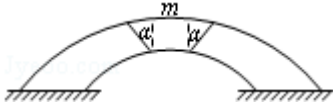


2011年江苏省高考物理试卷解析版

参考答案与试题解析

一、单项选择题：本题共5小题，每小题3分，共计15分。每小题只有一个选项符合题意。

1. (3分) 如图所示，石拱桥的正中央有一质量为 m 的对称楔形石块，侧面与竖直方向的夹角为 α ，重力加速度为 g ，若接触面间的摩擦力忽略不计，求石块侧面所受弹力的大小为 ()



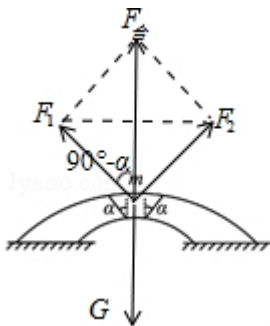
- A. $\frac{mg}{2\sin\alpha}$ B. $\frac{mg}{2\cos\alpha}$ C. $\frac{1}{2}mg\tan\alpha$ D. $\frac{1}{2}mg\cot\alpha$

【考点】2G：力的合成与分解的运用；3C：共点力的平衡.

【专题】11：计算题.

【分析】对石块受力分析，根据共点力平衡条件，运用合成法列式求解.

【解答】解：对物体受力分析，如图



根据共点力平衡条件，将弹力 F_1 、 F_2 合成，结合几何关系，有

$$F_1 = F_2 = F$$

$$mg = 2 \times F \cos(90^\circ - \alpha)$$

所以

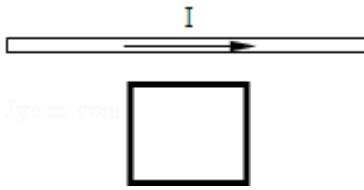
$$F = \frac{mg}{2\sin\alpha}$$

故选：A。

【点评】本题考查力的平衡和力的合成；运用共点力平衡条件可以结合合成法、分解法、正交分解法求解.

2. (3分) 如图所示，固定的水平长直导线中通有电流 I ，矩形线框与导线在同一竖直平面

内，且一边与导线平行。线框由静止释放，在下落过程中（ ）



- A. 穿过线框的磁通量保持不变
- B. 线框中感应电流方向保持不变
- C. 线框所受安培力的合力为零
- D. 线框的机械能不断增大

【考点】CA：安培定则；DB：楞次定律。

【分析】根据磁能量形象表示：穿过磁场中某一面积的磁感线的条数判断磁能量的变化。用楞次定律研究感应电流的方向。用左手定则分析安培力，根据能量守恒定律研究机械能的变化。

【解答】解：A、线框在下落过程中，所在磁场减弱，穿过线框的磁感线的条数减小，磁通量减小。故 A 错误。

B、下落过程中，因为磁通量随线框下落而减小，根据楞次定律，感应电流的磁场与原磁场方向相同，不变，所以感应电流的方向不变，故 B 正确。

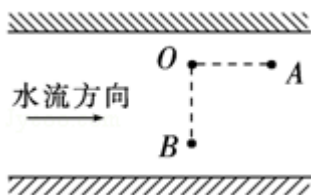
C、线框左右两边受到的安培力平衡抵消，上边受的安培力大于下边受的安培力，安培力合力不为零。故 C 错误。

D、线框中产生电能，机械能减小。故 D 错误

故选：B。

【点评】本题考查电流的磁场和电磁感应中楞次定律等，难度不大。如是单选题，高考时，C、D 项可以不再研究

3. (3 分) 如图所示，甲、乙两同学从河中 O 点出发，分别沿直线游到 A 点和 B 点后，立即沿原路线返回到 O 点，OA、OB 分别与水流方向平行和垂直，且 OA=OB。若水流速度不变，两人在静水中游速相等，则他们所用时间 $t_{甲}$ 、 $t_{乙}$ 的大小关系为（ ）



- A. $t_{甲} < t_{乙}$
- B. $t_{甲} = t_{乙}$
- C. $t_{甲} > t_{乙}$
- D. 无法确定

【考点】45：运动的合成和分解.

【专题】11：计算题.

【分析】甲、乙两同学实际的速度是静水中的游速与水流速度的合速度，设游速为 v ，水速为 v_0 根据速度合成可知：甲游到 A 点的速度为 $v+v_0$ ，游回的速度为 $v-v_0$ ；乙来回的速度都为 $\sqrt{v^2-v_0^2}$. 明确了各自的合速度后，再用匀速直线运动规律求出时间进行比较。

【解答】解：设游速为 v ，水速为 v_0 ， $OA=OB=l$ ，

则甲整个过程所用时间： $t_{甲} = \frac{l}{v+v_0} + \frac{l}{v-v_0} = \frac{2vl}{v^2-v_0^2}$ ，

乙为了沿 OB 运动，速度合成如图：

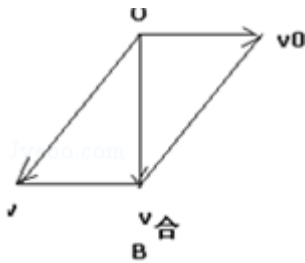
则乙整个过程所用时间： $t_{乙} = \frac{l}{\sqrt{v^2-v_0^2}} \times 2 = \frac{2l\sqrt{v^2-v_0^2}}{v^2-v_0^2}$ ，

$$\because v > \sqrt{v^2-v_0^2}$$

$$\therefore t_{甲} > t_{乙}$$

\therefore 选 C 正确，选项 A、B、D 错误。

故选：C。



【点评】本题考查运动的合成（主要是速度的合成）和匀速运动规律，运用速度合成的矢量平行四边形法则求出各自的合速度是关键。

4. (3分) 如图所示，演员正在进行杂技表演。由图可估算出他将一只鸡蛋抛出的过程中对鸡蛋所做的功最接近于 ()



A. 0.3J

B. 3J

C. 30J

D. 300J

【考点】62：功的计算.

【专题】52B：功的计算专题.

