

宁波市高二物理竞赛试题

时间：2.5 小时，满分 200 分

2014 年 12 月

本卷共二张，所有答案答在试卷 II 上。

试卷 I

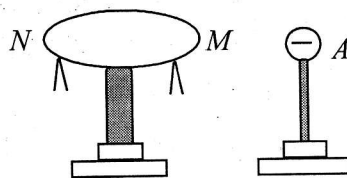
一、选择题（本题共 10 小题，共 60 分。在每小题给出的四个选项中，至少有一个选项是符合题目要求的。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分）

- 纸飞机是同学们喜爱的一种玩具，现在纸飞机已经飞出教室，成为一种深受人们喜爱的全球性运动，各地的纸飞机迷们将有机会在世界纸飞机锦标赛上一决高下。纸飞机在飞行过程中遵循空气动力学原理，有关纸飞机的运动，下列说法正确的有
 - 纸飞机在空中飞行过程中机械能守恒
 - 纸飞机在空中飞行过程中机械能不守恒
 - 把纸飞机水平掷出，纸飞机做平抛运动
 - 把纸飞机水平掷出，纸飞机在竖直方向的分运动是自由落体运动
- 历史上有些科学家曾把在相等位移内速度变化相等的单向直线运动称为“匀变速直线运动”（现称“另类匀变速直线运动”），“另类加速度”定义为 $A = \frac{v_x - v_0}{x}$ ，其中 v_0 和 v_x 分别表示某段位移 x 内的初速和末速。 $A > 0$ 表示物体做加速运动， $A < 0$ 表示物体做减速运动。而现在物理学中加速度的定义式为 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ ，根据以上定义下列说法正确的有
 - 若物体在运动过程中 A 不变，则 a 也保持不变，为匀变速运动
 - 若物体在运动过程中 $A > 0$ 且保持不变，则 a 逐渐变大，速度变化越来越快
 - 若物体在某一运动过程中 A 不变，则在该过程中间位置处速度为 $v = \frac{v_x + v_0}{2}$
 - 若物体在某一运动过程中 A 不变，则在该过程中间位置处速度为 $v = \sqrt{\frac{v_x^2 + v_0^2}{2}}$
- 由于万有引力定律和库仑定律都满足平方反比律，因此引力场与电场之间有许多相似的性质，在处理有关问题时可以将它们进行类比和。例如电场中反映各点电场强弱的物理量是电场强度，其定义式为 $E = \frac{F}{q}$ 。在引力场中可以有一个类似的物理量用来反映各点引力场的强弱。设地球的质量为 M ，半径为 R ，地球表面处重力加速度为 g ，引力常量为 G 。如果一个质量为 m 的物体位于距地心 $2R$ 处的某点，则下列表达式中能反映该点引力场强弱的物理量是

- $G \frac{M}{(2R)^2}$
- $G \frac{m}{(2R)^2}$
- $G \frac{Mm}{(2R)^2}$
- $\frac{g}{4}$

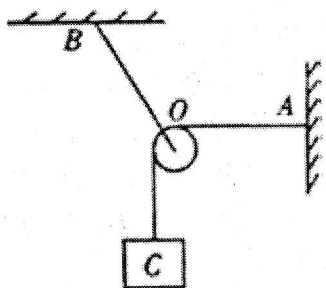
4. 如图所示，原来不带电的绝缘金属导体 MN ，在其两端下面都悬挂着金属验电箔，若使带负电的绝缘金属球 A 靠近导体的 M 端，可能看到的现象是

- A. 只有 M 端验电箔张开，且 M 端带正电
 B. 只有 N 端验电箔张开，且 N 端带负电
 C. 两端的验电箔都张开，且 M 端带负电， N 端带正电
 D. 两端的验电箔都张开，且 M 端带正电， N 端带负电

