

# 2010年全国统一高考物理试卷（全国卷 I）

参考答案与试题解析

一、选择题（在每小题给出的四个选项中，有的只有一个选项正确，有的有多个选项正确，全部选对的得6分，选对但不全的得3分，有选错的得0分。）

1. （6分）原子核  ${}_{92}^{238}\text{U}$  经放射性衰变①变为原子核  ${}_{90}^{234}\text{Th}$ ，继而经放射性衰变②变为原子核  ${}_{91}^{234}\text{Pa}$ ，再经放射性衰变③变为原子核  ${}_{92}^{234}\text{U}$ 。放射性衰变①、②和③依次为（ ）
- A.  $\alpha$ 衰变、 $\beta$ 衰变和 $\beta$ 衰变                      B.  $\beta$ 衰变、 $\alpha$ 衰变和 $\beta$ 衰变  
C.  $\beta$ 衰变、 $\beta$ 衰变和 $\alpha$ 衰变                      D.  $\alpha$ 衰变、 $\beta$ 衰变和 $\alpha$ 衰变

【考点】JA：原子核衰变及半衰期、衰变速度。

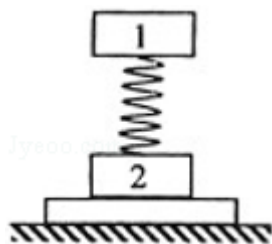
【分析】该题考查了 $\alpha$ 、 $\beta$ 衰变特点，只要写出衰变方程即可求解。

【解答】解：根据 $\alpha$ 、 $\beta$ 衰变特点可知： ${}_{92}^{238}\text{U}$ 经过一次 $\alpha$ 衰变变为 ${}_{90}^{234}\text{Th}$ ， ${}_{90}^{234}\text{Th}$ 经过1次 $\beta$ 衰变变为 ${}_{91}^{234}\text{Pa}$ ， ${}_{91}^{234}\text{Pa}$ 再经过一次 $\beta$ 衰变变为 ${}_{92}^{234}\text{U}$ ，故BCD错误，A正确。

故选：A。

【点评】本意很简单，直接考查了 $\alpha$ 、 $\beta$ 衰变特点，注意衰变过程中满足质量数、电荷数守恒。

2. （6分）如图，轻弹簧上端与一质量为 $m$ 的木块1相连，下端与另一质量为 $M$ 的木块2相连，整个系统置于水平放置的光滑木板上，并处于静止状态。现将木板沿水平方向突然抽出，设抽出后的瞬间，木块1、2的加速度大小分别为 $a_1$ 、 $a_2$ 。重力加速度大小为 $g$ 。则有（ ）



A.  $a_1=g, a_2=g$

B.  $a_1=0, a_2=g$

C.  $a_1=0, a_2=\frac{m+M}{M}g$

D.  $a_1=g, a_2=\frac{m+M}{M}g$

【考点】2G：力的合成与分解的运用；37：牛顿第二定律.

【专题】16：压轴题.

【分析】木板抽出前，木块1和木块2都受力平衡，根据共点力平衡条件求出各个力；木板抽出后，木板对木块2的支持力突然减小为零，其余力均不变，根据牛顿第二定律可求出两个木块的加速度。

【解答】解：在抽出木板的瞬时，弹簧对1的支持力和对2的压力并未改变。对1物体受重力和支持力， $mg=F, a_1=0$ 。

对2物体受重力和弹簧的向下的压力，根据牛顿第二定律

$$a=\frac{F+Mg}{M}=\frac{M+m}{M}g$$

故选：C。

【点评】本题属于牛顿第二定律应用的瞬时加速度问题，关键是区分瞬时力与延时力；弹簧的弹力通常来不及变化，为延时力，轻绳的弹力为瞬时力，绳子断开即消失。

3. （6分）关于静电场，下列结论普遍成立的是（ ）

A. 电场中任意两点之间的电势差只与这两点的场强有关

B. 电场强度大的地方电势高，电场强度小的地方电势低

C. 将正点电荷从场强为零的一点移动到场强为零的另一一点，电场力做功为零

D. 在正电荷或负电荷产生的静电场中，场强方向都指向电势降低最快的方向

【考点】A6：电场强度与电场力；A7：电场线；AC：电势；AG：电势差和电场强度的关系.

