

## 2020年北京市朝阳区高三一模物理试卷逐题解析

## 一、选择题（本题共14小题，共42分）

1. 能量守恒定律是自然界最普遍的规律之一。以下不能体现能量守恒定律的是（ ）

- A. 热力学第一定律                      B. 牛顿第三定律  
C. 闭合电路欧姆定律                    D. 机械能守恒定律

【答案】B

【解析】热力学第一定律：物体内能的增加等于物体吸收的热量和对物体所作的功的总和。体现了能量的转化与守恒；

根据电源产生的电能等于输出的电能与内电路放出的焦耳热有  $E_{\text{电}} = UI_{\text{电}}t + I^2 rt$ ，可得闭合电路欧姆定律  $E = U + Ir$ ，这一过程体现了能量的转化与守恒；

机械能守恒定律，指的是动能、重力势能与弹性势能之间的相互转化，体现了能量的转化与守恒；

故不能体现能量守恒的应为B选项。

2. 宇宙射线进入地球大气层时同大气作用产生中子，中子撞击大气中的氮核 ${}^{14}_7\text{N}$ 引发核反应，产生碳核 ${}^{14}_6\text{C}$ 和原子核X，则X为（ ）

- A.  ${}^1_1\text{H}$                       B.  ${}^2_1\text{H}$                       C.  ${}^3_2\text{He}$                       D.  ${}^4_2\text{He}$

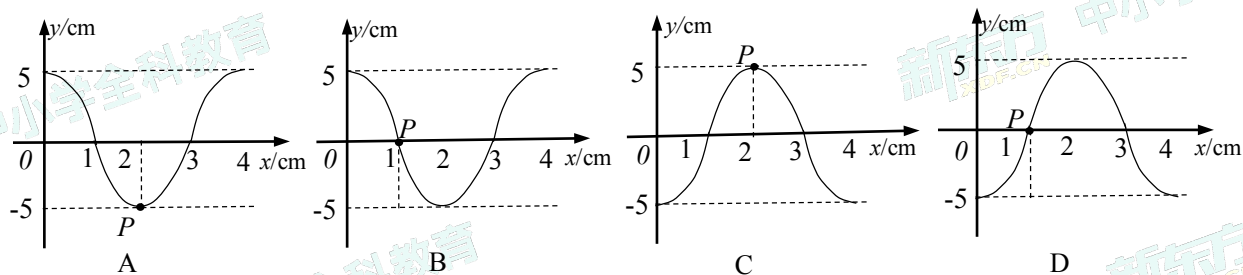
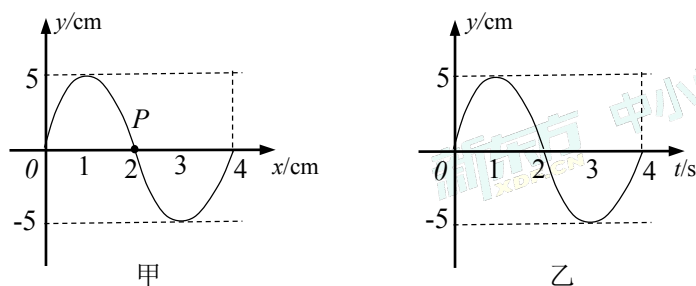
【答案】A

【解析】参照题目中的描述，可以写出该过程的核反应方程式 ${}_0^1\text{n} + {}^{14}_7\text{N} = {}^{14}_6\text{C} + {}^x_y\text{X}$ 。

根据核反应前后，核电荷数守恒、质量数守恒。故  $1+14=14+x$ ， $0+7=6+y$ 。

可解得  $x=1$ ， $y=1$ 。因此反应生成的原子核X为 ${}^1_1\text{H}$ ，故选A。

3. 图甲为一列简谐横波在  $t=0$  时的波动图象，图乙为该波中  $x=2\text{cm}$  处质点 P 的振动图象，则  $t=3.0\text{s}$  时的波动图象是 ( )

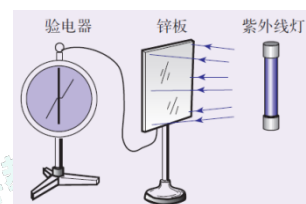


【答案】A

【解析】根据乙图（振动图）可知，在  $t=3\text{s}$  时，P 点振动到负向最大位移处，且仍在  $x=2\text{cm}$  的位置。故选 A

4. 把一块带负电的锌板连接在验电器上，验电器指针张开一定的角度。用紫外线灯照射锌板发现验电器指针的张角发生变化。下列推断合理的是 ( )

- A. 验电器指针的张角会不断变大
- B. 验电器指针的张角会先变小后变大
- C. 验电器指针的张角发生变化是因为锌板获得了电子
- D. 若改用红外线照射锌板也一定会使验电器指针的张角发生变化



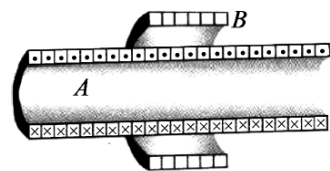
【答案】B

【解析】本题考查光电效应，初始锌板带负电，验电器张角大小与带电量正相关，紫外线照射情况下，张角发生变化，锌板与验电器带电量发生了变化，说明发生了光电效应，在紫外线照射情况下，有光电子溢出，导致锌板与验电器刚开始所带负电荷减少，验电器张角变小，负电荷减少至 0 后，继续溢出电子，导致锌板与验电器带正电，溢出电子