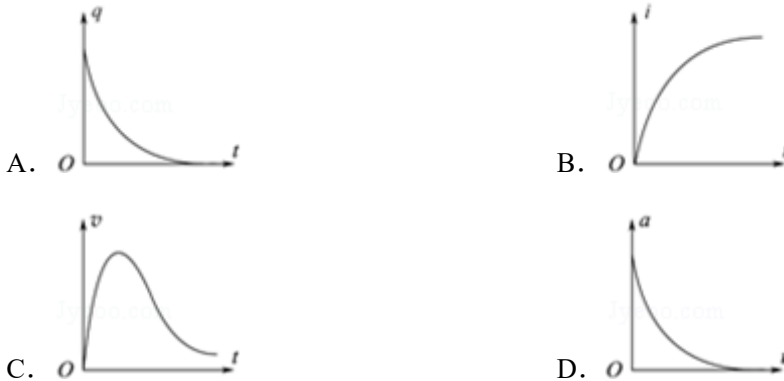
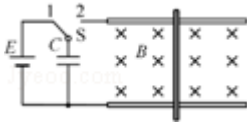
【分析】估计一个鸡蛋的重力的大小，在根据鸡蛋的运动情况，可以估计上升的高度的大小，根据动能定理可以求得人对鸡蛋做的功.

【解答】解：大约 10 个鸡蛋 1 斤，一个鸡蛋的质量约为 $m = \frac{0.5}{10} = 0.05\text{kg}$ ，鸡蛋大约能抛 $h=0.5\text{m}$ ，则做的功大约为 $W=mgh=0.05 \times 10 \times 0.5=0.25\text{J}$ ，所以 A 正确。

故选：A。

【点评】本题考查估算物体的质量及抛出的高度的大小，从而计算做的功的大小。这道题目从生活中来，与生活相联系，可以提高学生的学习兴趣。

5. (3 分) 如图所示，水平面内有一平行金属导轨，导轨光滑且电阻不计。匀强磁场与导轨平面垂直。阻值为 R 的导体棒垂直于导轨静止放置，且与导轨接触。 $T=0$ 时，将开关 S 由 1 掷到 2。 Q 、 i 、 v 和 a 分别表示电容器所带的电荷量、棒中的电流、棒的速度和加速度。下列图象正确的是 ()



【考点】CC：安培力；D9：导体切割磁感线时的感应电动势.

【专题】16：压轴题.

【分析】知道电容器放电后会在电路中产生电流.

导体棒通有电流后会受到安培力的作用，会产生加速度而加速运动.

导体棒切割磁感线，速度增大，感应电动势增大，则电流减小，安培力减小，加速度减小.

【解答】解：开关 S 由 1 掷到 2，电容器放电后会在电路中产生电流。

导体棒通有电流后会受到安培力的作用，会产生加速度而加速运动。

导体棒切割磁感线，速度增大，感应电动势 $E=Blv$ ，即增大，

则实际电流减小，安培力 $F=BIL$ ，即减小，加速度 $a=\frac{F}{m}$ ，即减小。

因导轨光滑，所以在有电流通过棒的过程中，棒是一直加速运动（变加速）。

由于通过棒的电流是按指数递减的，那么棒受到的安培力也是按指数递减的，由牛顿第二定律知，它的加速度是按指数递减的。

由于电容器放电产生电流使得导体棒受安培力运动，而导体棒运动产生感应电动势会给电容器充电。当充电和放电达到一种平衡时，导体棒做匀速运动。

当棒匀速运动后，棒因切割磁感线有电动势，所以电容器两端的电压能稳定在某个不为 0 的数值，即电容器的电量应稳定在某个不为 0 的数值（不会减少到 0）。这时电容器的电压等于棒的电动势数值，棒中无电流。

故选：D。

【点评】 本题考查电容器放电及电磁感应和安培力及加速度、速度等。

电容器的充电和放电是与两极板间的电势差有关的。

二、多项选择：本题共 4 小题，每小题 4 分，共计 16 分。每小题有多个选项符合题意。全部选对得 4 分，选对不全得 2 分，错选或不答的得 0 分。

6.（4 分）美国科学家 Willard S. Boyle 与 George E. Smith 因电荷耦合器件（CCD）的重要发明获得 2009 年度诺贝尔物理学奖。CCD 是将光学量转变成电学量的传感器。下列器件可作为传感器的有（ ）

A. 发光二极管 B. 热敏电阻 C. 霍尔元件 D. 干电池

【考点】 GB：传感器在生产、生活中的应用。

【分析】 传感器是将非电学量转变成电学量，如力传感器是将力学量转变成电学量。

【解答】 解：A 选项：发光二极管两极达到一定电压时就会正向导通，所以不是传感器。

故 A 不正确；

B 选项、C 选项：热敏电阻可以把温度转化为电学量，而霍尔元件可以把磁场的磁感应强度转化为电学量，故 BC 均正确

D 选项：干电池是电源，能给两极提供电势差的设备。故不正确；

故选：BC。

【点评】 本题考查传感器的概念判断。

7. (4分) 一行星绕恒星作圆周运动. 由天文观测可得, 其运动周期为 T , 速度为 v , 引力常量为 G , 则 ()

A. 恒星的质量为 $\frac{v^3 T}{2\pi G}$

B. 行星的质量为 $\frac{4\pi^2 v^3}{GT^2}$

C. 行星运动的轨道半径为 $\frac{vT}{2\pi}$

D. 行星运动的加速度为 $\frac{2\pi v}{T}$

【考点】 4A: 向心力; 4F: 万有引力定律及其应用.

【分析】 根据圆周运动知识和已知物理量求出轨道半径. 根据万有引力提供向心力, 列出等式求出中心体的质量.

【解答】 解: 根据圆周运动知识得:

由 $v = \frac{2\pi r}{T}$ 得到

行星运动的轨道半径为 $r = \frac{vT}{2\pi}$ ①,

A、根据万有引力提供向心力, 列出等式:

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$
 ②

由①②得 $M = \frac{v^3 T}{2\pi G}$, 故 A 正确;

B、根据题意无法求出行星的质量, 故 B 错误。

C、通过以上分析, 故 C 正确。

D、根据 $a = \frac{v^2}{r}$ ③

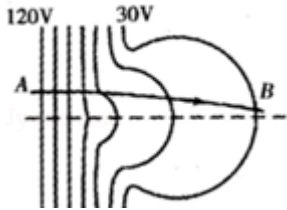
由①③得: 行星运动的加速度为 $\frac{2\pi v}{T}$. 故 D 正确。

故选: ACD。

【点评】 本题考查万有引力与圆周运动问题.

根据万有引力提供向心力, 列出等式可求出中心体的质量, 不能求出环绕体质量.

8. (4分) 一粒子从 A 点射入电场, 从 B 点射出, 电场的等势面和粒子的运动轨迹如图所示, 图中左侧三个等势面平行, 不计粒子的重力. 下列说法正确的有 ()



- A. 粒子带负电荷
- B. 粒子的加速度先不变, 后变小
- C. 粒子的速度不断增大
- D. 粒子的电势能先减小, 后增大

【考点】 A7: 电场线; AF: 等势面.

【专题】 16: 压轴题; 4B: 图析法.

