第三十二届全国中学生物理竞赛预赛试题（本站重排版）

2015 年 ｜ 16 题 ｜ 原卷仅第 8 题标 10 分，其余未逐题标分

题干据原卷逐题转录；公式采用 KaTeX 排版；配图为本站重绘矢量图；解析与详解另册（本站自编）。

一、选择题

1．2014 年 3 月 8 日凌晨 2 点 40 分，马来西亚航空公司一架波音 777-200 飞机与管制中心失去联系。2014 年 3 月 24 日晚，初步确定失事地点位于南纬 $31^\circ52'$、东经 $115^\circ52'$ 的澳大利亚西南城市珀斯附近的海域。有一颗绕地球做匀速圆周运动的卫星，每天上午同一时刻在该区域正上方对海面拍照，则［　　］

A．该卫星一定是地球同步卫星

B．该卫星轨道平面与南纬 $31^\circ52'$ 所确定的平面共面

C．该卫星运行周期一定是地球自转周期的整数倍

D．地球自转周期一定是该卫星运行周期的整数倍

2．$^{238}_{92}\mathrm{U}$（铀核）衰变为 $^{222}_{88}\mathrm{Rn}$（氡核）要经过［　　］

A．8 次 α 衰变，16 次 β 衰变

B．3 次 α 衰变，4 次 β 衰变

C．4 次 α 衰变，16 次 β 衰变

D．4 次 α 衰变，4 次 β 衰变

3．如图，一半径为 R 的固定的光滑绝缘圆环，位于竖直平面内；环上有两个相同的带电小球 a 和 b（可视为质点），只能在环上移动，静止时两小球之间的距离为 R。现用外力缓慢推左球 a 使其到达圆环最低点 c，然后撤除外力。下列说法正确的是［　　］

A．在左球 a 到达 c 点的过程中，圆环对 b 球的支持力变大

B．在左球 a 到达 c 点的过程中，外力做正功，电势能增加

C．在左球 a 到达 c 点的过程中，a、b 两球的重力势能之和不变

D．撤除外力后，a、b 两球在轨道上运动过程中系统的能量守恒

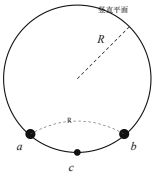


图 1　圆环与两带电小球

4．如图，O 点是小球平抛运动抛出点；在 O 点有一个频闪点光源，闪光频率为 30 Hz；在抛出点的正前方，竖直放置一块毛玻璃，小球初速度与毛玻璃平面垂直。在小球抛出时点光源开始闪光。当点光源闪光时，在毛玻璃上有小球的一个投影点。已知图中 O 点与毛玻璃水平距离 $L = 1.20$ m，测得第一、二个投影点之间的距离为 0.05 m。取重力加速度 $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$。下列说法正确的是［　　］

A．小球平抛运动的初速度为 4 m/s

B．小球平抛运动过程中，在相等时间内的动量变化不相等

C．小球投影点的速度在相等时间内的变化量越来越大

D．小球第二、三个投影点之间的距离 0.15 m

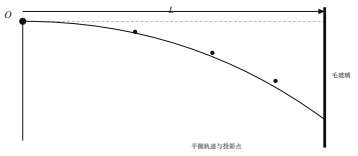


图 2　平抛小球与毛玻璃投影

5．某同学用电荷量计（能测出一段时间内通过导体横截面的电荷量）测量地磁场强度，完成了如下实验：如图，将面积为 S、电阻为 R 的矩形导线框 $abcd$ 沿图示方位水平放置于地面上某处，将其从图示位置绕东西轴转 180°，测得通过线框的电荷量为 Q_1；将其从图示位置绕东西轴转 90°，测得通过线框的电荷量为 Q_2。该处地磁场的磁感应强度大小为［　　］