【分析】本题主要考查静电场中电场强度和电势的特点，可根据所涉及的知识逐个分析。

**【解答】**解：A、电势差的大小决定于电场线方向上两点间距和电场强度，所以A错误；

B、在正电荷的电场中，离正电荷近，电场强度大，电势高，离正电荷远，电场强度小，电势低；而在负电荷的电场中，离负电荷近，电场强度大，电势低，离负电荷远，电场强度小，电势高，所以B错误；

C、场强为零，电势不一定为零，电场中肯定存在场强都为零、电势又不相等的两个点，在这样的两个点之间移动电荷，电场力将做功，所以C错误；

D、沿电场方向电势降低，而且速度最快，所以D正确；

故选：D。

**【点评】**本题以静电场中电场强度和电势比较容易混淆的性质为选项内容，体现对物理量基本概念和基本性质的记忆、理解仍是高考命题的重点之一。

4. （6分）某地的地磁场磁感应强度的竖直分量方向向下，大小为 $4.5 \times 10^{-5} \text{T}$ 。一灵敏电压表连接在当地入海河段的两岸，河宽100m，该河段涨潮和落潮时有海水（视为导体）流过。设落潮时，海水自西向东流，流速为2m/s。下列说法正确的是（ ）

A. 电压表记录的电压为5mV

B. 电压表记录的电压为9mV

C. 河南岸的电势较高

D. 河北岸的电势较高

**【考点】**D9：导体切割磁感线时的感应电动势；DC：右手定则。

**【专题】**53C：电磁感应与电路结合。

**【分析】**本题可等效为长度为100米，速度为2m/s的导体切割磁感线，根据右手定则可以判断两岸电势的高低，根据 $E=BLv$ 可以求出两端电压。

**【解答】**解：海水在落潮时自西向东流，该过程可以理解为：自西向东运动的导体棒在切割竖直向下的磁场。根据右手定则，右岸即北岸是正极电势高，南岸电势低，D正确，C错误；

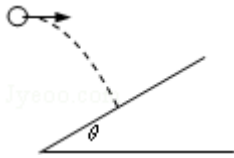
根据法拉第电磁感应定律 $E=BLv=4.5 \times 10^{-5} \times 100 \times 2=9 \times 10^{-3} \text{V}$ ，B正确，A错误。

故选：BD。

**【点评】**本题考查了导体棒切割磁感线的实际应用，在平时的训练中要注意物

理论知识在实际生活中的应用并能处理一些简单问题。

5. (6分) 一水平抛出的小球落到一倾角为 $\theta$ 的斜面上时, 其速度方向与斜面垂直, 运动轨迹如图中虚线所示. 小球在竖直方向下落的距离与在水平方向通过的距离之比为 ( )



- A.  $\frac{1}{\tan \theta}$       B.  $\frac{1}{2 \tan \theta}$       C.  $\tan \theta$       D.  $2 \tan \theta$

**【考点】** 43: 平抛运动.

**【分析】** 物体做平抛运动, 我们可以把平抛运动可以分解为水平方向上的匀速直线运动, 和竖直方向上的自由落体运动来求解, 两个方向上运动的时间相同.

**【解答】** 解: 如图平抛的末速度与竖直方向的夹角等于斜面倾角 $\theta$ ,

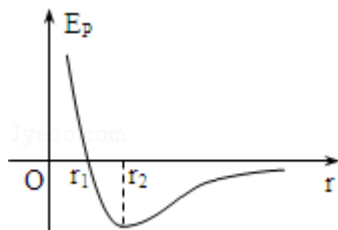
则有:  $\tan \theta = \frac{v_0}{gt}$ .

则下落高度与水平射程之比为  $\frac{y}{x} = \frac{gt^2}{2v_0t} = \frac{gt}{2v_0} = \frac{1}{2 \tan \theta}$ , 所以B正确.

故选: B.

**【点评】** 本题就是对平抛运动规律的直接考查, 掌握住平抛运动的规律就能轻松解决.

6. (6分) 如图为两分子系统的势能 $E_p$ 与两分子间距离 $r$ 的关系曲线. 下列说法正确的是 ( )



- A. 当 $r$ 大于 $r_1$ 时，分子间的作用力表现为引力
- B. 当 $r$ 等于 $r_2$ 时，分子间的作用力为零
- C. 当 $r$ 等于 $r_1$ 时，分子间的作用力为零
- D. 在 $r$ 由 $r_1$ 变到 $r_2$ 的过程中，分子间的作用力做正功

【考点】86: 分子间的相互作用力.