越多，所带正电越多，验电器张角变大。故 B 选项正确，A、C 选项错误。D 选项，红外线频率低于紫外线频率，故不一定能发生光电效应。

5. 图示为一对同轴的螺线管（轴线水平）剖面图。现给线圈 A 通电，其中的电流方向用“·”和“×”表示，且电流不断增大，线圈 B 中就会产生感应

电流。下列说法正确的是（ ）



- A. 线圈 A 中的磁场方向向左
- B. 线圈 B 中感应电流的磁场方向向右
- C. 线圈 B 中产生的感应电流大小不可能保持恒定
- D. 从左向右看线圈 B 中产生的感应电流为逆时针方向

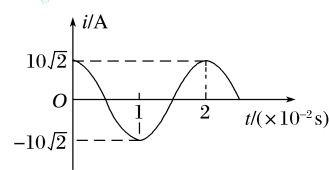
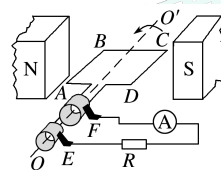
【答案】D

【解析】由图中信息可知：从左向右看 A 中的电流方向为顺时针，根据右手螺旋定则可知，A 中磁场方向向右，故 A 选项错误；

A 中电流增大，产生的磁场变强，B 中通过的磁通量增大，方向向右，根据楞次定律可知，B 中产生的感应磁场方向向左，根据右手螺旋定则可知，从左向右看 B 中产生的感应电流为逆时针方向，故 B 选项错误，D 选项正确；

若由于 A 中电流变化使得 B 中通过的磁通量均匀变化，则可产生恒定的感应电流，故 C 选项错误。

6. 图甲是小型交流发电机的示意图，两磁极 N、S 间的磁场可视为水平方向的匀强磁场，Ⓐ 为交流电流表。线圈绕垂直于磁场的水平轴  $OO'$  沿逆时针方向匀速转动，从图甲所示位置开始计时，产生的交变电流随时间变化的图象如图乙所示。下列说法正确的是（ ）



- A. 电流表的示数为 20A
- B. 线圈转动的角速度为  $50\pi$  rad/s
- C.  $t=0.01$ s 时，穿过线圈的磁通量为零

D.  $t=0.02s$  时，线圈平面与磁场方向垂直

【答案】C

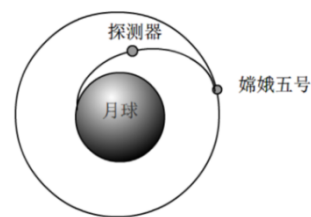
【解析】电流表的示数为交变电流有效值，由图可知电流最大值，故示数为  $10A$ ，故 A 选项错误；

由图可知交变电流周期为  $T=2 \times 10^{-2}s$ ，则角速度为  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 100\pi Hz$ ，故 B 选项错误；

$t = 0.01s$  时，感应电流负向最大，线框平面垂直于中性面，磁通量为零，磁通量变化率最大，故 C 选项正确；

$t = 0.02s$  时，感应电流正向最大，线框平面垂直于中性面，磁通量为零，线框平面平行于磁场，故 D 选项错误。

7. 中国探月工程三期主要实现采样返回任务，部分过程可简化如下：探测器完成样本采集后从月球表面发射升空，沿椭圆轨道在远月点与绕月圆轨道飞行的嫦娥五号完成对接。已知月球半径约为地球半径的  $\frac{1}{4}$ ，月球质量约为地球质量的  $\frac{1}{100}$ ，地球表面重力加速度  $g=10m/s^2$ 。下列说法正确的是（ ）



- A. 探测器从月球表面发射时的速度至少为  $7.9km/s$
- B. 对接前嫦娥五号飞行的加速度小于  $1.6m/s^2$
- C. 若对接后嫦娥五号在原轨道上运行，则其速度比对接前的大
- D. 对接前探测器在椭圆轨道运行的周期大于嫦娥五号的运行周期

【答案】B

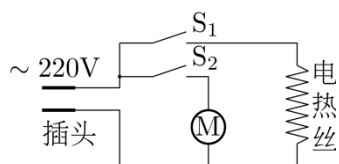
【解析】月球表面重力加速度与地球不同，第一宇宙速度不同，故 A 选项错误；

由黄金代换  $GM_{月}=g_{月}R_{月}^2$  可得月球表面重力加速度为  $1.6m/s^2$ ，高空加速度应小于表面重力加速度，故 B 选项正确；

由万有引力提供向心力可知  $GMm/r^2=mv^2/r$ ，对接后，质量变化不影响圆周运动的线速度，故 C 选项错误；

由开普勒第三定律知  $a^3/T^2=k$ ，椭圆轨道  $a$  较小，因此  $T$  较小，故 D 选项错误。

8. 某简易电吹风简化电路如图所示，其主要部件为电动机  $M$  和电热丝，部分技术参数如下表，电吹风在  $220V$  电压下工作。下列说法正确的是（ ）



电吹风额定电压	220V
电吹风额定功率	热风时：990W
	冷风时：110W

- A. 开关  $S_1$ 、 $S_2$  都闭合时电吹风吹冷风
- B. 该电吹风中电动机的内电阻为  $440\Omega$
- C. 吹热风时电热丝的功率为  $990W$
- D. 吹热风时通过电热丝的电流为  $4A$