A．$\dfrac{R}{S}\sqrt{\dfrac{Q_1^2}{4}+Q_2^2}$

B．$\dfrac{R}{S}\sqrt{Q_1^2+Q_2^2}$

C．$\dfrac{R}{S}\sqrt{\dfrac{Q_1^2}{2}+Q_1Q_2+Q_2^2}$

D．$\dfrac{R}{S}\sqrt{Q_1^2+Q_1Q_2+Q_2^2}$

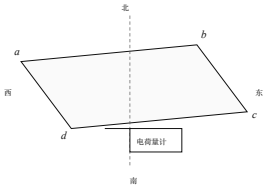


图 3　矩形线框与方位

二、填空题

6．水平力 F 方向确定，大小随时间的变化如图 a 所示；用力 F 拉静止在水平桌面上的小物块，在 F 从 0 开始逐渐增大的过程中，物块的加速度随时间变化的图像如图 b 所示。重力加速度大小为 10 m/s^2。由图示可知，物块与水平桌面间的最大静摩擦力为 _____；物块与水平桌面间的动摩擦因数为 _____；在 0 ~ 4 s 时间内，合外力对物块所做的功为 _____。

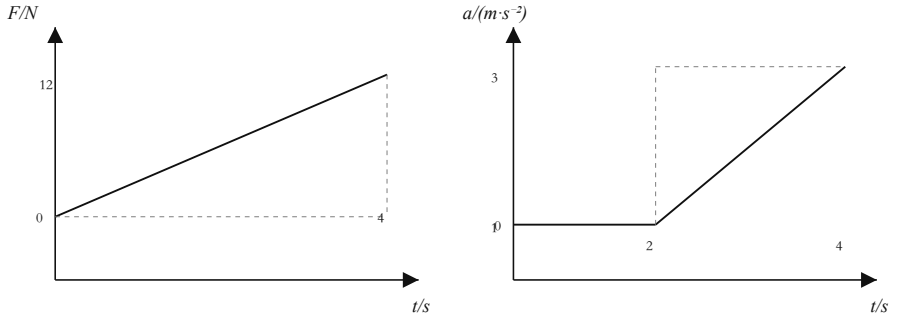


图 a　F-t　　图 b　a-t

图 4　F-t 与 a-t 图像

7．如图，物块 A、C 置于光滑水平桌面上，通过轻质滑轮和细绳悬挂物块 B，物块 A、B 的质量均为 2 kg，物块 C 的质量为 1 kg，重力加速度大小为 10 m/s^2。

（1）若固定物块 C，释放物块 A、B，则物块 A、B 的加速度之比为 _____；细绳的张力为 _____。

（2）若三个物块同时由静止释放，则物块 A、B 和 C 加速度之比为 _____。

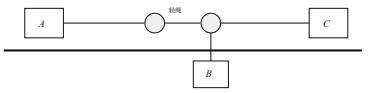


图 5　滑轮与物块 A、B、C

8．（10 分）2011 年 8 月中国发射的宇宙飞船“嫦娥二号”在完成探月任务后，首次从绕月轨道飞向日地延长线上的拉格朗日点，在该点，“嫦娥二号”和地球一起同步绕太阳做圆周运动。已知太阳和地球的质量分别为 M_S 和 M_E，日地距离为 R。该拉格朗日点离地球的距离 x 满足的方程为 _____，由此解得 x = _____。（已知当 $\lambda \ll 1$ 时，$(1+\lambda)^n \approx 1+n\lambda$。）

9．在“利用电流传感器（相当于理想电流表）测定干电池电动势和内阻”的实验中，某同学利用两个电流传感器和定值电阻 $R_0 = 2000\ \Omega$ 以及滑动变阻器，设计了如图 a 所示的电路，进行实验。该同学测出的实验数据如下表所示。