【专题】12: 应用题.

【分析】从分子势能图象可知，当分子势能最小时，即 $r=r_2$ 时分子间的引力等于斥力，分子间作用力为零。

当 $r < r_2$ 时，分子间表现为斥力，当 $r > r_2$ 时，表现为引力，所以当 $r$ 由 $r_1$ 变到 $r_2$ 时分子间的作用力做正功。

【解答】解：从分子势能图象可知，

- A、当 $r_1 < r < r_2$ 时，分子间表现为斥力，当 $r > r_2$ 时，表现为引力，故A错。
- B、当分子势能最小时，即 $r=r_2$ 时分子间的引力等于斥力，分子间作用力为零，故B对。
- C、当 $r$ 等于 $r_1$ 时，分子间表现为斥力，故C错。
- D、当 $r < r_2$ 时，分子间表现为斥力，当 $r > r_2$ 时，表现为引力，所以当 $r$ 由 $r_1$ 变到 $r_2$ 时分子间表现为斥力，分子间的作用力做正功，故D对。

故选：BD。

【点评】本题主要考查分子势能图象的理解，知道分子势能随距离增大关系。

7. (6分) 某人手持边长为6cm的正方形平面镜测量身后一棵树的高度。测量时保持镜面与地面垂直，镜子与眼睛的距离为0.4m。在某位置时，他在镜中恰好能够看到整棵树的像；然后他向前走了6.0m，发现用这个镜子长度的 $\frac{5}{6}$ 就能看到整棵树的像，这棵树的高度约为（     ）
- A. 5.5m
  - B. 5.0m
  - C. 4.5m
  - D. 4.0m

【考点】H1: 光的反射定律.

【专题】16: 压轴题.

**【分析】**正确作出光路图，利用光路可逆，通过几何关系计算出树的高度。这是解决光路图题目的一般思路。

**【解答】**解：设树高为H，树到镜的距离为L，如图所示，是恰好看到树时的反射光路图，

由图中的三角形可得

$$\frac{\text{树高}}{\text{镜高}} = \frac{\text{树到镜的距离} + \text{眼睛到镜的距离}}{\text{眼睛到镜的距离}} \text{ 即 } \frac{H}{0.06} = \frac{L + 0.4}{0.4}.$$

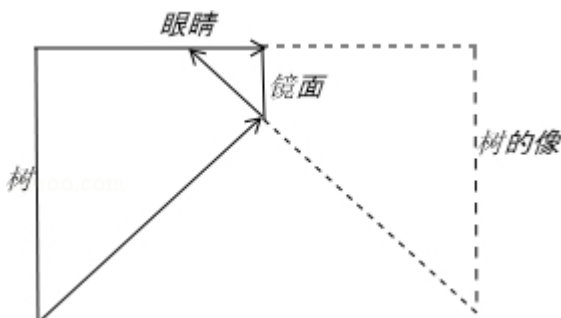
人离树越远，视野越开阔，看到树的全部所需镜面越小，

$$\text{同理有 } \frac{H}{0.06 \times \frac{5}{6}} = \frac{L + 0.4 + 6}{0.4},$$

以上两式解得：L=29.6m、H=4.5m。

所以选项ABD是错误的。选项C是正确的。

故选：C。



**【点评】**平面镜的反射成像，通常要正确的转化为三角形求解。

8. (6分) 一简谐振子沿x轴振动，平衡位置在坐标原点。t=0时刻振子的位移x = -0.1m；t= $\frac{4}{3}$ s时刻x=0.1m；t=4s时刻x=0.1m。该振子的振幅和周期可能为
- ( )
- A. 0.1 m,  $\frac{8}{3}$ s      B. 0.1 m, 8s      C. 0.2 m,  $\frac{8}{3}$ s      D. 0.2 m, 8s

**【考点】**72：简谐运动的振幅、周期和频率。

**【专题】**51C：单摆问题。

**【分析】**t= $\frac{4}{3}$ s时刻x=0.1m；t=4s时刻x=0.1m；经过 $\frac{8}{3}$ s又回到原位置，知 $\frac{8}{3}$ s是可能周期的整数倍；

$t=0$ 时刻振子的位移 $x=-0.1\text{m}$ ， $t=\frac{4}{3}\text{s}$ 时刻 $x=0.1\text{m}$ ，知道周期大于 $\frac{4}{3}\text{s}$ ，从而可以得到振子的周期，也可以得到振幅。