【答案】D

【解析】开关  $S_1$  闭合时，电热丝被接入电路，吹热风，故 A 选项错误；

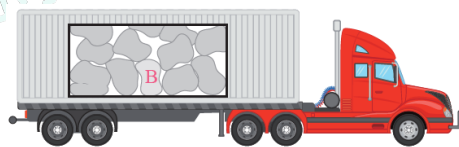
若用电器为纯电阻电路，由  $R=U^2/P$  可得  $R=440\Omega$ ，但电动机为非纯电阻电路，欧姆定律不适用。故 B 选项错误；

吹热风时，电动机与电热丝总功率为  $990W$ 。故 C 选项错误；

根据表格可知，吹热风时，电阻丝的功率为  $880W$ ，由  $I=P/U$  得  $I=4A$ 。故 D 选项正确。

9. 如图所示，一辆装满石块的货车在水平直道上以加速度  $a$  向右匀加速运动。货箱中石块 B 的质量为  $m$ 。重力加速度为  $g$ 。下列说法正确的是（ ）

- A. 货车速度增加的越来越快
- B. 货车相邻两个  $1s$  内的位移之差为  $\frac{1}{2}a$
- C. 石块 B 对与它接触物体的作用力方向水平向左
- D. 与 B 接触的物体对 B 的作用力大小为  $m\sqrt{a^2 + g^2}$



【答案】D

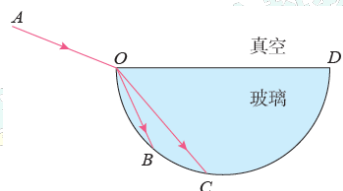
【解析】货车做匀加速运动，加速度不变，因此其速度增加是均匀的，A 选项错误；

根据位移差公式  $\Delta x = aT^2$ ，可以相邻两个  $1$  秒内的位移之差为  $a$ ，B 选项错误；

B 受自身重力以及与 B 接触物体对 B 的作用力，这两个力的合力向右，大小为  $ma$ ，因此与 B 接触物体对 B 的作用力大小为  $m\sqrt{a^2+g^2}$ ，方向斜向右上，石块 B 对与它接触物体的作用力方向斜向左下，故 C 选项错误，D 选项正确。

10. 如图所示，OBCD 为半圆柱体玻璃的横截面，OD 为直径，一束由紫光和红光组成的复色光沿 AO 方向从真空射入玻璃分成 OB、OC 两束光。下列说法正确的是（ ）

- A. 光束 OB 是红光
- B. 紫光在真空中的波长比红光在真空中的波长大
- C. 紫光在玻璃中的频率比红光在玻璃中的频率小
- D. 两束光分别在 OB、OC 段传播时所用的时间相等



【答案】D

【解析】通过光路图可以看出光束 OB 的折射角比光束 OC 的折射角小，根据折射率公式  $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ ，因此光束 OB 的折射率较大，故光束 OB 是紫光，选项 A 错误；

根据电磁波谱，紫光频率比红光大，波长比红光小，故 B、C 选项均错误；

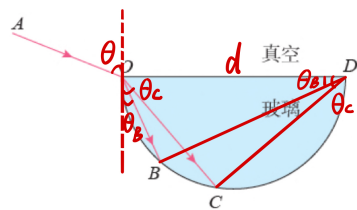
如图所示，设入射角为  $\theta$ ，折射角分别为  $\theta_B, \theta_C$ ，半圆柱体玻璃

的横截面直径长度为  $d$ ，连接 DB、DC，由折射定律得  $n_B =$

$$\frac{\sin \theta}{\sin \theta_B}, n_C = \frac{\sin \theta}{\sin \theta_C}, n_B = \frac{c}{v_B}, n_C = \frac{c}{v_C}, \text{由上述公式可得} \frac{\sin \theta_B}{v_B} =$$

$$\frac{\sin \theta_C}{v_C}, \text{因为} t_B = \frac{d \sin \theta_B}{v_B}, t_C = \frac{d \sin \theta_C}{v_C}, \text{可得} t_B = t_C. \text{故 D 选项正}$$

确。



11. 修建高层建筑时常用塔式起重机。某段时间内，重物在竖直方向上被匀加速提升，同时在水平方向上向右匀速移动。不计空气阻力。在此过程中（ ）

- A. 重物的运动轨迹为斜向右上方的直线
- B. 绳子对重物拉力所做的功等于重物机械能的增加量
- C. 重物所受合力冲量的方向斜向右上方
- D. 绳子对重物拉力的冲量等于重物动量的增加量



【答案】B

【解析】重物在竖直方向上做匀加速运动，水平方向上做匀速运动，因此重物所受合力竖直向上，而合速度方向斜向右上方，二者不共线，因此重物做曲线运动，故 A 选项错误；不计空气阻力，绳子对重物拉力所做的功全部转化为重物的机械能，故 B 选项正确；合力方向竖直向上，因此合力的冲量方向也为竖直向上，故 C 选项错误；根据动量定理，合外力冲量等于动量的变化量，因此 D 选项错误。

