

2013 年第八届全国高中应用物理竞赛试题

注意事项:

1. 请在密封线内填写所在地区、学校、姓名和考号。
2. 用蓝色或黑色钢笔、圆珠笔书写。
3. 答卷过程中可以使用普通型计算器。
4. 本试卷共有三个大题，总分为 150 分。
5. 答卷时间：2013 年 4 月 14 日（星期日）上午 9:30~11:30。

题号	一	二				三				总分
		1	2	3	4	1	2	3	4	
分数										
复核人										

一、本题包括 11 小题，考生只需做 10 小题，每小题 5 分，共 50 分。在每小题给出的四个选项中，有的小题只有一个选项正确，有的小题有多个选项正确。请把符合题目要求的选项的序号填入题后的 () 内。全选对的得 5 分，选不全的得 3 分，有选错或不选的得 0 分。

1. 许多楼道照明灯具有这样的功能：天黑时，出现声音它就开启；而在白天，即使有声音它也没有反应。它的控制电路中可能接入的传感器有 ()

- A. 温度传感器 B. 光传感器 C. 声音传感器 D. 热传感器

2. 民族运动会上有一个骑射项目，运动员骑在奔驰的马背上，弯弓放箭射向路边的固定目标。假设某天的风速为 v_0 ，运动员骑马逆风奔驰的速度为 v_1 ，跑道离固定目标的最近距离为 d ，放箭的位置与目标的中心点等高。已知运动员水平射出的箭在无风的环境中沿水平方向飞行的速度大小为 v_2 。要想使箭在飞行过程中所受风力的影响减小到最低程度，则 ()

- A. 运动员放箭处离目标的距离大于 $\frac{d\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}{v_2}$
- B. 运动员放箭处离目标的距离小于 $\frac{d\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}{v_2}$
- C. 箭射出到靶之前的飞行时间为 $\frac{d}{v_2}$
- D. 箭射出到靶之前的飞行时间为 $\frac{d}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$

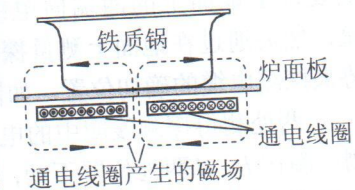


图 1

3. 如图 2 所示为新一代炊具——电磁炉，具有无烟、无明火、不产生有害气体、高效节能等优点。电磁炉是利用通电线圈产生磁场，当含铁质锅置于此磁场中时，在锅内会产生涡流，再加上磁滞作用，使锅体迅速升温，然后再加热锅内食物。对于电磁炉工作的下列相关说法中



甲 电磁炉



乙 电磁炉的结构

图 2

学校 _____ 县(区) _____ 市 _____ 省(市、区) _____
 姓名 _____ 考号 _____ 班级 _____ 年级 _____
 密封线内不得答题

正确的是 ()

- A. 锅体中的涡流是由恒定的磁场产生的
- B. 恒定磁场越强, 电磁炉的加热效果越好
- C. 锅体中的涡流是由变化的磁场产生的
- D. 锅体不直接接触电磁炉炉面板, 也能有加热的效果

4. 当高速前进的汽车发生撞车等交通事故时, 利用安全带与安全气囊, 可以降低车内人员由于汽车突然停止运动而可能造成的伤害(如图3)。下列有关这两种安全设施配备的叙述中正确的是 ()



图 3

- A. 安全气囊应一直处于快速充气状态, 直到人和车都静止下来
- B. 安全气囊应先快速充气, 然后在人与气囊接触后再放气
- C. 安全带的宽度愈窄, 愈能保障人员的安全
- D. 安全带的长度须能伸缩, 才能延长汽车紧急停下的时间

5. 有时人体接触漏电的用电器金属外壳时, 电流会通过人体传入大地, 就会发生触电事故。为防止这类事故发生时伤及人身安全, 人们发明了一种漏电保护器, 其电路原理如图4所示。将该保护器接入家庭电路, 当有人发生上述触电事故时, 脱扣器就会在瞬间(0.025s内)控制衔铁将主开关断开, 切断家庭电路。对这种漏电保护器, 下列说法中正确的是 ()