【分析】 等势面的疏密可以表示场强的大小, 电场线与等势面; 电场力做正功, 电势能减小.

【解答】 解: A、电场线 (垂直于等势面) 先向右后向上偏, 而粒子后向下偏了, 所以电场力与电场强度方向相反, 所以粒子带负电, A 正确;

B、因为等差等势面先平行并且密, 后变疏, 说明电场强度先不变, 后变小, 则电场力先不变, 后变小, 所以加速度先不变, 后变小, B 正确;

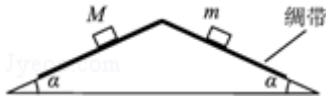
C、由于起初电场力与初速度方向相反, 所以速度先减小, C 错误;

D、因为电场力先做负功, 所以电势能先增大, D 错误;

故选: AB.

【点评】 本题考查等势面、电场线、电场力、电场力做功、电势能等等. 可以先根据等势面确定电场线的分布情况再判断.

9. (4分) 如图所示, 倾角为 α 的等腰三角形斜面固定在水平面上, 一足够长的轻质绸带跨过斜面的顶端铺放在斜面的两侧, 绸带与斜面间无摩擦. 现将质量分别为 M 、 m ($M > m$) 的小物块同时轻放在斜面两侧的绸带上. 两物块与绸带间的动摩擦因数相等, 且最大静摩擦力与滑动摩擦力大小相等. 在 α 角取不同值的情况下, 下列说法正确的有 ()



- A. 两物块所受摩擦力的大小总是相等
- B. 两物块不可能同时相对绸带静止
- C. M 不可能相对绸带发生滑动
- D. m 不可能相对斜面向上滑动

【考点】37：牛顿第二定律；38：牛顿第三定律。

【专题】16：压轴题。

【分析】对物体 M 和物体 m 分别受力分析，受重力、支持力和摩擦力，根据牛顿第三定律判断两物块所受摩擦力的大小关系；通过求解出 M、m 与斜面间的最大静摩擦力并结合牛顿第二定律判断两个物块可能的运动情况。

【解答】解：A、轻质绸带与斜面间无摩擦，受两个物体对其的摩擦力，根据牛顿第二定律，有：

$$f_M - f_m = m_{\text{绸}} a = 0 \quad (\text{轻绸带，质量为零})$$

$$\text{故 } f_M = f_m$$

M 对绸带的摩擦力和绸带对 M 的摩擦力是相互作用力，等大；

m 对绸带的摩擦力和绸带对 m 的摩擦力也是相互作用力，等大；

故两物块所受摩擦力的大小总是相等；故 A 正确；

B、当满足 $Mg\sin\alpha < \mu Mg\cos\alpha$ 、 $mg\sin\alpha < \mu mg\cos\alpha$ 和 $Mg\sin\alpha > mg\sin\alpha$ 时，M 加速下滑，m 加速上滑，均相对绸带静止，故 B 错误；

C、由于 M 与绸带间的最大静摩擦力较大，故绸带与 M 始终相对静止，m 与绸带间可能有相对滑动，故 C 正确；

D、当动摩擦因数较大时，由于绸带与斜面之间光滑，并且 $M > m$ ，所以 M、m 和绸带一起向左滑动，加速度为 a，根据牛顿第二定律，有：

$$\text{整体：} Mg\sin\alpha - mg\sin\alpha = (M+m) a$$

$$\text{隔离 M，有：} Mg\sin\alpha - f_M = Ma$$

$$\text{对 m 有：} f_m - mg\sin\alpha = ma$$

$$\text{解得：} f_M = f_m = \frac{2Mm}{M+m} g\sin\alpha$$

故 D 错误；

故选：AC。

【点评】本题关键根据牛顿第三定律判断出绸带对 M 和 m 的拉力（摩擦力提供）相等，然后根据牛顿第二定律判断。

多数学生对本题有疑问，关键是没有认识到物理模型的应用，题中丝绸质量不计，类似轻绳模型。

三、简答题. (共 22 分)

10. (8 分) 某同学用如图所示的实验装置来验证“力的平行四边形定则”。弹簧测力计 A 挂于固定点 P，下端用细线挂一重物 M，弹簧测力计 B 的一端用细线系于 O 点，手持另一端水平向左拉，使结点 O 静止在某位置，分别读出弹簧测力计 A 和 B 的示数，并在贴于竖直木板的白纸上记录 O 点位置和拉线的方向。

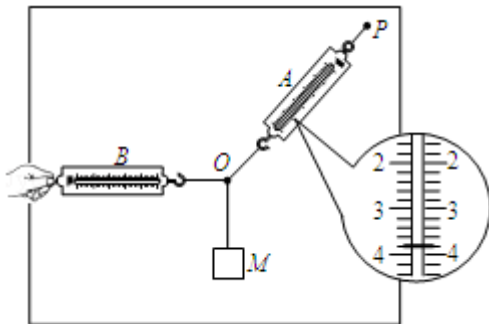
(1) 本实验用的弹簧测力计示数的单位为 N，图中 A 的示数为 3.8 N。

(2) 下列不必要的实验要求是 D。(请填写选项前对应的字母)

- A. 应测量重物 M 所受的重力
- B. 弹簧测力计应在使用前校零
- C. 拉线方向应与木板平面平行
- D. 改变拉力，进行多次实验，每次都要使 O 点静止在同一位置

(3) 某次实验中，该同学发现弹簧测力计 A 的指针稍稍超出量程，请您提出两个解决办法。方法一：减小弹簧测力计 B 的拉力 方法二：减小重物的质量

(4) 该同学在实验中保持弹簧测力计 B 的拉力的方向一直水平，你认为该做法科学吗？为什么？答：不科学，因为不能验证任意角度下的力的合成满足平行四边形法则。



【考点】M3：验证力的平行四边形定则。

【专题】13：实验题。

【分析】弹簧测力计 A 挂于固定点，下端用细线挂一重物。当弹簧测力计 B 一端用细线系于 O 点，当向左拉使结点静止于某位置。弹簧测力计 A 和 B 的示数分别为两细线的力

的大小，同时画出细线的方向即为力的方向。虽悬挂重物的细线方向确定，但大小却不知，所以要测重物重力。当结点静止于某位置时，弹簧测力计 B 的大小与方向就已确定了。原因是挂重物的细线大小与方向一定，而弹簧测力计 A 大小与方向也一定，所以两力的合力必一定。当出现超出弹簧测力计 A 的量程时，通过改变其中一个力大小或另一个力方向来达到此目的。