12. 彩虹圈有很多性质和弹簧相似，在弹性限度内彩虹圈间的弹力随着形变量的增加而增大，但彩虹圈的重力不能忽略。用手拿起彩虹圈的上端，让彩虹圈的下端自由下垂且离地面一定高度，然后由静止释放。设下落过程中彩虹圈始终没有超出弹性限度。则

( )

- A. 刚释放瞬间彩虹圈上端的加速度大于当地的重力加速度
- B. 刚释放瞬间彩虹圈下端的加速度等于当地的重力加速度
- C. 刚开始下落的一小段时间内彩虹圈的长度变长
- D. 彩虹圈的下端接触地面前彩虹圈的长度不变



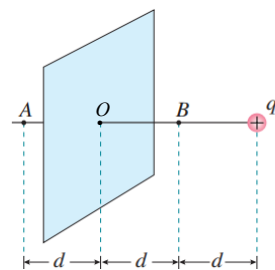
【答案】A

【解析】彩虹圈的重力不能忽略，刚释放瞬间，对彩虹圈的上端受力分析，其受到向下的重力和弹力作用，因此加速度大于当地重力加速度，故 A 选项正确；刚释放瞬间，彩虹圈下端的加速度为 0，故 B 选项错误；开始下落到下端接触地面前，上端加速度大，因此彩虹圈长度不断变短，故 C、D 选项错误。

13. 如图所示，电荷量为 $+q$ 的点电荷与均匀带电薄板相距 $2d$ ，点电荷到带电薄板的垂线通过板的几何中心 $O$ ，图中 $AO=OB=d$ ， $A$ 点的电场强度为零。下列说法正确的是

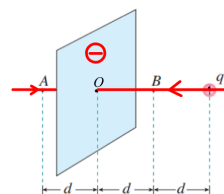
( )

- A. 薄板带负电，电子在 A 点所具有的电势能一定为零
- B. B、O 两点间的电势差与 A、O 两点间的电势差相等
- C. 电子在 B 点所具有的电势能小于在 A 点所具有的电势能
- D. 带电薄板产生的电场在图中 B 点的电场强度为  $\frac{8kq}{9d^2}$



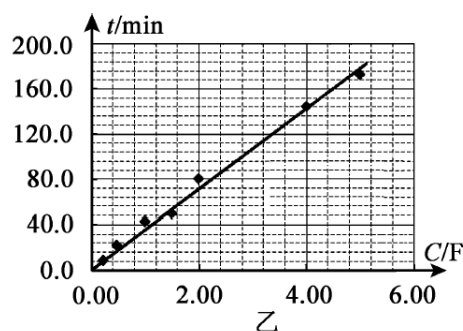
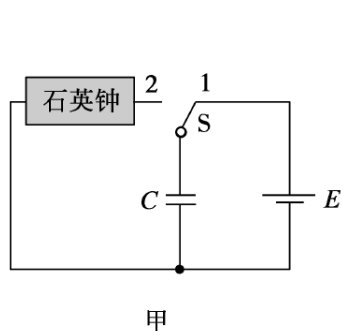
【答案】C

【解析】根据 A 点电场强度为 0，正电荷在 A 点电场强度为 OA 方向，说明带电薄板在 A 点产生的电场强度为 AO 方向，因而带电薄板带负电，AB 直线上电场线如图所示：沿电场线电势降低，以无穷远为 0 势点，可知 A 点电势小于 0，故 A 选项错误；AO 段电场强度小于 BO 段电场强度，根据  $U=Ed$  可以定性分析得出， $U_{AO} > U_{BO}$ ，故  $\varphi_B > \varphi_A$ ，根据  $E_p = q\varphi$  可得出电子在 B 点电势能小于在 A 点电势能，故 B 选项错误，C 选项正确；根据对称性，可以得出带电薄板在 A 处产生的电场强度等于薄板在 B 点产生的电场强度，薄板在 A 点产生的电场强度与 q 在 A 点产生的电场强度相等，即薄板在 B 点产生的电场强度  $E_B = k \frac{q}{(3d)^2}$ ，故 D 选项错误。



14. 某同学查阅资料发现：石英钟的工作电流可视为定值  $I_0$ ，当电源电压大于  $U_0$  时，其内部机芯能驱动表针走动；当电源电压小于  $U_0$  时，石英钟停止走动。他由此猜想：用充电电压相同、但电容不同的电容器作为石英钟电源，石英钟的走动时长  $t$  正比于电容  $C$ 。为此，他设计了如图甲所示的实验，图中电源电动势  $E=1.5V$ 。实验时先使开关 S 掷向 1，对电容器充电完毕后再把开关 S 掷向 2，电容器对石英钟供电，记录表针停止前的走动时长  $t$ 。实验中分别更换 7 个不同的电容器重复上述实验，数据记录如表格所示。使用 Excel 处理数据得到图乙所示的图线，其斜率为  $k$ 。下列推断正确的是（ ）





电容器编号	1	2	3	4	5	6	7
标称电容 C/F	0.22	0.47	1	1.5	2	4	5
走动时长 t/min	8.5	22.0	43.0	49.5	80.0	144.5	173.0

- A. 该石英钟正常工作时的电流大小为  $I_0 = \frac{E}{k}$
- B. 利用该图象能推算出电压  $U_0$  的大小
- C. 根据此石英钟的工作特点，从理论上也能推断出该同学的猜想是正确的
- D. 由本实验可知该石英钟的走动时长  $t$  与电容器的电容  $C$  和电压  $U_0$  均成正比