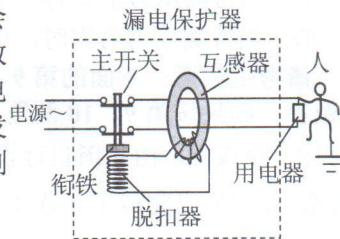


图 4

- A. 家庭电路正常工作时, 穿过互感器线圈中的磁通量为0
 - B. 家庭电路中使用的用电器增多时, 穿过互感器线圈中的磁通量增大
 - C. 人的两只手分别同时接触火线和零线, 脱扣器也会控制衔铁将主开关断开
 - D. 人的两只手分别同时接触火线和零线, 脱扣器不会控制衔铁将主开关断开
6. 无级变速是在变速范围内任意连续地变换速度, 性能优于传统的档位变速器, 很多种高档汽车都应用了无级变速。如图5所示为截锥式无级变速装置结构示意图, 两个锥轮之间有一个滚轮, 主动轮、滚动轮、从动轮之间靠着彼此之间的摩擦力带动, 且沿转动的切线方向无相对滑动。在主动轮转速不变的情况下, 当位于主动轮和从动轮之间的滚轮右从左移动时, 从动轮转速增加。当滚动轮位于主动轮直径为 D_1 的位置、从动轮直径 D_2 的位置时, 主动轮转速 n_1 、从动轮转速 n_2 的关系是 ()

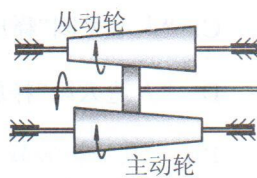


图 5

- A. $\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_1}{D_2}$
- B. $\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$
- C. $\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2^2}{D_1^2}$
- D. $\frac{n_1}{n_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}}$

7. 2012年6月18日, 载着景海鹏、刘旺、刘洋三名航天员的“神舟9号”与“天宫1号”目标飞行器实现自动和手动交会对接, 这是中国实施的首次载人空间交会对接。若对接前的某段时间内“神舟9号”和“天宫1号”处在同一圆形轨道上顺时针运行, 如图6所示。“神舟9号”要想追到“天宫1号”后面很近的地方, 并一起沿原来的圆形轨道继续顺时针运动, 下列方法中可行的是 ()

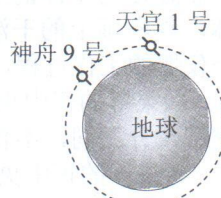


图 6

- A. 沿运动方向喷气
- B. 沿运动方向相反的方向喷气
- C. 先沿运动方向喷气，再沿与运动方向相反的方向喷气
- D. 先沿与运动方向相反的方向喷气，再沿运动方向喷气

8. 有一种测定压力变化的传感器，其结构原理如图 7 所示。A 为固定电极板，B 为可动电极板，其与固定电极板相距较近且两端固定，当待测压力施加在可动电极板上时，使可动电极板发生形变。现将两电极板与电源相连，图中 G 为灵敏电流计，R 为保护电阻，保持电源两端的电压不变，则 ()

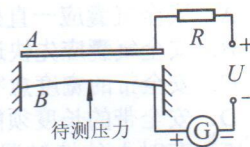


图 7

- A. 当待测压力减小时，电流计的指针向正向偏转
- B. 当待测压力增大时，电流计的指针向正向偏转
- C. 当待测压力不变时，电流计的示数为零
- D. 当待测压力为零时，电流计的示数为零

请考生注意：下面的第 9、10、11 三个小題中，只选择两个題做答。若三个小題均做答，则只按第 9、10 两題的解答情况给分。

9. 据报道，由我国自行设计、研制的世界上第一套全超导核聚变实验装置（又称“人造太阳”）已完成了首次工程调试。若在某次实验过程中，所消耗的核聚变物质的总质量为 m_1 ，反应后生成物的总质量为 m_2 ，则关于这个“人造太阳”的下列说法中，正确的是 ()

- A. “人造太阳”的核反应方程为 ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$
- B. “人造太阳”的核反应方程为 ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3{}^1_0\text{n}$
- C. “人造太阳”释放的能量大小的计算式为 $\Delta E = (m_1 - m_2) c^2$
- D. “人造太阳”释放的能量大小的计算式为 $\Delta E = \frac{1}{2} (m_1 - m_2) c^2$

10. 一艘油轮装载着密度为 $0.80 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的成品油在海上航行，由于某种事故使部分成品油发生泄漏。设共泄漏 16t，则这次事故造成的最大可能污染的面积最接近下列数据中的 ()