**【解答】**解：A、B、如果振幅等于 $0.1\text{m}$ ，经过周期的整数倍，振子会回到原位置，知道 $\frac{8}{3}\text{s}$ 是周期的整数倍，经过 $\frac{4}{3}\text{s}$ 振子运动到对称位置，可知，单摆的周期可能为 $\frac{8}{3}\text{s}$ ，则 $\frac{4}{3}\text{s}$ 为半个周期，则振幅为 $0.1\text{m}$ ；故A正确，B错误；

C、D、如果振幅大于 $0.1\text{m}$ ，则周期 $T=\frac{4}{3}\times 2+(\frac{4}{3}-\frac{4}{3})\times 2=8\text{s}$ 。

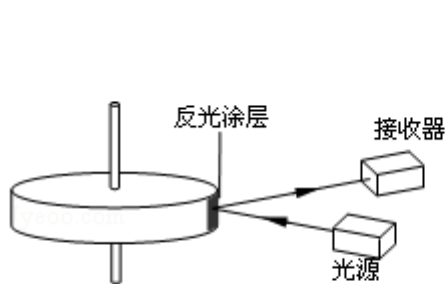
当周期为 $\frac{8}{3}\text{s}$ 时，经过 $\frac{4}{3}\text{s}$ 运动到与平衡位置对称的位置，振幅可以大于 $0.1\text{m}$ ；故CD正确；

故选：ACD。

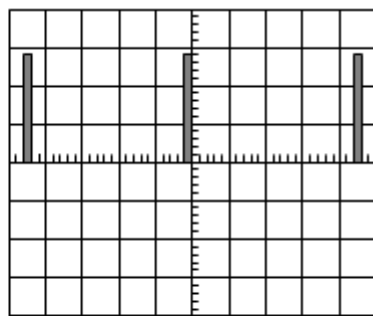
**【点评】**解决本题的关键知道经过周期的整数倍，振子回到原位置。

## 二、实验题（共2小题，共18分）

9.（6分）图1是利用激光测转的原理示意图，图中圆盘可绕固定轴转动，盘边缘侧面上有一小段涂有很薄的反光材料。当盘转到某一位置时，接收器可以接收到反光涂层所反射的激光束，并将所收到的光信号转变成电信号，在示波器显示屏上显示出来（如图2所示）。



图(1)



图(2)

(1) 若图2中示波器显示屏横向的每大格（5小格）对应的时间为 $5.00\times 10^{-2}\text{s}$ ，则圆盘的转速为 4.55 转/s。（保留3位有效数字）

(2) 若测得圆盘直径为 $10.20\text{cm}$ ，则可求得圆盘侧面反光涂层的长度为 1.46 cm。（保留3位有效数字）

【考点】48：线速度、角速度和周期、转速.

【专题】16：压轴题.

【分析】从图象中能够看出圆盘的转动周期即图象中电流的周期，根据转速与周期的关系式 $T=\frac{1}{n}$ ，即可求出转速，反光时间即为电流的产生时间；

【解答】解：（1）从图2显示圆盘转动一周在横轴上显示22格，由题意知道，每格表示 $1.00 \times 10^{-2} \text{s}$ ，所以圆盘转动的周期为0.22秒，则转速为4.55r/s；

（2）反光中引起的电流图象在图2中横坐标上每次一小格，说明反光涂层的长度占圆盘周长的22分之一，故圆盘上反光涂层的长度为 $\frac{\pi d}{22} = \frac{3.14 \times 10.20 \text{cm}}{22} = 1.46 \text{cm}$ ；

故答案为：4.55，1.46.