【解答】解：（1）弹簧测力计读数，每 1N 被分成 5 格，则 1 格就等于 0.2N。图指针落在 3N 到 4N 的第 3 格处，所以 3.8N。

（2）A、实验通过作出三个力的图示，来验证“力的平行四边形定则”，因此重物的重力必须要知道。故 A 项也需要；

B、弹簧测力计是测出力的大小，所以要准确必须在测之前校零。故 B 项也需要；

C、拉线方向必须与木板平面平行，这样才能确保力的大小准确性。故 C 项也需要；

D、当结点 O 位置确定时，弹簧测力计 A 的示数也确定，由于重物的重力已确定，两力大小与方向均一定，因此弹簧测力计 B 的大小与方向也一定，所以不需要改变拉力多次实验。故 D 项不需要。

故选：D。

（3）当弹簧测力计 A 超出其量程，则说明弹簧测力计 B 与重物这两根细线的力的合力已偏大。又由于挂重物的细线力的方向已确定，所以要么减小重物的重量，要么改变测力计 B 拉细线的方向，或改变弹簧测力计 B 拉力的大小，从而使测力计 A 不超出量程。

（4）不科学，因为不能验证任意角度下的力的合成满足平行四边形法则。

故答案为：（1）3.8；（2）D；

（3）减小弹簧测力计 B 的拉力；减小重物的质量；

（4）不科学，因为不能验证任意角度下的力的合成满足平行四边形法则。

【点评】通过作出力的图示来验证“力的平行四边形定则”，重点是如何准确作出力的图示。同时值得注意其中有一力大小与方向均已一定，从而减少实验的操作步骤。

11.（10 分）某同学利用如图 1 所示的实验电路来测量电阻的阻值。

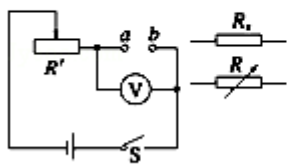


图 1

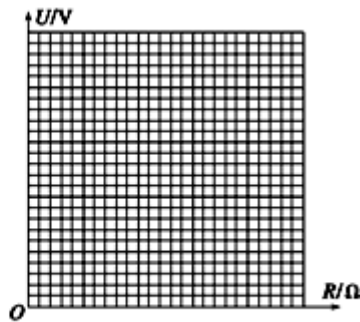


图 2

(1) 将电阻箱接入 a、b 之间，闭合开关。适当调节滑动变阻器 R' 后保持其阻值不变。改变电阻箱的阻值 R ，得到一组电压表的示数 U 与 R 的数据如表：

电阻 R/Ω	5.0	10.0	15.0	25.0	35.0	45.0
电压 U/V	1.00	1.50	1.80	2.14	2.32	2.45

请根据实验数据在图 2 作出 $U - R$ 关系图象。

(2) 用待测电阻 R_x 替换电阻箱，读得电压表示数为 $2.00V$ 。利用 (1) 中测绘的 $U - R$ 图象可得 $R_x = \underline{20} \Omega$ 。

(3) 使用较长时间后，电池的电动势可认为不变，但内阻增大。若仍用本实验装置和 (1) 中测绘的 $U - R$ 图象测定某一电阻，则测定结果将 偏小 (选填“偏大”或“偏小”)。现将一已知阻值为 10Ω 的电阻换接在 a、b 之间，你应如何调节滑动变阻器，便仍可利用本实验装置和 (1) 中测绘的 $U - R$ 图象实现对待测电阻的准确测定？

【考点】 BB：闭合电路的欧姆定律；N2：测定金属的电阻率。

【专题】 16：压轴题。

【分析】 (1) 建立坐标系，选定单位长度，描点作图；

(2) 利用图象，读出电压为 $2.00V$ 时对应的电阻即可；

(3) 闭合电路和部分电路的欧姆定律的综合应用。

【解答】 解：(1) 根据表格数据，选取横坐标单位长度为 10Ω ，纵坐标的单位长度为 $0.5v$ ，建立 $U - R$ 坐标系，然后根据表中数据描点，最后用光滑的曲线连接所描的点，即作出 $U - R$ 图，如图所示：

(2) 在 $U - R$ 图中作出 $U=2V$ 的直线，与图象有一交点，通过交点作横轴的垂线，与横轴交与 $R=20\Omega$ 的点，即当 $U=2.00V$ 时， $R_x=20\Omega$

(3) 因为 $U = IR = \frac{ER}{R+r+R'} = \frac{E}{1+\frac{r+R'}{R}}$ ，当电池的内阻 r 增大时，则 $\frac{r+R'}{R}$ 增大，同一个

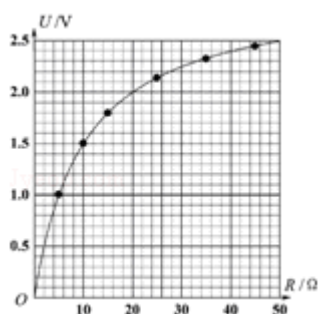
R, 则 $U = IR = \frac{ER}{R+r+R'} = \frac{E}{1+\frac{r+R'}{R}}$ 减小, 即电压表读数将变小, 按原来的 U - R 图象, 则

电阻的测量值小于真实值, 即偏小. 要使电压表读数为 1.50V, 因为电池内阻 r 增大, 应该把滑动变阻器阻值 R' 调小, 以至于使 R'+r 不变.

答案: (1) U - R 图如图所示,

(2) 20,

(3) 偏小; 改变滑动变阻器阻值, 使电压表示数为 1.50V.



【点评】本题是考查测量电阻实验, 其中利用图象处理实验数据是这类题目的共性, 根据图象再解决其它问题是高考的一个方向, 要引起高度重视.

四、选做题 (12、13、14 题, 请选定其中两题, 若三题都做, 则按 12、13 两题评分. 共 24 分)

12. (12 分) (1) 如图 1 所示, 一演示用的“永动机”转轮由 5 根轻杆和转轴构成, 轻杆的末端装有形状记忆合金制成的叶片, 轻推转轮后, 进入热水的叶片因伸展面“划水”, 推动转轮转动. 离开热水后, 叶片形状迅速恢复, 转轮因此能较长时间转动. 下列说法正确的是

- A. 转轮依靠自身惯性转动, 不需要消耗外界能量
- B. 转轮转动所需能量来自形状记忆合金自身
- C. 转动的叶片不断搅动热水, 水温升高
- D. 叶片在热水中吸收的热量一定大于在空气中释放的热量

(2) 如图 2 所示, 内壁光滑的气缸水平放置. 一定质量的理想气体被密封在气缸内, 外界大气压强为 P_0 . 现对气缸缓慢加热, 气体吸收热量 Q 后, 体积由 V_1 增大为 V_2 . 则在此过程中, 气体分子平均动能 增大 (选增“增大”、“不变”或“减小”), 气体内能变化了 $Q - P_0(V_2 - V_1)$.