- A. 10^{20} m^2
- B. 10^{15} m^2
- C. 10^{10} m^2
- D. 10^5 m^2

11. 煤矿中瓦斯爆炸危害极大。某同学查资料得知含有瓦斯的气体的折射率大于干净空气的折射率，于是他设计了一种利用光的干涉监测矿井内瓦斯的仪器，其原理如图 8 所示。在双缝前面放置两个完全相同的透明容器 A 和 B，容器 A 与干净的空气相通，在容器 B 中通入矿井中的气体，观察屏上的干涉条纹，就能够监测瓦斯浓度。对于这个仪器的工作过程，下列说法中正确的是 ()

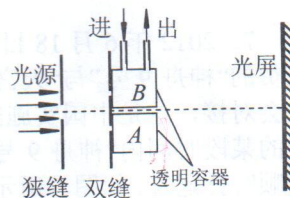


图 8

- A. 如果屏的正中央仍是亮纹，说明 B 中的气体与 A 中的空气成分相同，不含瓦斯
- B. 如果屏的正中央是暗纹，说明 B 中的气体与 A 中的空气成分不相同，可能含有瓦斯

- C. 如果屏的正中央是暗纹, 说明 B 中的气体与 A 中的空气成分一定相同, 不含瓦斯
 D. 如果屏上干涉条纹不停移动, 说明 B 中的气体瓦斯含量不稳定

二、本题包括 5 小题, 考生只需做 4 小题, 共 40 分。请按题目的要求做简要的回答。

得分	评卷人

1. (10 分) 如图 9 所示为某杂志刊登的一幅漫画:

小利和小刚分别用相同的绳子拴上汽车轮胎, 然后坐在轮胎上玩耍, 只是二人用绳子拴轮胎的方法不同: 小利将绳子的一端拴在树上, 另一端拴在轮胎上; 小刚将绳子的两端分别拴在等高的两点, 然后将轮胎拴在绳子的中点。如果小利和小刚的质量相等, 且玩耍过程中他们摆动的角度也大致相同, 结果发现小利悠然自得, 而小刚弄断了绳子还迷惑不解。



图 9

- (1) 设他们摆动的最大角度为 θ , 轮胎和人的总质量为 m , 求他们运动过程中受到的竖直向上的最大作用力是多大?
 (2) 请说明为什么小利的绳子完好而小刚的绳子却弄断了?

得分	评卷人

2. (10 分) 已知某一区域的地下埋有一根与地表面平行的直线电缆, 为了探测电缆的确切位置 (走向和深度), 人们通过

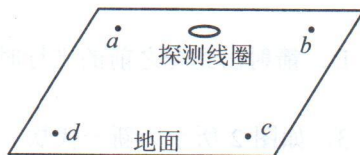


图 10

电缆位于地面上的两端向电缆中通入正弦交变电流, 然后通过在地面上测量探测线圈中的感应电动势来探测电缆的确切位置。如图 10 所示, 当探测线圈平面平行地面测量时, 在地面上 a 、 c 两处测得探测线圈中的电动势为 0, b 、 d 两处探测线圈中的电动势不为 0; 当探测线圈在 b 、 d 两处位置不动, 调整其与地面间的夹角时, 发现当线圈朝向某一方向且与地面夹角为 45° 时, 探测线圈中的电动势为 0。经过测量发现, a 、 b 、 c 、 d 恰好位于边长为 1.0m 的正方形的四个顶角上。据此请你判定地下电缆的确切位置 (走向和深度)? 简要说明理由。

三、本题包括 5 小题，考生只需做 4 小题，每小题 15 分，共 60 分。解答时应写出必要的文字说明、方程式和重要演算步骤。只写出最后答案的不能得分。有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

得分	评卷人

1. (15 分) 如图 13 所示，两根等长的短杆 A 和 B 用光滑的铰链连接，可绕 O 点转动，这便构成了一个自锁起重吊钩。将这样的吊钩放入被吊的圆筒形重物内，使其张开一定的夹角压紧在筒壁上，当钢丝绳向上提起时，两杆就会在筒内撑住将重物提起。若被吊起的圆筒形重物的内径为 R ，筒壁所能承受的压力不能超过其自重的 n 倍，求短杆的长度应满足什么条件？