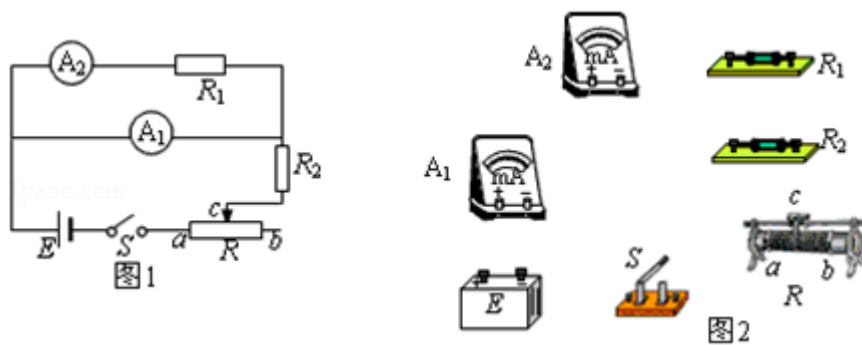
【点评】本题要注意保留3位有效数字，同时要明确圆盘的转动周期与图象中电流的周期相等，还要能灵活运用转速与周期的关系公式！

10. （12分）一电流表的量程标定不准确，某同学利用图1所示电路测量该电流表的实际量程 $I_m$ .

所用器材有：量程不准的电流表 $A_1$ ，内阻 $r_1=10.0\Omega$ ，量程标称为5.0mA；标准电流表 $A_2$ ，内阻 $r_2=45.0\Omega$ ，量程1.0mA；标准电阻 $R_1$ ，阻值10.0 $\Omega$ ；滑动变阻器 $R$ ，总电阻为300.0 $\Omega$ ；电源 $E$ ，电动势3.0V，内阻不计；保护电阻 $R_2$ ；开关 $S$ ；导线.

回答下列问题：

（1）在图2所示的实物图上画出连线.



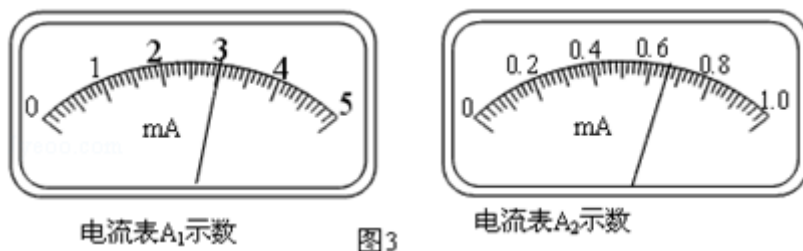
（2）开关 $S$ 闭合前，滑动变阻器的滑动端 $c$ 应滑动至  b  端.

（3）开关 $S$ 闭合后，调节滑动变阻器的滑动端，使电流表 $A_1$ 满偏；若此时电流

表 $A_2$ 的读数为 $I_2$ ，则 $A_1$ 的量程 $I_m = 5.5I_2$ 。

(4) 若测量时， $A_1$ 未调到满偏，两电流表的示数如图3所示，从图中读出 $A_1$ 的示数 $I_1 = 3.00\text{mA}$ ， $A_2$ 的示数 $I_2 = 0.66\text{mA}$ ；由读出的数据计算得 $I_m = 6.05\text{mA}$ 。（保留3位有效数字）

(5) 写出一条提高测量准确度的建议：多次测量取平均。



**【考点】** N6：伏安法测电阻。

**【专题】** 13：实验题；16：压轴题。

**【分析】** (1) 由电路图可画出实物图，注意电表及滑动变阻器的接法；

(2) 由滑动变阻器的连接方式，注意开始时应让滑动变阻器接入阻值最大；

(3) 由串并联电路的电流及电压规律可得出 $A_1$ 的最大量程；

(4) 根据电流表的最小分度可读出指针所指的示数；

(5) 根据实验中存在的误差可以提出合理化的建议。

**【解答】** 解：(1) 实物连线图如图所示：

(2) 要求滑动变阻器闭合开关前应接入最大电阻，故滑片应滑到b处；

(3) 由原理图可知， $A_2$ 与 $R_1$ 串联后与 $A_1$ 并联，并联部分总电压 $U = I(r_2 + R_1) = 55I$ ；

故电流表 $A_1$ 中的电流 $I_1 = \frac{55I}{10} = 5.5I_2$ ，此时电流表满偏，故量程为 $5.5I_2$ ；

(4) 由表可读出 $I_1 = 3.00\text{mA}$ ， $I_2 = 0.66\text{mA}$ ，由(3)的计算可知，此时 $I_1$ 应为 $5.5 \times 0.660\text{mA} = 3.63\text{mA}$ ；