(3) 某同学在进行“用油膜法估测分子的大小”的实验前, 查阅数据手册得知: 油酸的

摩尔质量 $M=0.283\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，密度 $\rho=0.895\times 10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。若 100 滴油酸的体积为 1ml，则 1 滴油酸所能形成的单分子油膜的面积约是多少？（取 $N_A=6.02\times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ 。球的体

积 V 与直径 D 的关系为 $V=\frac{1}{6}\pi D^3$ ，结果保留一位有效数字）

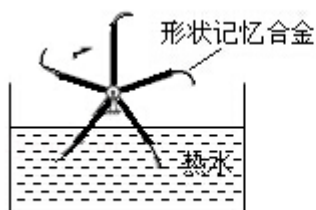


图1

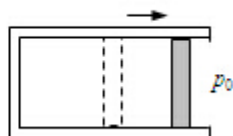


图2

【考点】8F：热力学第一定律；8G：能量守恒定律；O1：用油膜法估测分子的大小。

【专题】542：物体的内能专题；544：估算分子个数专题；548：热力学定理专题。

【分析】（1）考查热力学第一定律和热力学第二定律。

（2）考查气体实验定律和热力学第一定律，要注意功的求解 $W=P_0sL=P_0(SL_2-SL_1)=-P_0(V_2-V_1)$ 。

（3）考查油膜法测分子直径。 $\frac{M}{\rho}$ 是摩尔体积 V_{mol} ， $\frac{V_{\text{mol}}}{N_A}$ 就是单个分子的体积，然后根据

$v_0=\frac{4\pi r^3}{3}$ 求出分子的半径 r ，得出分子直径 D 从而求出油膜的面积。

【解答】解（1）A、转轮转动的过程中克服摩擦力做功，转轮的速度越来越小，所以要维持转轮转动需要外力做功。故 A 错误。

B、要维持转轮转动需要外力做功，转轮转动所需能量不能由转轮自己提供。故 B 错误。

C、转动的叶片不断搅动热水的过程是水对转轮做功的过程，同时水会向四周放出热量，根据热力学第一定律可知水的内能减小，故水温降低，故 C 错误。

D、根据热力学第二定律，物体不可能从单一热源吸收能量全部用来对外做功而不引起其变化，故叶片在热水中吸收的热量一定大于在空气中释放的热量。故 D 正确。

故选 D。

（2）在对气缸缓慢加热的过程中封闭气体的压强保持不变，故气体发生等压变化，根据

$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ ，由于 $V_2>V_1$ ，所以 $T_2>T_1$ 。物体温度升高分子平均动能增大；

根据热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$ ，其中 $W=-P_0sL=-P_0(SL_2-SL_1)=-P_0(V_2-V_1)$ ，故 $\Delta U=Q-P_0(V_2-V_1)$

故本题的答案为：增大； $Q - P_0 (V_2 - V_1)$ 。

(3) 一个油酸分子的体积 $V = \frac{M}{\rho N_A}$

由球的体积与直径的关系得分子直径 $D = \sqrt[3]{\frac{6M}{\pi\rho N_A}}$

最大面积 $S = \frac{1 \times 10^{-8} m^3}{D}$

代入数据解得 $S = 1m^2$ 。

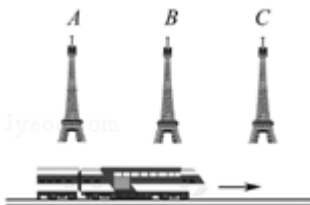
【点评】考纲对 3 - 3 要求较低，故题目比较简单，所以只要加强对基本概念的理解然后做些基础题即可。

13. (12 分) (1) 如图所示，沿平直铁路线有间距相等的三座铁塔 A、B 和 C。假想有一列车沿 AC 方向以接近光速行驶，当铁塔 B 发出一个闪光，列车上的观测者测得 A、C 两铁塔被照亮的顺序是

- (A) 同时被照亮
- (B) A 先被照亮
- (C) C 先被照亮
- (D) 无法判断

(2) 一束光从空气射向折射率为 $\sqrt{3}$ 的某种介质，若反向光线与折射光线垂直，则入射角为 60° 。真空中的光速为 c ，则光在该介质中的传播速度为 $\frac{\sqrt{3}}{3}c$ 。

(3) 将一劲度系数为 K 的轻质弹簧竖直悬挂，下端系上质量为 m 的物块，将物块向下拉离平衡位置后松开，物块上下做简谐运动，其振动周期恰好等于以物块平衡时弹簧的伸长量为摆长的单摆周期。请由单摆周期公式推算出物块做简谐运动的周期 T 。



【考点】 72：简谐运动的振幅、周期和频率；H3：光的折射定律。

【专题】 16：压轴题。

【分析】 (1) 列车上的观察者看到的是由 B 出发后经过 A 和 C 反射的光，由于列车在这

段时间内向 C 运动靠近 C，而远离 A，所以 C 的反射光先到达列车上的观察者，看到 C 先被照亮。

(2) 根据折射率的公式 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ 及几何关系求出入射角；根据 $v = \frac{c}{n}$ 求解光在介质中的速度。

(3) 通过单摆的周期公式及在平衡位置时 $kl = mg$ 联合求解。

【解答】解：(1) 列车上的观察者看到的是由 B 出发后经过 A 和 C 反射的光，由于列车在这段时间内向 C 运动靠近 C，而远离 A，所以 C 的反射光先到达列车上的观察者，看到 C 先被照亮。故选 C。

$$(2) \text{ 根据折射率的公式 } n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i}{\sin(90^\circ - i)} = \tan i$$

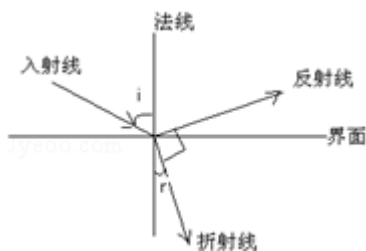
所以 $i = 60^\circ$

$$v = \frac{c}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3} c$$

故答案为： 60° ； $\frac{\sqrt{3}}{3} c$

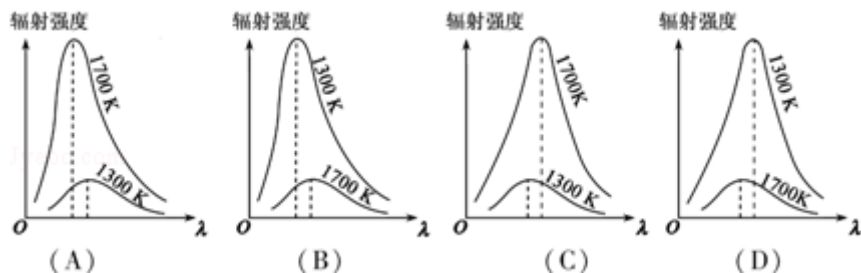
(3) 单摆周期公式 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ ，且 $kl = mg$