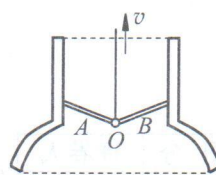
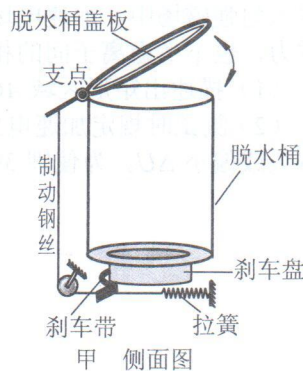


图 13

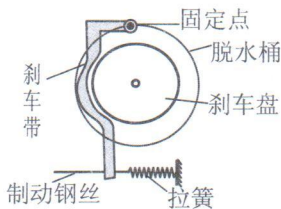
得分	评卷人

2. (15 分) 套桶式洗衣机的脱水桶工作时的转速可高达 1200r/min ，为避免在脱水桶工作时打开脱水桶盖发生人身伤害事故，脱水机构都装有安全制动系统。该系统的作用有两个：一是自动切断脱水电动机的电源；二是刹车带自动紧压在刹车盘上，使脱水桶迅速停止转动。如图 14 所示为脱水制动部分的示意图，该系统由脱水桶盖板、制动钢丝、刹车带、拉簧和刹车盘等组成，刹车盘与脱水筒共轴转动。在脱水桶运转时，如果打开脱水桶盖，则该系统便产生制动作用。

若脱水桶的半径为 30cm ，刹车盘的半径为 10cm ，打开脱水桶盖到脱水桶停止共转了 50 圈（设为均匀减速），桶、刹车盘和其中的衣物总质量为 5.0kg （可以认为质量全部分布在脱水桶桶壁上）。试计算：



甲 侧面图



乙 俯视图

图 14

- (1) 打开脱水筒盖的瞬间，贴在脱水筒筒壁上的衣服运动的线速度；
- (2) 刹车带上的摩擦力的大小。

得分	评卷人

3. (15分) 利用电场和磁场，可以将比荷不同的离子分开，这种方法在化学分析和原子核技术等领域有重要的应用。如图 15 所示的矩形区域 $ACDG$ (AC 边足够长) 中存在垂直于纸面的匀强磁场， A 处有一狭缝。离子源产生的离子，经静电场加速后穿过狭缝沿垂直于 GA 边界且垂直于磁场的方向射入磁场 (加速装置在图中未画出)，运动到 GA 边界的照相底片上后，被相应的收集器收集。整个装置内部为真空。

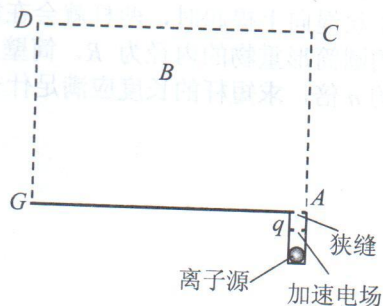


图 15

现有一束一价的钾 39 和钾 41 离子经电场加速后，沿着与磁场和边界均垂直的方向进入匀强磁场中。加速电场的电势差为 U_0 ，离子进入电场时的初速度可以忽略，不计重力，也不考虑离子间的相互作用。

- (1) 描述出矩形区域 $ACDG$ 中的匀强磁场方向；
- (2) 测试时规定加速电压大小为 U_0 ，但在实验过程中加速电压有较小的波动，可能偏大或偏小 ΔU 。为使钾 39 和钾 41 打在照相底片上的区域不重叠， ΔU 不得超过多少？

请考生注意：下面的第4、5两个小题中，只选择一个题作答。若两个小题均作答，则只按第4小题的解答情况给分。

得分	评卷人

4. (15分) 某物理实验小组想利用所学的知识粗略地估测太阳的辐射功率，他们通过多种途径，查阅到以下资料：日地距离 $r=1.5 \times 10^{11} \text{m}$ ，水的比热 $c=4.2 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot \text{C})$ 射到地球大气层的太阳能被地面所吸收的百分比约为50%。他们做了如下的实验：取一个横截面积 $S=3 \times 10^{-2} \text{m}^2$ 的不高的圆筒，圆筒内装水 $m=0.60 \text{kg}$ ，某天中午在太阳下垂直照射时间 $t=10 \text{min}$ 后，测得水的温度升高了 $\Delta t=5.0 \text{C}$ 请你帮助该小组的同学估算太阳的辐射功率(忽略照射期间的散热)？