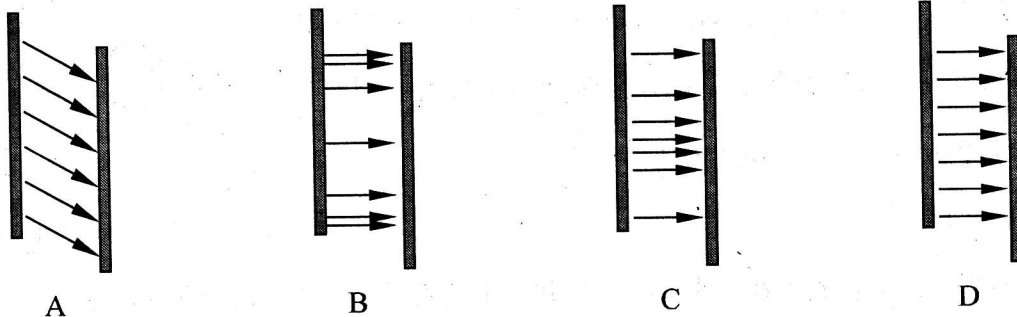


5. 如图所示，质量不计的定滑轮用轻绳悬挂在 B 点，另一条轻绳一端系重物 C ，绕过滑轮后，另一端固定在墙上 A 点，若改变 B 点位置使滑轮位置发生移动，但使 OA 段绳子始终保持水平，则可以判断悬点 B 所受拉力 F_T 的大小变化情况是

- A. 若 B 向左移， F_T 将增大
 B. 若 B 向右移， F_T 将增大
 C. 无论 B 向左、向右移， F_T 都保持不变
 D. 无论 B 向左、向右移， F_T 都减小

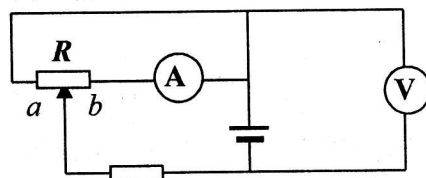


6. 由两块相互靠近的平行金属板组成的平行板电容器，现把两金属板错开一定位置，改变其正对面积，但仍保持两金属板平行，则当电容器带电后，关于两极板间的电场线的分布情况正确的是



7. 如图所示，电源内阻不能忽略，电流表 \textcircled{A} 、电压表 \textcircled{V} 都是理想电表，当滑动变阻器 R 的滑动头从 a 端滑到 b 端过程中

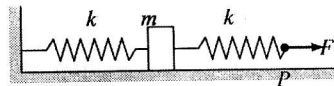
- A. \textcircled{V} 表的示数先增大后减小， \textcircled{A} 表示数增大
 B. \textcircled{V} 表的示数先增大后减小， \textcircled{A} 表示数减小
 C. \textcircled{V} 表的示数先减小后增大， \textcircled{A} 表示数增大
 D. \textcircled{V} 表的示数先减小后增大， \textcircled{A} 表示数减小



8. 在某些位置上空飞行的飞机上的人可以长时间看见太阳停在空中不动，则关于该位置及飞机的飞行情况说法正确的是

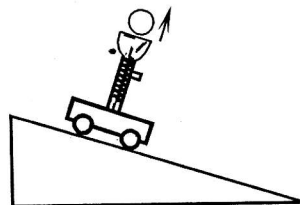
- A. 在北纬约 78° 上空飞机以 350km/h 的速度由东向西飞行
 B. 在北纬约 78° 上空飞机以 350km/h 的速度由西向东飞行
 C. 在北纬约 12° 上空飞机以 350km/h 的速度由东向西飞行
 D. 在北纬约 12° 上空飞机以 350km/h 的速度由西向东飞行

9. 如图所示，质量为 m 的物块放在光滑的水平面上，物块两侧连接劲度系数为 k 的相同轻弹簧，左侧弹簧左端固定，力 F 作用在右侧弹簧右端 P ，开始时弹簧均为自由长度。第一次缓慢地将 P 点向右拉 l 距离，所做功为 W_1 ，第二次迅速地将 P 点向右拉 l 距离，所做功为 W_2 ，则有