**【答案】C**

**【解析】** 开关拨向 1 时，电容器充满电，此时带电量为  $Q = CE$ ，开关拨向 2，电容器放电，电荷量  $Q$  减少，因而  $U$  减少，减少至  $U_0$  时，石英钟不在工作，工作时间为  $t$ ，则有  $I_0 t = CE - CU_0$ ，可得  $t = \frac{E - U_0}{I_0} C$ ，故 C 选项正确； $t$ - $C$  图像  $k = \frac{E - U_0}{I_0}$ ，则  $I_0 = \frac{E - U_0}{k}$ ，故 A 选项错误，由于  $I_0$  未知，则  $U_0$  不可求，故 B 选项错误；由  $t = \frac{E - U_0}{I_0} C$  可知， $t$  与  $U_0$  不成正比，故 D 选项错误。

## 二、实验题（本题共 2 小题，共 18 分）

15. (8 分) 在“测量电源的电动势和内阻”的实验中，已知待测电池的电动势约 1.5V，内阻约 1.0Ω。某同学利用图甲所示的电路进行测量，已知实验室除待测电池、开关、导线外，还有下列器材可供选用：

电流表  $A_1$ ：量程 0~0.6A，内阻约 0.125Ω

电流表  $A_2$ ：量程 0~3A，内阻约 0.025Ω

电压表  $V$ ：量程 0~3V，内阻约 3kΩ

滑动变阻器  $R_1$ ：0~20Ω，额定电流 2A

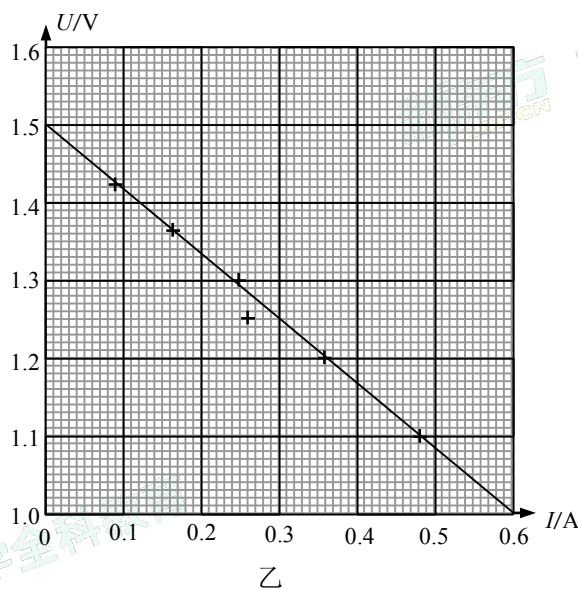
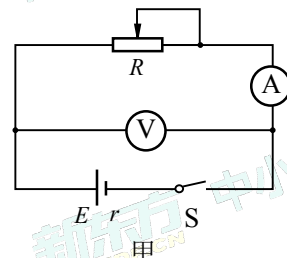
滑动变阻器  $R_2$ ：0~100Ω，额定电流 1A

(1) 为了调节方便，测量结果尽量准确，实验中电流表应选用\_\_\_\_\_，滑动变阻器应选用\_\_\_\_\_（填写仪器的字母代号）。

(2) 经过多次测量并记录对应的电流表示数  $I$  和电压表示数  $U$ ，利用这些数据在图乙中画出了  $U-I$  图线。由此得出电源的电动势

$E =$  \_\_\_\_\_ V；内阻  $r =$  \_\_\_\_\_ Ω。

(3) 该同学实验中发现，在保证所有器材安全的情况下，调节滑动变阻器的滑片时电压表的示数取不到 1.0V 以下，出现这一现象的原因可能是\_\_\_\_\_；改进的方法为\_\_\_\_\_。



**【答案】** (1)  $A_1$ ； $R_1$

(2) 1.50 (1.49~1.50)；0.83 (0.81~0.85)

(3) 电源内阻太小；可在电源旁边串联一个较小阻值的定值电阻

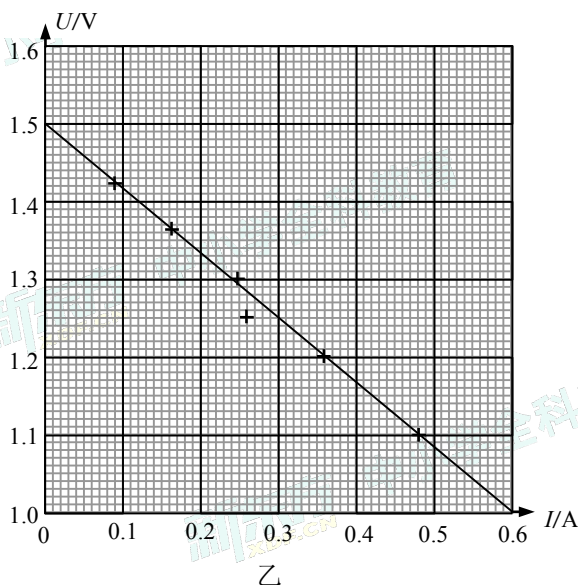
**【解析】** (1) 由于电源是一节干电池 (1.5V)，干电池内阻较小，一般为几欧，电路中电流一般为零点几安，所以选  $A_1$ ；而滑动变阻器目的是调节电路中的电流电压值，