5. (15分) 火箭发动机靠向后喷射高速的燃烧气体，以使火箭最终获得所需的推进速度。火箭发动机喷射燃烧气体可以有两种方式：一是短时间内一次性高速喷射出；二是用较长的时间连续喷射。若每次喷射出的燃烧气体相对于火箭的速度大小保持一定，试论证火箭发动机连续喷射燃烧气体，可使火箭获得更大的速度。

2013 年第八届全国高中应用物理竞赛 参考解答和评分标准

说明:

1. 提供的参考解答除选择题外, 不一定是惟一正确的。对于那些与此解答不同的正确解答, 同样得分。

2. 评分标准只是按一种思路与方法给出的。在阅卷过程中会出现各种不同情况, 可按照本评分标准的精神定出具体处理办法, 但不要与本评分标准有较大偏离。

3. 计算题是按照分步方法给分的。若考生并未写出这个式子, 而在文字表达或以后的解题过程中反映了这一步骤, 同样得分。没有写出任何式子或文字说明, 只给出最后结果的, 不能得分。

4. 参考解答中的数字结果是按照有效数字的运算要求给出的, 但对考生不做要求。不要因为有效数字的错误而扣分。

5. 在最后定奖时, 如果得分相同的人数超过获奖名额, 从而难于选拔, 可对待选试卷进行加分评判。加分评判的基本依据是:

- (1) 所用方法或原理不是课本所讲的, 具有创新性, 应加分;
- (2) 方法简便, 应加分;
- (3) 提出多种正确解法, 应加分;
- (4) 试卷表达规范, 条理清楚, 能充分利用数学工具, 应加分。

上述各项的执行都需由竞赛领导小组做出规定 (省统一分配奖励名额的由省决定, 地、市分配奖励名额的由地、市决定)。

一、本题共 10 小题, 每小题 5 分, 共 50 分。

1. BC 2. BC 3. CD 4. B 5. AD 6. B 7. C 8. BCD 9. AC 10. C 11. BD

二、本题包括 5 小题, 考生只需做 4 小题, 共 40 分。

1. (10 分) (1) 设摆动的等效摆长为 l , 摆到最低点时的速度大小为 v , 对于从最高点摆到最低点的过程, 根据机械能守恒定律, 有 $mg l(1-\cos\theta) = \frac{1}{2}mv^2$ 2 分

设在最低点时所受绳的拉力为 F , 在最低点根据牛顿第二定律有

$$F - mg = mv^2/l \text{ 2 分}$$

联立解得: $F = mg(3 - 2\cos\theta)$ 1 分

(2) 两人摆到最低点时, 绳对他们和轮胎的拉力大小相同。

对于小利而言, 拉力 F 即为绳上所承担的力。

对于小刚而言, 拉力 F 是悬点两侧绳拉力的合力。设两侧绳的拉力分别为 F_T , 两侧绳绷紧时与水平方向的夹角为 α , 则有 $F_T = \frac{F}{2\sin\alpha}$ 。可见, 只要 $\alpha < 30^\circ$, 就有绳上的拉力 $F_T > F$ 。 3 分

在实际情况下, 通常都会满足 $\alpha < 30^\circ$ 的条件, 有时 α 只有 10° 左右, 甚至更小, 因此 F_T 将比 F 大很多, 所以小刚的绳子比小利的绳子更容易断裂。 2 分

2. (10分) “在地面上 a 、 c 两处测得探测线圈中的电动势为 0”，说明在 a 、 c 处探测线圈平面与磁感线平行，即 a 、 c 处磁场沿地面方向。“在 b 、 d 两处线圈中的电动势不为 0”，说明在 b 、 d 处，探测线圈与磁感线不平行。由于直线电缆与地面平行，且其产生的磁场在 a 、 c 处与地面平行，在 b 、 d 处与地面不平行。这样可以确定电缆的走向为 ac 或 ca 方向。.....5 分

“当探测线圈平面与地面成 45° 夹角时，在 b 、 d 两处测得探测线圈中的电动势为 0”，说明电缆激发的磁场在 b 、 d 处准确的方向是与地面成 45° 向上或向下，画出几何关系如图 1 所示，设 p 点为电缆所在处， o 点为 bd 与 ac 的交点，利用几何关系 $\angle odp = 45^\circ$3 分