解得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ 。



【点评】 本题考查相对论初步，光的折射及单摆和弹簧振子。属于容易题，关键要掌握这些知识点的基础知识。

14. (1) 下列描绘两种温度下黑体辐射强度与波长关系的图中，符合黑体辐射规律的是



(2) 按照玻尔原子理论，氢原子中的电子离原子核越远，氢原子的能量越大（选填“越大”或“越小”）。已知氢原子的基态能量为 E_1 ($E_1 < 0$)，电子质量为 m ，基态氢原子中的电子吸收一频率为 γ 的光子被电离后，电子速度大小为 $\sqrt{\frac{2(h\gamma + E_1)}{m}}$ （普朗克常量为 h ）。

(3) 有些核反应过程是吸收能量的。例如在 $X + {}_7^4\text{N} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H}$ 中，核反应吸收的能量 $Q = [(m_{\text{O}} + m_{\text{H}}) - (m_{\text{M}} + m_{\text{N}})]c^2$ ，在该核反应中，X 表示什么粒子？X 粒子以动能 E_K 轰击静止的 ${}_7^4\text{N}$ ，若 $E_K = Q$ ，则该核反应能否发生？请简要说明理由。

【考点】J3：玻尔模型和氢原子的能级结构；J4：氢原子的能级公式和跃迁。

【专题】16：压轴题。

【分析】要解决题目（1）就要理解黑体辐射的规律：温度越高，辐射越强越大，温度越高，辐射的电磁波的波长越短；要解决题目（2）就要理解玻尔原子理论的两个假设：轨道量子化，能级假设，跃迁假设；要解决（3）要掌握核反应方程遵循的规律，质能方程，动量守恒定律。

【解答】解：（1）黑体辐射以电磁辐射的形式向外辐射能量，温度越高，辐射越强越大，故 B、D 错误。

黑体辐射的波长分布情况也随温度而变，如温度较低时，主要以不可见的红外光进行辐射，在 500°C 以至更高的温度时，则顺次发射可见光以至紫外辐射。即温度越高，辐射的电磁波的波长越短，故 C 错误 A 正确。

故选 A。

（2）按照玻尔理论电子只能在一些特定的轨道上运动，且满足 $r_n = n^2 r_1$ ，故电子离原子核越远 n 越大，

电子在这些轨道上运动时并不向外辐射能量，且其能量满足 $E_n = \frac{1}{n^2} E_1$ ，由于 $E_1 < 0$ ，所

以原子的能量为负值，显然电子离原子核最近时 n 越小原子的能量越小，电子离原子核越远， n 越大 E_n 越趋近于 0，即 E_n 越大。

基态中的电子吸收一频率为 γ 的光子后，原子的能量增大为 $E = E_1 + h\gamma$

电子发生电离时其电势能为 0，动能为 $\frac{1}{2}mv^2$

故有 $E = 0 + \frac{1}{2}mv^2$

所以有 $E_1 + h\gamma = \frac{1}{2}mv^2$

解得 $v = \sqrt{\frac{2(h\nu + E_1)}{m}}$

答案为：越大， $\sqrt{\frac{2(h\nu + E_1)}{m}}$

(3) 在核反应的过程中生成物和反应物的核电荷数相等有 $Z + 7 = 8 + 1$ ，解得 $Z = 2$

根据反应物和生成物质量数守恒可得 $A + 14 = 17 + 1$ ，解得 $A = 4$ ，

故 X 为 ${}^4_2\text{He}$ ；

根据爱因斯坦的质能方程 $\Delta E = \Delta mc^2$ 可知在核反应发生的过程中核反应吸收能量，质量增加，题目中创设的 X 的动能恰好转化为生成物的质量，所以生成物的速度为 0，故生成物的动量为 0，而反应物的动量不为 0，所以该反应违背了动量守恒定律，故该反应不能实现。

【点评】 本题考查了原子物理当中的几乎所有的重要的知识点，难度中等，要求较高，要顺利解决本题，一定要熟练记忆本深刻理解教材的基本的内容，这是我们学好物理的捷径。

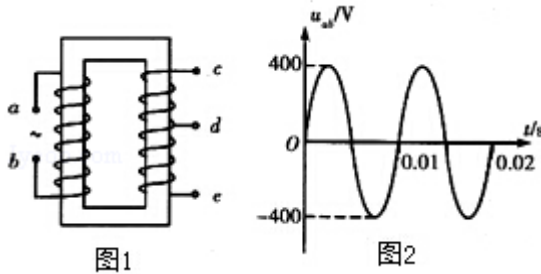
五、计算题：本题共 3 小题，共计 47 分。解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只与出最后答案的不能得分。有数值的题，答案中必须明确写出数值和单位。

15. (15 分) 如图甲为一理想变压器，ab 为原线圈，ce 为副线圈，d 为副线圈引出的一个接头，原线圈输入正弦式交变电压的 u_t 图象如图乙所示。若只在 ce 间接一只 $R_1 = 400\Omega$ 的电阻，或只在 de 间接一只 $R_2 = 225\Omega$ 的电阻，两种情况下电阻消耗的功率均为 80W。

(1) 请写出原线圈输入电压瞬时值 u_{ab} 的表达式。

(2) 求只在 ce 间接 400Ω 电阻时，原线圈中的电流 I_1 。

(3) 求 ce 和 de 间线圈的匝数比 $\frac{n_{ce}}{n_{de}}$



【考点】 E4：正弦式电流的最大值和有效值、周期和频率；E8：变压器的构造和原理。

【专题】 11：计算题；53A：交流电专题。

【分析】 (1) 要求原线圈的输入电压的瞬时值的表达式需要知道输入电压的圆频率和电压的最大值，而圆频率 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ；(2) 已知原线圈的输入功率等于副线圈的输出功率，而输入功率 $P = U_1 I_1$ 即可求出原线圈的输入电流 I_1 。

(3) 根据输出功率关系可以知道输出电压关系，根据原副线圈的电压关系可知 ce 和 de 间线圈匝数关系。

【解答】 解：(1) 由题图 2 知 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.01} = 200\pi \text{ rad/s}$

故原线圈的输入电压瞬时值 $u_{ab} = 400\sin 200\pi t$ (V)

