}{3}\text{cm} \approx 6.05\text{cm}$

(2) [3]因三个 ΔL 是相差 3 个钢球的压缩量之差，则所求平均值为管中增加 3 个钢球时产生的弹簧平均压缩量；

(3) [4]根据钢球的平衡条件有 $3mg \sin \theta = k \cdot \overline{\Delta L}$

解得 $k = \frac{3mg \sin \theta}{\overline{\Delta L}} = \frac{3 \times 0.2 \times 9.8 \times \sin 30^\circ}{6.05 \times 10^{-2}} \text{N/m} \approx 48.6\text{N/m}$

12. 短接 减小 b 大于 $R_{01} - R_{02}$

【详解】(1) [1][2]选择倍率适当的欧姆档，将两表笔短接；欧姆表指针向右偏转角度越大，则阻值越小，可判断热敏电阻的阻值随温度升高而减小。

(2) ①[3]闭合开关 S 前，应将滑动变阻器 R_1 的阻值调到最大，即将滑片滑到 b 端；

②[4][5]因两次电压表和电流表的示数相同，因为 $R_{01} = R_{02} + R_T$

即 $R_T = R_{01} - R_{02}$

可知 R_{01} 大于 R_{02} 。

13. (1) 能；(2) 0.2s

【详解】(1) 由牛顿第二定律可得，甲乙滑动时均有 $f = \mu mg = ma$

则甲乙滑动时的加速度大小均为 $a = \mu g = 1\text{m/s}^2$

甲与乙碰前的速度 v_1 ，则 $2as_1 = v_0^2 - v_1^2$

解得 $v_1 = 0.3\text{m/s}$

甲乙碰撞时由动量守恒定律 $mv_1 = mv_2 + mv_3$

解得碰后乙的速度 $v_3 = 0.2\text{m/s}$

然后乙做减速运动，当速度减为零时则 $x = \frac{v_3^2}{2a} = \frac{0.2^2}{2 \times 1}\text{m} = 0.02\text{m} = s_2$

可知乙恰好能滑到边框 a ；

(2) 甲与乙碰前运动的时间 $t_1 = \frac{v_0 - v_1}{a} = \frac{0.4 - 0.3}{1}\text{s} = 0.1\text{s}$

碰后甲运动的时间 $t_2 = \frac{v_2}{a} = \frac{0.1}{1}\text{s} = 0.1\text{s}$

则甲运动的总时间为 $t = t_1 + t_2 = 0.2\text{s}$

14. (1) $\frac{5\sqrt{eUm}}{eR}$ ， $\frac{\pi R\sqrt{meU}}{4eU}$ ， $8eU$ ；(2) $\frac{13}{6}$

【详解】(1) 电子在电场中加速有 $2eU = \frac{1}{2}mv^2$

在磁场 I 中，由几何关系可得 $r = R \tan 22.5^\circ = 0.4R$ $B_1 ev = m \frac{v^2}{r}$

联立解得 $B_1 = \frac{5\sqrt{eUm}}{eR}$

在磁场I中的运动周期为 $T = \frac{2\pi r}{v}$

由几何关系可得，电子在磁场I中运动的圆心角为 $\varphi = \frac{5}{4}\pi$

在磁场I中的运动时间为 $t = \frac{\varphi}{2\pi}T$

联立解得 $t = \frac{\pi R \sqrt{meU}}{4eU}$

从Q点出来的动能为 $E_k = 8eU$

(2) 在磁场I中的做匀速圆周运动的最大半径为 r_m ，此时圆周的轨迹与I边界相切，由几何关系可得

$$(\sqrt{3}R - r_m)^2 = R^2 + r_m^2$$

解得 $r_m = \frac{\sqrt{3}}{3}R$

由于 $B_1 e v_m = m \frac{v_m^2}{r_m}$ $2eU = \frac{1}{2} m v_m^2 - keU$

联立解得 $k = \frac{13}{6}$

15. $1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$

【详解】以注入后的所有气体为研究对象，由题意可知瓶内气体发生等温变化，设瓶内气体体积为 V_1 ，有

$$V_1 = 0.9 \text{ mL} - 0.5 \text{ mL} = 0.4 \text{ mL} = 0.4 \text{ cm}^3$$

注射器内气体体积为 V_2 ，有 $V_2 = 0.3 \times 0.4 \text{ cm}^3 = 0.12 \text{ cm}^3$

根据理想气体状态方程有 $p_0(V_1 + V_2) = p_1 V_1$

代入数据解得 $p_1 = 1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$

16. $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$

【详解】根据光的折射定律有 $n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$

根据光的全反射规律有 $\sin \theta = \frac{1}{n}$

联立解得 $\sin \theta = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$

17. 小于 不变

【详解】[1]机场地面温度与高空客舱温度相同，由题意知瓶内气体体积变小，以瓶内气体为研究对象，根据理

想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$

故可知高空客舱内的气体压强小于机场地面大气压强；

[2]由于温度是平均动能的标志，气体的平均动能只与温度有关，机场地面温度与高空客舱温度相同，故从高空客舱到机场地面，瓶内气体的分子平均动能不变。

18. 小于 最大

【详解】[1]根据简谐振动的位移公式 $y = -A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$

则 $t = \frac{T}{8}$ 时有 $y = -A \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{8}\right) = -\frac{\sqrt{2}}{2} A$

所以小球从最低点向上运动的距离为 $\Delta y = A - \frac{\sqrt{2}}{2} A = \frac{2 - \sqrt{2}}{2} A < \frac{1}{2} A$

则小球从最低点向上运动的距离小于 $\frac{A}{2}$ 。

[2]在 $t = \frac{T}{4}$ 时，小球回到平衡位置，具有最大的振动速度，所以小球的动能最大。