由于电池内阻很小，选择电阻较小的  $R_1$ ，在调节  $R_1$  时使电流表、电压表的示数变化更明显，所以选择  $R_1$ 。

(2) 由闭合电路欧姆定律可得，图像截距为电源电动势，该图像的斜率为内阻负值

$$-r = k = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1-1.5}{0.6} = -0.83, \text{ 所以 } r=0.83\Omega$$

(3) 电源内阻太小；可在电源旁边串联一个较小阻值的定值电阻



16. (10分)

在“油膜法估测分子直径”的实验中，我们通过宏观量的测量间接计算微观量。

(1) 本实验利用了油酸分子易在水面上形成\_\_\_\_\_（选填“单层”或“多层”）分子油膜的特性。若将含有纯油酸体积为  $V$  的一滴油酸酒精溶液滴到水面上，形成面积为  $S$  的油酸薄膜，则由此可估测油酸分子的直径为\_\_\_\_\_。

(2) 某同学实验中先取一定量的无水酒精和油酸，制成一定浓度的油酸酒精溶液，测量并计算一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积后，接着又进行了下列操作：

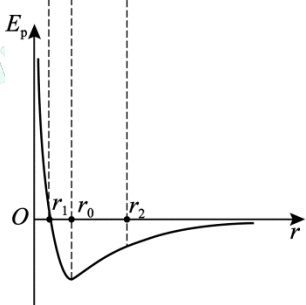
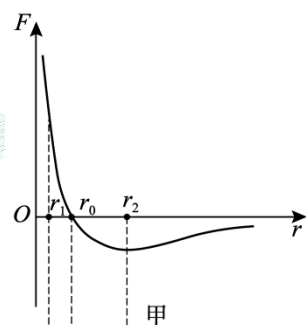
- 将一滴油酸酒精溶液滴到水面上，在水面上自由地扩展为形状稳定的油酸薄膜
- 将画有油酸薄膜轮廓的玻璃板放在坐标纸上计算油酸薄膜的面积
- 将玻璃板盖到浅水盘上，用彩笔将油酸薄膜的轮廓画在玻璃板上
- 向浅盘中倒入约 2cm 深的水，将痱子粉均匀地撒在水面上

以上操作的合理顺序是\_\_\_\_\_（填字母代号）。

(3) 若实验时痱子粉撒的太厚，则所测的分子直径会\_\_\_\_\_（选填“偏大”或“偏小”）。

(4) 本实验中油膜的形成是分子力的作用效果。图甲为分子力  $F$  随分子间距  $r$  的变化

图线，图乙为某同学参照图甲所做的分子势能  $E_p$  随分子间距  $r$  的变化图线。请你对图乙的合理性做出分析，填在下面表格相应的位置中。



	指出合理或不合理之处并简述理由
合理之处	
不合理之处	

【答案】(1) 单层；V/S

(2) DACB

(3) 偏大

(4)

	指出合理或不合理之处并简述理由
合理之处	图乙的大致变化情况合理。因为分子间距由足够远减小到 $r_0$ 的过程中，分子力体现为引力做正功，分子势能逐渐减小，所以 $r_0$ 处的分子势能最小；此后再靠近的过程中，分子力体现为斥力做负功，所以分子势能逐渐增大。
不合理之处	①图乙 $r_1$ 处分子势能为零的点不合理。由于分子力做功等于分子势能的变化，故分子间距由足够远减小到 $r_1$ 的过程中分子力做的总功应当为零，即甲图中 $r_1$ 处以右 $F-r$ 图线下的总面积应当为零，图中显然不符合。 ②图乙在 $r_0 < r < r_2$ 的范围内弯曲情况不合理。由于 $E_p-r$ 图线的斜

	<p>率即为分子力，该区间的分子力是越来越大的，而图中的斜率显然越来越小。</p>
--	---

【解析】(1) 利用油酸分子易在水面上形成单层分子油膜的特性，油膜的厚度等于油酸分子的直径，利用油酸的体积除以油膜面积可以求得油酸分子直径。

(2) “油膜法估测油酸分子直径”的实验步骤为：配制酒精油酸溶液→测定一滴酒精油酸溶液的体积→准备浅水盘→形成油膜→描绘油膜边缘→测量油膜面积→计算分子直径。

(3) 痱子粉撒的太厚，油膜无法完全展开，导致油膜的面积减小，测量的分子直径偏大。

(4) 当  $r < r_0$  时，分子间作用力表现为斥力，此时随着  $r$  的减小，分子势能将增大；当  $r > r_0$  时，分子间作用力表现为引力，此时随着  $r$  的增大，分子势能也增大，所以  $r_0$  处分子势能最小。此外， $E_p-r$  图像中，斜率代表的是分子间作用力的大小，所以在  $r_0 \sim r_2$  处，分子间作用力增大，分子势能变化的斜率也应该增大。

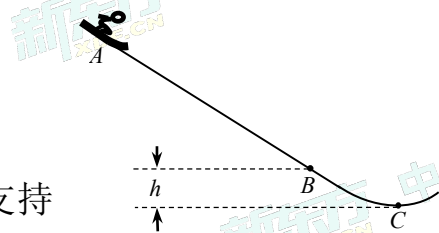
## 三、计算题（本题共 4 小题，共 40 分）

17. (9 分)