所以电缆离地表深度 $h = op = od = \frac{1}{2} bd = \frac{\sqrt{2}}{2} m$2 分

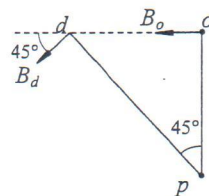


图 1

3. (10分) 当李辉把多用表的表笔与被测线圈断开时，线圈中的电流将突然减小，发生自感现象，会产生较大的自感电动势，故线圈两端间出现较高的电压，因此有感应电流通过刘伟身体，“电”了刘伟一下，所以刘伟惊叫了起来。.....6 分

当李辉摸线圈两端时，由于已经经历了较长时间，自感现象基本消失；李辉再摸多用表的两表笔时，因电流很微弱，因此也没有感觉。.....4 分

4. (10分) 若想让 A 绳断，则需要 B 绳的下端缓慢向下拉；若想让 B 绳断，则需要 B 绳的下端迅速向下拉。.....4 分

设钩码的质量为 m ，当在 B 绳的下端缓慢向下拉时， B 绳上的拉力 F_B 等于小明所施力 F 的大小，且在缓慢增大，并有 $F_B = F$ ；而此时钩码处于静止状态，因此 A 绳上的拉力 $F_A = mg + F$ 。由于总有 $F_A > F_B$ ，且二者都在缓慢增大，因此一定是 F_A 先达到绳所能承受的最大拉力，所以 A 绳先断。.....3 分

当在 B 绳的下端迅速向下拉时，由于线绳有一定的弹性，以及钩码具有较大的惯性，导致 B 绳所受拉力在极短的时间内达到其所能承受的最大拉力，而此时钩码还未来得及向下运动较大的距离，以使在 A 绳上产生足够大的拉力，所以 B 绳先断。.....3 分

5. (10分) 由于没有空气及尘埃，所以对光没有散射（反射）作用，因此看到天空是黑色的；由于没有空气，所以就没有折射率不同的气流来影响星光的直线传播，因此星星就不会闪烁；没有空气吸收、保存从太阳辐射来的能量，因此白天有阳光时的温度很高，夜里没有阳光时温度就很低；

没有空气和其他能够传播声音的介质，所以需要无线电通讯；

由于没有空气，也就没有了大气压，所以要靠航天服来加压、提供呼吸，同时航天服还有调节温度、防止射线和宇宙灰尘的袭击等作用。

说明：上述 5 个分析每一个 2 分，共 10 分。

三、本题包括 5 小题，考生只需做 4 小题，每小题 15 分，共 60 分。

1. (15分) 设筒自重为 G ，短杆 A 和 B 与竖直方向的夹角均为 θ 。对 O 点受力分析如图 2 所示，两根短杆的弹力 F （沿杆）的合力与绳子的拉力（ $F_T = G$ ）等大反向，故有 $2F \cos \theta = G$3 分

将短杆对筒壁的作用力 F 进行分解，如图 3 所示。短杆对筒壁的压力 $F_1 = F \sin \theta$3 分

解得 $F_1 = \frac{G}{2} \tan \theta$2 分

依题意有 $\frac{F_1}{G} = \frac{1}{2} \tan \theta < n$

设短杆长为 L ，则有 $\tan \theta = \frac{R}{\sqrt{L^2 - R^2}}$4 分

因此 $L > \frac{\sqrt{1 + 4n^2}}{2n} R$3 分

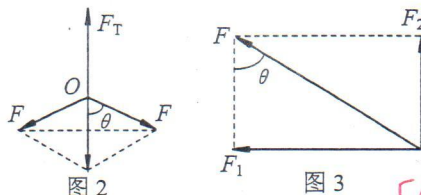


图 2

图 3

2. (15分) (1) $v = \omega r_{\text{转}} = 2\pi n r_{\text{转}} = 2\pi \times (1200/60) \times 0.30 \text{ m/s} = 37.7 \text{ m/s}$ 5分

(2) 刹车盘在刹车过程中发生的相对摩擦的距离:

$$s = 2\pi N r_{\text{转}} = 2\pi \times 50 \times 0.10 = 31.4 \text{ m} \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

脱水后, 衣服紧靠脱水桶壁, 桶和衣服具有动能, 刹车后动能转化为内能, 故由能量守恒有:

$$fs = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

解得: $f = \frac{mv^2}{2s} = \frac{5 \times 37.7^2}{2 \times 31.4} = 113 \text{ N} \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$