故可知：

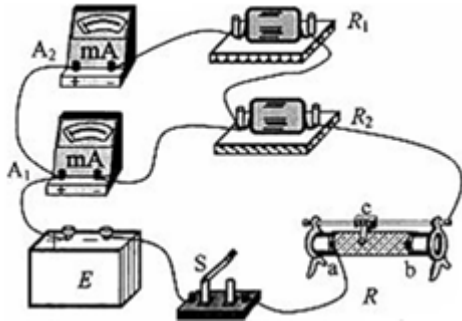
$$\frac{3.63}{3.00} = \frac{I_m}{5.00}$$

解得： $I_m = 6.05\text{mA}$ ；

(5) 实验中可以多次测量取平均值；或测量时，电流表指针偏转大于满刻度的

$$\frac{1}{2}.$$

故答案为：（1）如图所示；（2）b；（3）5.512；（4）3.00；0.66mA；6.05；（5）多次测量取平均值.

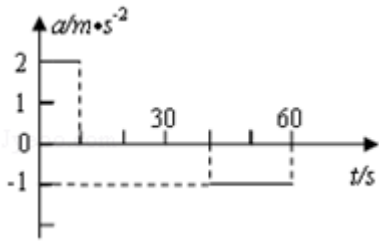


**【点评】** 现在实验题的考查更注重了探究实验，在解题时注意通过审题找出实验中含有的信息，并能灵活应用所学过的物理规律求解.

### 三、解答题（共3小题，满分54分）

11. （15分）汽车由静止开始在平直的公路上行驶，0~60s内汽车的加速度随时间变化的图线如图所示.

- （1）画出汽车在0~60s内的v - t图线；
- （2）求10s时的瞬时速度；
- （3）求在这60s内汽车行驶的路程.



**【考点】** 11: 匀变速直线运动的图像.

**【专题】** 11: 计算题； 32: 定量思想； 43: 推理法； 512: 运动学中的图像专题

**【分析】** （1）物体在0 - 10s内做匀加速直线运动，在10 - 40s内做匀速直线运动，在40 - 60s内做匀减速直线运动，可知在10s末的速度最大，根据速度时间公式求出汽车的最大速度，作出汽车在0 - 60s内的速度时间图线；

（2）根据 $v=at$ 求得速度

(3) 速度时间图线围成的面积表示位移，根据图线围成的面积求出汽车在60s内通过的路程。

**【解答】**解(1) 设 $t=10s$ ， $40s$ ， $60s$ 时刻的速度分别为 $v_1$ ， $v_2$ ， $v_3$ 。

由图知0~10s内汽车以加速度 $2m/s^2$ 匀加速行驶，由运动学公式得 $v_1=2 \times 10m/s=20m/s$

由图知10~40s内汽车匀速行驶，因此 $v_2=20m/s$

由图知40~60s内汽车以加速度 $1m/s^2$ 匀减速行驶，由运动学公式得 $v_3=(20 - 1 \times 20)m/s=0$

汽车在0~60s内的 $v-t$ 图线，如图所示。

(2) 10s末的速度 $v=at=20m/s$

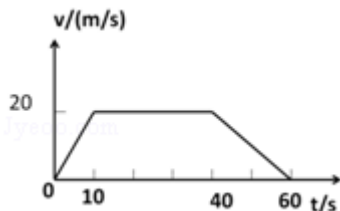
(3) 由 $v-t$ 图线可知，在这60s内汽车行驶的路程为

$$s = \frac{30+60}{2} \times 20m = 900m.$$

答：(1) 汽车在0~60s内的 $v-t$ 图线如图所示；

(2) 10s时的瞬时速度为 $20m/s$ ；

(3) 在这60s内汽车行驶的路程为 $900m$ 。



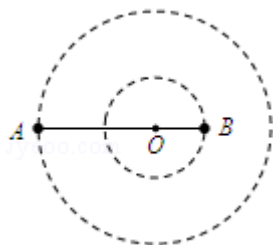
**【点评】**本题首先要根据加速度图象分析出汽车的运动情况，求出各段运动过程汽车的速度，即可画出速度图象，求解总路程时可以运用运动学公式分段求解，但是没有图象法求解快捷。

12. (18分) 如图所示，质量分别为 $m$ 和 $M$ 的两个星球A和B在引力作用下都绕O点做匀速圆周运动，星球A和B两者中心之间的距离为 $L$ 。已知A、B的中心和O三点始终共线，A和B分别在O的两侧，引力常数为 $G$ 。