2022 年将在我国举办第二十四届冬奥会，跳台滑雪是其中最具观赏性的项目之一。某滑道示意图如下，长直助滑道 AB 与弯曲滑道 BC 平滑衔接，滑道 BC 高  $h=10\text{m}$ ，C 是半径  $R=20\text{m}$  圆弧的最低点。质量  $m=60\text{kg}$  的运动员从 A 处由静止开始匀加速下滑，加速度  $a=4\text{m/s}^2$ ，到达 B 点时速度  $v_B=30\text{m/s}$ 。取重力加速度  $g=10\text{m/s}^2$ 。

(1) 求运动员在 AB 段运动的时间  $t$ ；(2) 求运动员在 AB 段所受合外力的冲量  $I$  的大小；

(3) 若不计 BC 段的阻力，求运动员经过 C 点时所受支持

力  $F_C$  的大小。【答案】(1)  $t=7.5\text{s}$  (2)  $I=1.8\times 10^3\text{N}\cdot\text{s}$  (3)  $F_C=3.9\times 10^3\text{N}$ 【解析】(1) 根据匀变速直线运动公式，有  $v_B=at$ 代入数据可得  $t=7.5\text{s}$  (3 分)(2) 根据动量定理有  $I=mv_B-mv_A$ 代入数据可得  $I=1.8\times 10^3\text{N}\cdot\text{s}$  (3 分)

(3) 运动员在 BC 段运动的过程中，

根据动能定理有  $mgh=\frac{1}{2}mv_C^2-\frac{1}{2}mv_B^2$ 在 C 点，根据牛顿第二定律有  $F_C-mg=m\frac{v_C^2}{R}$ 代入数据可得  $F_C=3.9\times 10^3\text{N}$  (3 分)

18. (9 分)

如图所示，质量为  $m$ 、电荷量为  $+q$  的粒子从 A  $(0, 2l)$  点以初速度  $v_0$  沿 x 轴正方向射出，为使其打在 x 轴上的 C  $(2l, 0)$  点，可在整个空间施加电场或磁场。不计粒子所受重力。

(1) 若仅施加一平行于 y 轴的匀强电场，求该电场场强  $E$  的大小和方向；

(2) 若仅施加一垂直于  $xOy$  平面的匀强磁场, 求该磁场磁感应强度  $B$  的大小和方向;

(3) 某同学认为若仅施加一由  $A$  点指向  $C$  点方向的匀强电场, 该粒子仍能打在  $C$  点。请简要分析该同学的说法是否正确。

【答案】(1)  $E = \frac{mv_0^2}{ql}$  (2)  $B = \frac{mv_0}{2ql}$  (3) 见解析

【解析】(1) 由题意可判断场强的方向沿  $y$  轴负方向。

粒子在  $x$  轴方向有  $2l = v_0 t$

在  $y$  轴方向的加速度  $a = \frac{qE}{m}$

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

联立以上各式可得  $E = \frac{mv_0^2}{ql}$  (4 分)

(2) 由题意可判断磁感应强度的方向垂直于  $xOy$  平面向外。

粒子在  $xOy$  平面内做半径  $R=2l$  的匀速圆周运动, 根据牛顿运动定律有

$$qv_0 B = m \frac{v_0^2}{R}$$

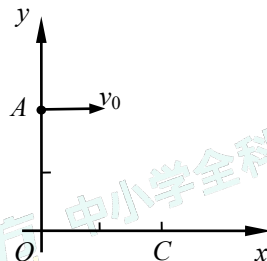
可得  $B = \frac{mv_0}{2ql}$  (3 分)

(3) 该同学的说法不正确。若粒子没有初速度, 则粒子将在电场力的作用下, 沿  $AC$  连线做匀加速直线运动打到  $C$  点; 由于粒子有  $x$  轴正向的初速度  $v_0$ , 相当于还参与了一个沿  $x$  轴正向、速度为  $v_0$  的匀速运动, 所以粒子一定打在  $C$  点的右侧。 (2 分)

19. (10 分)

由相互作用的物体所组成的系统中, 能量和动量可以相互转化或传递, 但其总量往往可以保持不变。

(1) 质量为  $m_1$  的正点电荷  $A$  和质量为  $m_2$  的负点电荷  $B$ , 仅在彼此间电场力的作用下由静止开始运动, 已知两者相遇前某时刻  $A$  的速度大小为  $v_1$ 。



a. 求此时 B 的速度大小  $v_2$ ;

b. 求此过程中 A、B 系统电势能的减少量  $\Delta E_p$ 。

(2) 在地球表面附近, 质量为  $m$  的物体自高为  $h$  处自由下落, 根据重力势能的减少量等于动能的增加量有  $mgh = \frac{1}{2}mv_3^2$ , 可得出物体落地时的速度大小  $v_3 = \sqrt{2gh}$ 。然而, 表达式中的  $mgh$  是下落过程中地球和物体所组成系统的重力势能减少量, 这样处理即认为系统减少的势能单独转化为物体的动能。请通过计算说明这样处理的合理性。

【答案】(1) a.  $v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2}$       b.  $\Delta E_p = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \left( \frac{m_1 + m_2}{m_2} \right)$