(2) 原线圈输入电压的有效值 $U_1 = \frac{U_{1\max}}{\sqrt{2}} = \frac{400}{\sqrt{2}}$

故 $U_1 = 200\sqrt{2} \text{ V}$

理想变压器输入功率等于副线圈的输出功率即 $P_1 = P_2 = 80 \text{ W}$

根据 $P_1 = U_1 I_1$

可得原线圈中的电流 $I_1 = \frac{P_1}{U_1}$

解得 $I_1 = \frac{\sqrt{2}}{5} \text{ A} \approx 0.28 \text{ A}$

(3) 设 ab 间匝数为 n_1

$$\frac{U_1}{n_1} = \frac{U_{de}}{n_{de}}$$

$$\frac{U_1}{n_1} = \frac{U_{ce}}{n_{ce}}$$

$$\text{所以 } \frac{U_{de}}{n_{de}} = \frac{U_{ce}}{n_{ce}}$$

$$\text{由题意知 } R = \frac{U_2^2}{P}$$

$$\text{可得 } \frac{U_{ce}^2}{R_{ce}} = \frac{U_{de}^2}{R_{de}}$$

$$\text{解得 } \frac{n_{ce}}{n_{de}} = \sqrt{\frac{R_{ce}}{R_{de}}}$$

$$\text{代入数据得 } \frac{n_{ce}}{n_{de}} = \frac{4}{3}.$$

答：(1) 原线圈的输入电压瞬时值 $u_{ab} = 400\sin 200\pi t \text{V}$ 。

(2) 原线圈中的电流为 0.28A。

(3) ce 和 de 间线圈的匝数比为 4: 3。

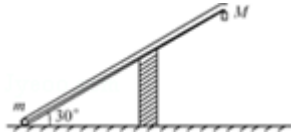
【点评】掌握原副线圈的电压之比等于匝数比，输入功率等于输出功率，就能顺利解决此题。

16. (16分) 如图所示，长为 L 、内壁光滑的直管与水平地面成 30° 角固定放置。将一质量为 m 的小球固定在管底，用一轻质光滑细线将小球与质量为 $M = km$ 的小物块相连，小物块悬挂于管口。现将小球释放，一段时间后，小物块落地静止不动，小球继续向上运动，通过管口的转向装置后做平抛运动，小球在转向过程中速率不变。(重力加速度为 g)

(1) 求小物块下落过程中的加速度大小；

(2) 求小球从管口抛出时的速度大小；

(3) 试证明小球平抛运动的水平位移总小于 $\frac{\sqrt{2}}{2}L$ 。



【考点】1H：匀变速直线运动的公式；37：牛顿第二定律；43：平抛运动。

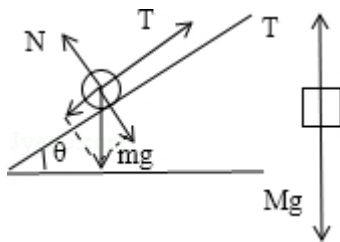
【专题】16：压轴题。

【分析】开始时小球沿斜面向上做匀加速，小物块向下也做匀加速，两者的加速度大小相等。对各自受力分析，运用牛顿第二定律列出等式，解出方程。

小物块落地静止不动，小球继续向上做匀减速运动，对其受力分析，运用牛顿第二定律解出此时的加速度（与前一阶段加速度不等），结合运动学公式求出小球从管口抛出时的速度大小。

运用平抛运动的规律表示出小球平抛运动的水平位移，利用数学知识证明问题。

【解答】解：（1）设细线中的张力为 T ，对小球和小物块各自受力分析：



根据牛顿第二定律得：

$$\text{对 } M: Mg - T = Ma$$

$$\text{对 } m: T - mg\sin 30^\circ = ma$$

$$\text{且 } M = km$$

$$\text{解得： } a = \frac{2k-1}{2(k+1)}g$$

（2）设 M 落地时的速度大小为 v ， m 射出管口时速度大小为 v_0 ， M 落地后 m 的加速度为 a_0 。

$$\text{根据牛顿第二定律有： } -mg\sin 30^\circ = ma_0$$

$$\text{对于 } m \text{ 匀加速直线运动有： } v^2 = 2aL\sin 30^\circ$$

$$\text{对于小物块落地静止不动，小球 } m \text{ 继续向上做匀减速运动有： } v^2 - v_0^2 = 2a_0L(1 - \sin 30^\circ)$$

$$\text{解得： } v_0 = \sqrt{\frac{k-2}{2(k+1)}gL} \quad (k > 2)$$

(3) 平抛运动 $x = v_0 t$ $L \sin 30^\circ = \frac{1}{2} g t^2$

解得 $x = L \sqrt{\frac{k-2}{2(k+1)}}$

因为 $\frac{k-2}{k+1} < 1$, 所以 $x < \frac{\sqrt{2}}{2} L$, 得证.

答: (1) 求小物块下落过程中的加速度大小是 $\frac{2k-1}{2(k+1)} g$;

(2) 求小球从管口抛出时的速度大小是 $\sqrt{\frac{k-2}{2(k+1)} g L}$;

【点评】 本题考查牛顿第二定律, 匀加速运动的公式及平抛运动规律.

要注意第 (2) 问中要分 M 落地前和落地后两段计算, 因为两段的 m 加速度不相等.

第 (3) 问中, 因为 $\frac{k-2}{k+1} < 1$, 所以 $x = L \sqrt{\frac{k-2}{2(k+1)}} < \frac{\sqrt{2}}{2} L$

17. (16分) 某种加速器的理想模型如图 1 所示: 两块相距很近的平行小极板中间各开有一小孔 a、b, 两极板间电压 u_{ab} 的变化图象如图 2 所示, 电压的最大值为 U_0 、周期为 T_0 , 在两极板外有垂直纸面向里的匀强磁场. 若将一质量为 m_0 、电荷量为 q 的带正电的粒子从板内 a 孔处静止释放, 经电场加速后进入磁场, 在磁场中运动时间 T_0 后恰能再次从 a 孔进入电场加速. 现该粒子的质量增加了 $\frac{1}{100} m_0$. (粒子在两极板间的运动时间不计, 两极板外无电场, 不考虑粒子所受的重力)

(1) 若在 $t=0$ 时刻将该粒子从板内 a 孔处静止释放, 求其第二次加速后从 b 孔射出时的动能;

(2) 现在利用一根长为 L 的磁屏蔽管 (磁屏蔽管置于磁场中时管内无磁场, 忽略其对管外磁场的影响), 使图 1 中实线轨迹 (圆心为 O) 上运动的粒子从 a 孔正下方相距 L 处的 c 孔水平射出, 请在答题卡图上的相应位置处画出磁屏蔽管;

(3) 若将电压 u_{ab} 的频率提高为原来的 2 倍, 该粒子应何时由板内 a 孔处静止开始加速, 才能经多次加速后获得最大动能? 最大动能是多少?