(1) 求两星球做圆周运动的周期；

(2) 在地月系统中，若忽略其它星球的影响，可以将月球和地球看成上述星球A和B，月球绕其轨道中心运行的周期记为 $T_1$ 。但在近似处理问题时，常常认

为月球是绕地心做圆周运动的，这样算得的运行周期记为 $T_2$ 。已知地球和月球的质量分别为 $5.98 \times 10^{24}$  kg和 $7.35 \times 10^{22}$  kg。求 $T_2$ 与 $T_1$ 两者平方之比。（结果保留3位小数）



**【考点】** 4F: 万有引力定律及其应用.

**【专题】** 528: 万有引力定律的应用专题.

**【分析】** 这是一个双星的问题，A和B绕O做匀速圆周运动，它们之间的万有引力提供各自的向心力，A和B有相同的角速度和周期，结合牛顿第二定律和万有引力定律解决问题。

**【解答】** 解：（1）设两个星球A和B做匀速圆周运动的轨道半径分别为 $r$ 和 $R$ ，相互作用的万有引力大小为 $F$ ，运行周期为 $T$ 。根据万有引力定律有： $F=G$

$$\frac{Mm}{(R+r)^2} \quad \text{①}$$

由匀速圆周运动的规律得 $F=m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$  ②

$$F=M \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \quad \text{③}$$

由题意有  $L=R+r$  ④

$$\text{联立①②③④式得： } T=2\pi \sqrt{\frac{L^3}{G(M+m)}} \quad \text{⑤}$$

（2）在地月系统中，由于地月系统旋转所围绕的中心O不在地心，由题意知，月球做圆周运动的周期可由⑤式得出

$$T_1=2\pi \sqrt{\frac{L'^3}{G(M'+m')}} \quad \text{⑥}$$

式中， $M'$ 和 $m'$ 分别是地球与月球的质量， $L'$ 是地心与月心之间的距离。若认为

月球在地球的引力作用下绕地心做匀速圆周运动，则 $G \frac{M' m'}{L'^2} = m' \left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2 L'$

⑦

式中， $T_2$ 为月球绕地心运动的周期。由⑦式得：

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{L'^3}{GM'}} \quad \text{⑧}$$

由⑥⑧式得：  $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = 1 + \frac{m'}{M'} \quad \text{⑨}$

代入题给数据得：  $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = 1.012 \quad \text{⑩}$

答：

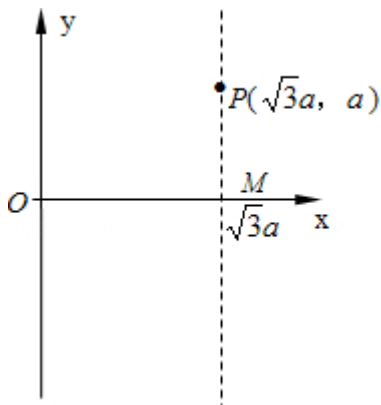
(1) 两星球做圆周运动的周期为  $2\pi \sqrt{\frac{L^3}{G(M+m)}}$ ；

(2)  $T_2$ 与 $T_1$ 两者平方之比为1.012。

**【点评】**对于双星问题，关键我们要抓住它的特点，即两星球的万有引力提供各自的向心力和两星球具有共同的周期。

13. (21分) 如图，在  $0 \leq x \leq \sqrt{3}a$  区域内存在与  $xy$  平面垂直的匀强磁场，磁感应强度的大小为  $B$ 。在  $t=0$  时刻，一位于坐标原点的粒子源在  $xy$  平面内发射出大量同种带电粒子，所有粒子的初速度大小相同，方向与  $y$  轴正方向的夹角分布在  $0 \sim 180^\circ$  范围内。已知沿  $y$  轴正方向发射的粒子在  $t=t_0$  时刻刚好从磁场边界上  $P(\sqrt{3}a, a)$  点离开磁场。求：

- (1) 粒子在磁场中做圆周运动的半径  $R$  及粒子的比荷；
- (2) 此时刻仍在磁场中的粒子的初速度方向与  $y$  轴正方向夹角的取值范围；
- (3) 从粒子发射到全部粒子离开磁场所用的时间。