(2) 见解析

【解析】(1) a. A、B 组成的系统动量守恒, 有  $0 = m_1 v_1 - m_2 v_2$

解得  $v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2}$  (3分)

b. 在此过程中 A、B 系统减少的电势能等于增加的动能, 即

$$\Delta E_p = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

代入数据得  $\Delta E_p = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \left( \frac{m_1 + m_2}{m_2} \right)$  (4分)

(2) 因只研究这个物体下落给地球带来的影响, 取地球和下落的物体组成的系统为研究对象, 设地球的质量为  $M$ , 物体落地时地球的速度大小为  $v_4$ , 则根据动量守恒和机械能守恒定律有:  $0 = mv_3 - Mv_4$

$$mgh = \frac{1}{2} mv_3^2 + \frac{1}{2} Mv_4^2$$

解得:  $\frac{1}{2} mv_3^2 = \frac{M}{M+m} mgh$

$$\frac{1}{2} Mv_4^2 = \frac{m}{M+m} mgh$$

又因为  $M$  远大于  $m$ , 所以  $\frac{M}{M+m} \approx 1$ ,  $\frac{m}{M+m} \approx 0$

即  $\frac{1}{2} mv_3^2 \approx mgh$ ,  $\frac{1}{2} Mv_4^2 \approx 0$

可见, 这样处理是合理的。

(3分)



## 20. (12 分)

小明学习自感后进行了以下实验。在图甲所示的电路中，E 为电源，L 为线圈，闭合开关使灯泡 A 发光，然后断开开关，发现灯泡 A 不会立即熄灭，而是持续一小段时间再熄灭。

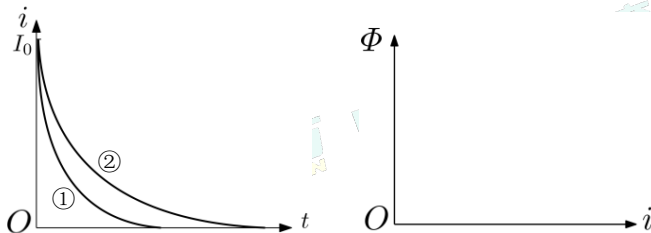
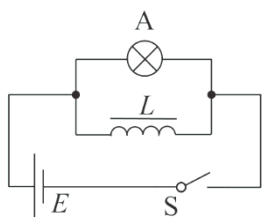
(1) 断开开关后，灯泡上的电流方向\_\_\_\_\_ (选填“向左”或“向右”)；若在线圈中插入铁芯后再重复该实验，则断开开关后灯泡上电流持续的时间\_\_\_\_\_ (选填“变长”、“变短”或“不变”)。

(2) 小明为了进一步研究影响灯泡上电流持续时间的因素，保持线圈一定，仅更换电源（内阻不计）或仅更换灯泡进行实验，并用电流传感器（图中未画出）测量开关断开后灯泡中的电流  $i$  随时间  $t$  的变化。其中的一组图象如图乙所示。

若①②两条曲线对应的电源电动势分别为  $E_1$ 、 $E_2$ ，则其大小关系为\_\_\_\_\_；

若①②两条曲线对应的灯泡电阻分别为  $R_1$ 、 $R_2$ ，则其大小关系为\_\_\_\_\_。

(3) 已知穿过螺线管的磁通量  $\Phi$  与其电流  $i$  成正比，且断开开关后小灯泡持续发光的能量来源于线圈储存的磁场能，假设线圈中储存的磁场能  $E_0$  全部转化为电路中的电能。请在图丙中作出  $\Phi$ - $i$  图象并推证  $E_0 \propto I_0^2$  (式中  $I_0$  为开关闭合时线圈中的稳定电流值)。



【答案】(1) 向左；变长

(4 分)

(2)  $E_1 = E_2$ ； $R_1 > R_2$

(4 分)

(3)  $\Phi$ - $i$  图象如图所示。

【解析】由题意可知磁场能  $E_0$  应等于电路中电流所做的功  $W$ 。设线圈匝数为  $n$ ，在极短时间  $\Delta t$  内电流做功  $\Delta W = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cdot i \cdot \Delta t$

$$\text{即 } \Delta W = ni \cdot \Delta \Phi$$

由题意可知磁通量正比于电流，即  $\Phi = ki$  ( $k$  为比例系数)，断开开关瞬间线圈、灯泡回路中流过的电流初值为  $I_0$ ，此时线圈中的磁通量为

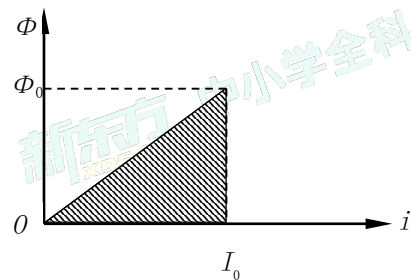
$$\Phi_0 = kI_0, \text{ 则}$$

$$W = \Sigma \Delta W = n \Sigma i \cdot \Delta \Phi = n \Sigma ki \cdot \Delta i = n \Sigma \Phi \cdot \Delta i$$

式中  $\Sigma \Phi \cdot \Delta i$  为图中“阴影面积”，即

$$\Sigma \Phi \cdot \Delta i = \frac{1}{2} I_0 \Phi_0 = \frac{1}{2} k I_0^2$$

$$\text{则 } E_0 = W = \frac{1}{2} kn I_0^2 \propto I_0^2$$



(4分)