	1	2	3	4	5
I_1(mA)	1.35	1.30	1.20	1.10	1.05
I_2(A)	0.30	0.40	0.60	0.80	0.90

表中 I_1 和 I_2 分别是通过电流传感器 1 和 2 的电流。该电流的值通过数据采集器输入到计算机，数据采集器和计算机对原电路的影响可忽略。

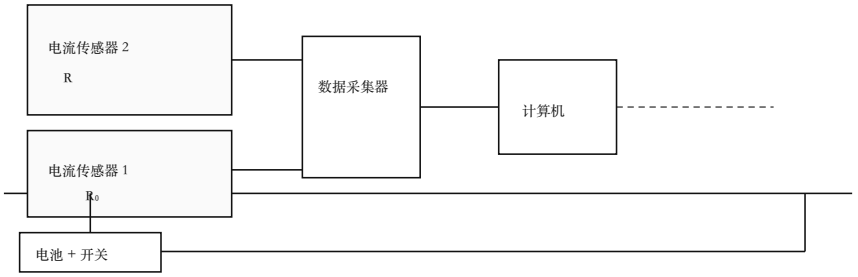


图 6　电流传感器测电源电路

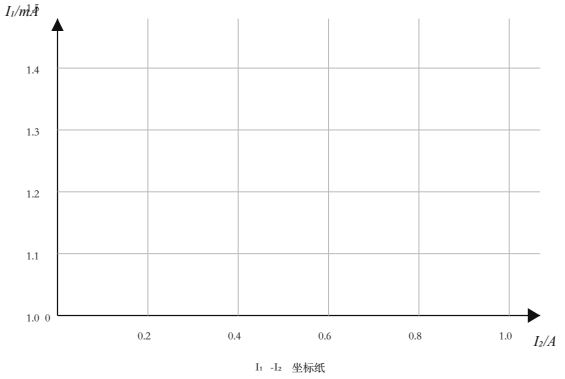


图 7　电流坐标纸

（1）在图 b 中绘出 $I_1 - I_2$ 图线；

（2）由 $I_1 - I_2$ 图线得出，被测电池的电动势为 _____ V，内阻为 _____ Ω。

10．某金属材料发生光电效应的最大波长为 λ_0，将此材料制成一半径为 R 的圆球，并用绝缘线悬挂于真空室内。若以波长为 λ（$\lambda < \lambda_0$）的单色光持续照射此金属球，该金属球发生光电效应所产生光电子的最大初动能为 _____，此金属球可带的电荷量最多为 _____。（设无穷远处电势为零，真空中半径为 r 带电量为 q 的导体球的电势为 $U = k\frac{q}{r}$。）

三、计算题

11．某机场候机楼外景如图 a 所示。该候机楼结构简化图如图 b 所示：候机楼侧壁是倾斜的，用钢索将两边斜壁系住，在钢索上有许多竖直短钢棒将屋面支撑在钢索上。假设每边斜壁的质量为 m，质量分布均匀；钢索与屋面（包括短钢棒）的总质量为 $\frac{m}{2}$，在地面处用铰链与水平地面连接，钢索固定于斜壁上端以支撑整个屋面，钢索上端与斜壁的夹角为 30°；整个系统左右对称。求

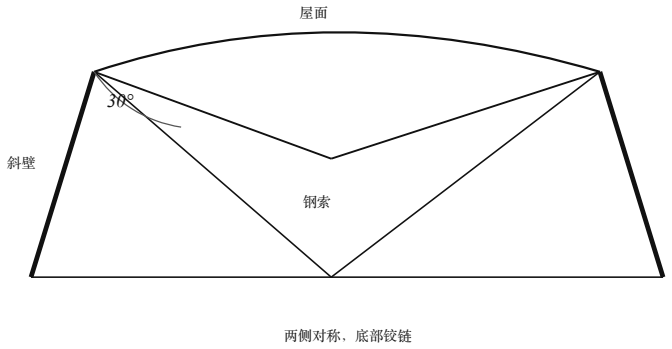


图 8　候机楼结构简化示意

（1）斜壁对钢索的拉力的大小；

（2）斜壁与地面的夹角。

12．从左至右在同一水平地面上依次有 3 个质点 a、b、c，且三者共线，a 与 b 相距 l_1，b 与 c 相距 l_2。现同时将它们从其初始位置抛出。已知质点 b 以初速度 v_0 竖直上抛，质点 c 以某一初速度 v_c 竖直上抛。设在这 3 个质点的运动过程中，a 能碰到质点 b 和 c；并假设质点 a 的质量远大于质点 b 的质量，且 a 与 b 碰撞时间极短。求质点 c 的初速度 v_c 和质点 a 的初速度所满足的条件。所求的结果均用题中的已知量表示出来。