【考点】37：牛顿第二定律；CF：洛伦兹力；CI：带电粒子在匀强磁场中的运动。

【专题】16：压轴题；536：带电粒子在磁场中的运动专题。

【分析】（1）由几何关系可确定粒子飞出磁场所用到的时间及半径，再由洛伦兹力充当向心力关系，联立可求得荷质比；

（2）由几何关系可确定仍在磁场中的粒子位置，则可由几何关系得出夹角范围；

（3）最后飞出的粒子转过的圆心角应为最大，由几何关系可知，其轨迹应与右边界相切，则由几何关系可确定其对应的圆心角，则可求得飞出的时间。

【解答】解：（1）初速度与y轴方向平行的粒子在磁场中的运动轨迹如图1中的弧OP所示，其圆心为C。由几何关系可知， $\angle POC=30^\circ$ ； $\triangle OCP$ 为等腰三角形

$$\text{故 } \angle OCP = \frac{2\pi}{3}$$

此粒子飞出磁场所用的时间为

$$t_0 = \frac{T}{3} \text{ ②}$$

式中T为粒子做圆周运动的周期。

设粒子运动速度的大小为v，半径为R，由几何关系可得

$$R = \frac{2\sqrt{3}}{3}a \text{ ③}$$

由洛伦兹力公式和牛顿第二定律有

$$qvB = m \frac{v^2}{R} \text{ ④}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} \text{ ⑤}$$

$$\text{联立②③④⑤解得：} \frac{q}{m} = \frac{2\pi}{3Bt_0}$$

（2）仍在磁场中的粒子其圆心角一定大于 $120^\circ$ ，这样粒子角度最小时从磁场右边界穿出；角度最大时磁场左边界穿出。依题意，所有粒子在磁场中转动时间相同，则转过的圆心角相同，故弦长相等；同一时刻仍在磁场内的粒子到O点距离相同。在 $t_0$ 时刻仍在磁场中的粒子应位于以O点为圆心、OP为半径的弧 $\widehat{MN}$ 上。（弧M只代表初速度与y轴正方向为60度时粒子的运动轨迹）如图所示。

设此时位于P、M、N三点的粒子的初速度分别为 $v_P$ 、 $v_M$ 、 $v_N$ 。由对称性可知 $v_P$ 与OP、 $v_M$ 与OM、 $v_N$ 与ON的夹角均

设 $v_M$ 、 $v_N$ 与y轴正向的夹角分别为 $\theta_M$ 、 $\theta_N$ ，由几何关系有  $\theta_M = \frac{\pi}{3}$

$$\theta_N = \frac{2\pi}{3} \quad \text{⑧}$$

对于所有此时仍在磁场中的粒子，其初速度与y轴正方向所成的夹角 $\theta$ 应满足  $\frac{\pi}{3}$

$$\leq \theta \leq \frac{2\pi}{3}$$

(3) 在磁场中飞行时间最长的粒子的运动轨迹应与磁场右边界相切，其轨迹如图2所示。由几何关系可知：

OM=OP

由对称性可知

MN=OP

由图可知，圆的圆心角为 $240^\circ$ ，从粒子发射到全部粒子飞出磁场所用的时间 $2t_0$

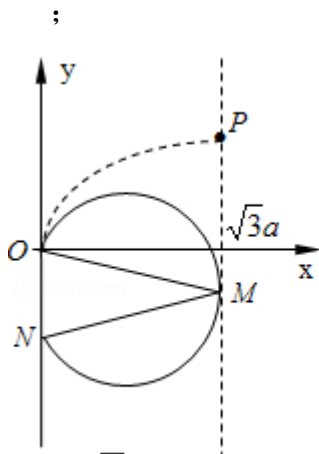


图 2

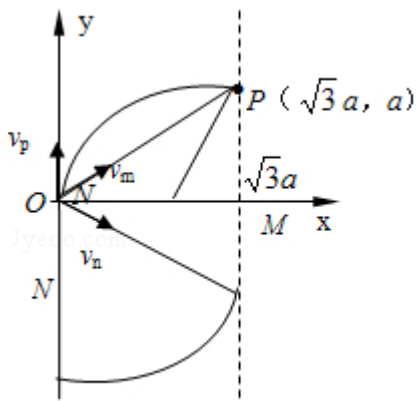


图 1

**【点评】** 本题考查带电粒子在磁场中的运动，解题的关键在于确定圆心和半径，并能根据几何关系确定可能的运动轨迹。