3. (15分) (1) 匀强磁场方向垂直纸面向里。.....2分

(2) 设加速电压为 U , 磁感应强度为 B , 电荷电量为 q , 质量为 m , 运动半径为 R , 则由

$$qU = \frac{1}{2}mv^2, \quad qvB = m\frac{v^2}{R}, \quad \text{解得 } R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}} \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

由此式可知, 在 B 、 q 、 U 相同时, m 小的半径小, 所以钾 39 半径小, 钾 41 半径大; 在 m 、 B 、 q 相同时, U 大半径大。

设钾 39 质量为 m_1 , 电压为 $U_0 + \Delta U$ 时, 最大半径为 R_1 ; 钾 41 质量为 m_2 , 电压为 $U_0 - \Delta U$ 时, 钾 41 最小半径为 R_2 , 则

$$R_1 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2m_1(U_0 + \Delta U)}{q}} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$R_2 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2m_2(U_0 - \Delta U)}{q}} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

令 $R_1 = R_2$, 则 $m_1(U_0 + \Delta U) = m_2(U_0 - \Delta U)$ 3分

解得: $\Delta U = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} U_0 = \frac{41 - 39}{41 + 39} U_0 = \frac{1}{40} U_0$, 即 ΔU 不得超过 $\frac{1}{40} U_0$ 3分

4. (15分) 筒内水在 10min 时间内吸收到的热量 $Q = cm\Delta t = 1.26 \times 10^4 \text{ J} \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$

则在太阳直射下, 地球表面每平方米的面积上每秒钟得到的热量 Q_0 为

$$Q_0 = \frac{Q}{S \cdot t} = \frac{1.26 \times 10^4}{3 \times 10^{-2} \times 600} = 700 \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

根据“射到地球大气层的太阳能被地面所吸收的百分比约为 50%”, 可知太阳直射到地球表面每平方米的面积上每秒钟得到的热量 $Q_1 = Q_0 / 0.5 = 1400 \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$

太阳向外辐射能量可以认为在空间内的各个方向是均匀的, 以太阳为圆心, 日地距离 r 为半径, 太阳辐射的能量将均匀分布到整个球表面上, 所以太阳单位时间发出的总能量, 即太阳的辐射功率

$$P = 4\pi r^2 Q_1 = 3.95 \times 10^{26} \text{ W} \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

5. (15分) 取地面为参考系, 火箭运动的方向为正方向, 设火箭的总质量为 M , 将其中气体燃料分成等量的 n 份, 每份质量为 m , 每次喷出一份气体, 每次喷出的气体相对火箭的速度为 v 。设火箭第一次喷出 m 的气体后速度为 v_1 , 则气体相对地面的速度为 $(v_1 - v)$, 由动量守恒定律得:

$$0 = (M - m)v_1 + m(v_1 - v) \quad \text{即} \quad v_1 = \frac{m}{M} v \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

设火箭第二次喷出 m 的气体后速度为 v_2 , 则有 $(M - m)v_1 = (M - 2m)v_2 + m(v_2 - v)$

即 $v_2 = v_1 + \frac{m}{M - m} v = \frac{(2M - m)}{M} \cdot \frac{mv}{M - m} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$

同理，火箭第三次喷出 m 的气体后速度为 v_3 ，解得 $v_3 = \frac{(3M-m)}{M} \cdot \frac{mv}{M-m}$

.....
火箭第 n 次喷出 m 的气体后速度为 v_n

$$v_n = \frac{(nM-m)}{M} \cdot \frac{mv}{M-m} \dots\dots\dots 2 \text{分}$$

若火箭一次将 nm 的气体燃烧物喷完，火箭喷出 nm 的气体后的速度设为 v' ，同理可得：

$$0 = (M-nm) v' + nm (v'-v) \quad \text{即} \quad v' = \frac{nm}{M} v \dots\dots\dots 3 \text{分}$$

比较 v_n 和 v' 可得： $\frac{v_n}{v'} = \frac{nM-m}{n(M-m)} > 1$ 即 $v_n > v'$ 3分

即火箭发动机连续多次喷射燃烧气体后，最终获得的速度大于一次性喷射等质量燃烧气体后获得的速度。..... 2分