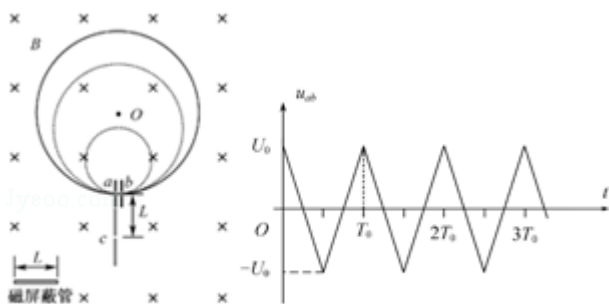


图 1

图 2

【考点】CK：质谱仪和回旋加速器的工作原理.

【专题】16：压轴题；537：带电粒子在复合场中的运动专题.

【分析】(1) 求第二次加速后从 b 孔射出时的动能只需知道加速时所对应的电压，故图 2 求电压即可.

(2) 加入屏蔽管后粒子在屏蔽管中做匀速直线运动，离开屏蔽管后运动轨迹与原来的运动轨迹相似，只是向下平移了 l .

(3) 该粒子的质量增加了 $\frac{1}{100} m_0$ ，周期增加了 $\Delta T = \frac{T_0}{100}$ (图象中为 1)，电压改变为 $\frac{2}{25} U_0$

(图象中为 4)，

所以图象中电压分别为 50, 46, 42, 38, \dots , 10, 6, 2, 共 13 个

【解答】解：(1) 质量为 m_0 的粒子在磁场中作匀速圆周运动 $Bqv = \frac{mv^2}{r}$ ， $T_0 = \frac{2\pi r}{v}$

$$\text{则 } T_0 = \frac{2\pi m_0}{qB}$$

当粒子的质量增加了 $\frac{1}{100} m_0$ ，其周期增加 $\Delta T = \frac{1}{100} T_0$

根据题图 2 可知，粒子第一次的加速电压 $u_1 = U_0$

经过 $\frac{101T_0}{100}$ 第二次加速，第 2 次加速电压 u_2 ，如图 2

$$\text{在三角形中，} \frac{u_2}{U_0} = \frac{\frac{T_0}{4} - \frac{T_0}{100}}{\frac{T_0}{4}} = \frac{24}{25}$$

所以粒子第二次的加速电压 $u_2 = \frac{24}{25} U_0$

粒子射出时的动能 $E_{k2} = qu_1 + qu_2$

解得 $E_{k2} = \frac{49}{25} qU_0$

(2) 因为磁屏蔽管使粒子匀速运动，可以将磁屏蔽管竖直放置，上端在与 O 等高的轨迹处，粒子向下运动 L，出管后仍然做圆周运动，可到 C 点水平射出。磁屏蔽管的位置如图 3 所示。粒子运动的轨迹如图中红色线所示。

(3) 将电压 u_{ab} 的频率提高为原来的 2 倍，则现在的周期： $T = \frac{1}{2} T_0$ ，粒子的周期不变；

如图 4（用 Excel 作图）设 $T_0 = 100$ ， $U_0 = 50$ ，得到在四分之一周期内的电压随时间变化的图象

从图象可以看出，时间每改变 $\Delta t = \frac{T_0}{100}$ （图象中为 1），电压改变为 $\frac{2}{25} U_0$ （图象中为 4），

所以图象中电压分别为 50，46，42，38，...10，6，2，共 13 个，

设某时刻 t ， $u = U_0$ 时被加速，此时刻可表示为 $\frac{T_0}{2} \cdot N$ ，

静止开始加速的时刻 t_1 为 $t_1 = \frac{T_0}{2} \cdot N - n \times \frac{101T_0}{100}$ ，其中 $n = 12$ ，将 $n = 12$ 代入得 t_1

$$= \frac{T_0}{2} \cdot N - \frac{1212T_0}{100},$$

因为 $t_1 < \frac{T_0}{2}$ ，在 $u > 0$ 时，粒子被加速，则最多连续被加速的次数： $N = \frac{\frac{T_0}{4}}{\Delta t}$ ，得 $N =$

25.

所以只能取 $N = 25$ ，解得 $t_1 = \frac{19}{25} T = \frac{19}{50} T_0$ ，由于电压的周期为 $T = \frac{T_0}{2}$ ，所以 $t = \frac{T_0}{2} n + \frac{19}{50} T_0$

($n = 0, 1, 2, 3 \dots$)

故粒子由静止开始被加速的时刻 $t = (\frac{n}{2} + \frac{19}{50}) T_0$ ($n = 0, 1, 2, \dots$)

故加速时的电压分别 $\frac{23}{25} U_0, \frac{21}{25} U_0, \frac{19}{25} U_0 \dots \frac{5}{25} U_0, \frac{3}{25} U_0, \frac{1}{25} U_0$ ，

加速电压做的总功，即动能的最大值，故粒子的最大动能

$$E_{km} = 2 \times \left(\frac{1}{25} + \frac{3}{25} + \dots + \frac{23}{25} \right) qU_0 + qU_0$$

解得 $E_{km} = \frac{313}{25} qU_0$.

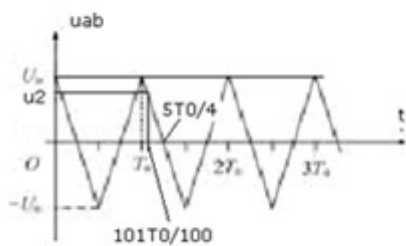


图 2

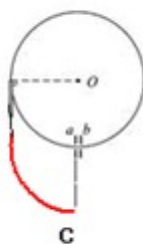


图 3

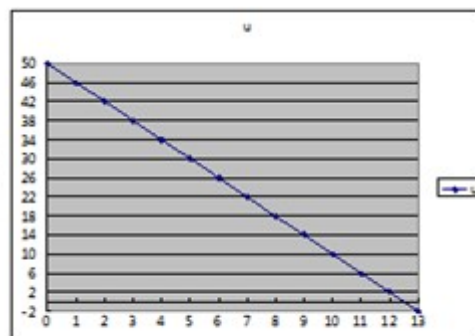


图 4

【点评】 本题考查带电粒子在磁场中的圆周运动和在电场中的加速运动以及用数学解决物理问题的能力。关键是判断怎样才能得到最大动能即何时加速，加速电压多大。