13．有一块长条形的纯净半导体硅，其横截面积为 2.5 cm^2，通有电流 2 mA 时，其内自由电子定向移动的平均速率为 7.5×10^{-5} m/s，空穴定向移动的平均速率为 2.5×10^{-5} m/s。已知硅的密度为 2.4×10^{3} $\mathrm{kg/m}^3$，原子量是 28。电子的电荷量大小为 $e=1.6\times10^{-19}$ C。若一个硅原子至多只释放一个自由电子，试估算此半导体材料中平均多少个硅原子中才有一个硅原子释放出自由电子？阿伏伽德罗常数为 $N_0=6.02\times10^{23}$ mol^{-1}。

14．电子感应加速器利用变化的磁场来加速电子。电子绕平均半径为 R 的环形轨道（轨道位于真空管道内）运动，磁感应强度方向与环形轨道平面垂直。电子被感应电场加速，感应电场的方向与环形轨道相切。电子电荷量为 e。

（1）设电子做圆周运动的环形轨道上的磁感应强度大小的增加率为 $\frac{\Delta B}{\Delta t}$，求在环形轨道切线方向感应电场作用在电子上的力；

（2）设环形轨道平面上的平均磁感应强度大小的增加率为 $\frac{\Delta \overline{B}}{\Delta t}$，试导出在环形轨道切线方向感应电场作用在电子上的力与 $\frac{\Delta \overline{B}}{\Delta t}$ 的关系；

（3）为了使电子在不断增强的磁场中沿着半径不变的圆轨道加速运动，求 $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ 和 $\frac{\Delta \overline{B}}{\Delta t}$ 之间必须满足的定量关系。

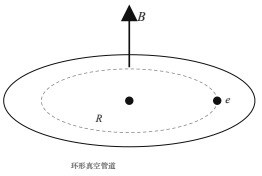


图 9　电子感应加速器环形轨道

15．如图，导热性能良好的气缸 A 和 B 高度均为 h（已除开活塞的厚度），横截面积不同，竖直浸没在温度为 T_0 的恒温槽内，它们的底部由一细管连通（细管容积可忽略）。两气缸内各有一个活塞，质量分别为 $m_A = 2m$ 和 $m_B = m$，活塞与气缸之间无摩擦，两活塞的下方为理想气体，上方为真空。当两活塞下方气体处于平衡状态时，两活塞底面相对于气缸底的高度均为 $\frac{h}{2}$。现保持恒温槽温度不变，在两活塞上面同时各缓慢加上同样大小的压力，让压力从零缓慢增加，直至其大小等于 $2mg$（g 为重力加速度）为止，并一直保持两活塞上的压力不变；系统再次达到平衡后，缓慢升高恒温槽的温度，对气体加热，直至气缸 B 中活塞底面恰好回到高度为 $\frac{h}{2}$ 处。求

（1）两个活塞的横截面积之比 $S_A : S_B$；

（2）气缸内气体的最后的温度；

（3）在加热气体的过程中，气体对活塞所做的总功。

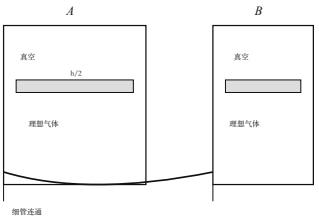


图 10　连通气缸 A、B

16．如示意图所示，一垂直放置的高为 15.0 cm 的圆柱形中空玻璃容器，其底部玻璃较厚，底部顶点 A 点到容器底平面中心 B 点的距离为 8.0 cm，底部上沿为一凸起的球冠，球心 C 点在 A 点正下方，球的半径为 1.75 cm。已知空气和容器玻璃的折射率分别是 $n_0 = 1.0$ 和 $n_1 = 1.56$。只考虑近轴光线成像。已知：当 $\lambda \ll 1$ 时，$\sin\lambda \approx \lambda$。

（1）当容器内未装任何液体时，求从 B 点发出的光线通过平凸玻璃柱，在玻璃柱对称轴上所成的像的位置，并判断像的虚实；

（2）当容器内装满折射率为 1.30 的液体时，求从 B 点发出的光线通过平凸玻璃柱的上表面折射后所成像点的位置，并判断这个像的虚实。

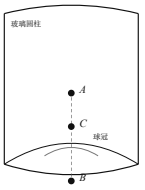


图 11　圆柱形中空玻璃容器