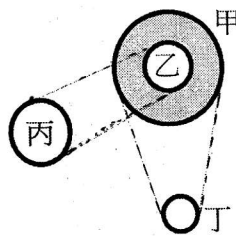
- A. $W_2=4W_1$ B. $W_2=2W_1$
C. $W_2=W_1/4$ D. $W_2=W_1/2$

10. 如图所示，在小车上设置一弹射装置（与小车垂直），在小车行进时可将小球弹出，若此小车从一足够长的光滑斜面顶端释放滑下（小球相对于小车静止），于途中某一位置小球相对于斜面（小车）垂直弹起。则下滑一段距离后，小球将会落于小车弹射装置之
- A. 前方 B. 后方 C. 原处 D. 视弹射速度而定

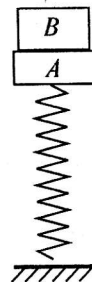


二、填空题（本题共 8 小题，每空 6 分，共 60 分。请把正确的答案写在横线上）

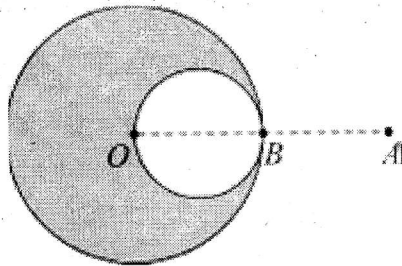
11. 右图表示一飞轮传动系统，各轮的转轴均固定且相互平行。甲、乙两轮同轴且无相对转动。已知甲、乙、丙、丁四轮的半径比为 5: 2: 3: 1，若传动带在各轮转动中不打滑，则丙与丁轮角速度之比为 ▲ 。



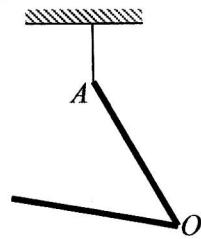
12. 如图所示，竖直放置在水平面上的轻弹簧上放着质量为 2kg 的物体 A ，处于静止状态。若将一个质量为 3kg 物体 B 竖直向下轻放在 A 后的一瞬间， A 对 B 的压力大小 ▲ (g 取 10m/s^2)。



13. 已知均匀带电球体在球的外部产生的电场与一个位于球心的、电荷量相等的点电荷产生的电场相同。如图所示，半径为 R 的球体上均匀分布着电荷量为 Q 的电荷，在过球心 O 的直线上有 A 、 B 两个点， O 和 B 、 B 和 A 间的距离均为 R 。现以 OB 为直径在球内挖一球形空腔，若静电力常量为 k ，球的体积公式为 $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ ，则 A 点处场强的大小为 ▲ 。



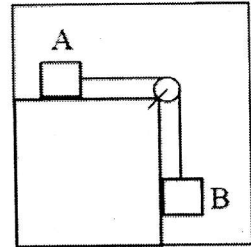
14. 如图所示，“V”字形金属杆的臂长度相等且质量分布均匀，两臂间的夹角 θ 可以改变，用一根细线悬挂一个臂的端点 A ，为使金属杆的顶点 O （即两臂连接处）位置最高，金属杆两臂张开的角度 θ 为_____▲_____。（用反三角函数表示）



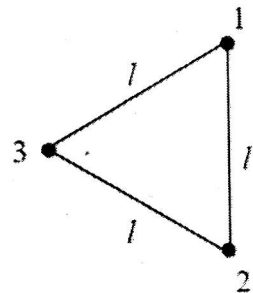
15. 在一车厢内，有图示的水平桌面、质量分别为 m_A 和 m_B 的物块 A 和 B 、轻绳和质量可忽略的滑轮装置。（1）设系统处处无摩擦，车厢具有竖直向上的加速度 a_0 ，则物块 B 相对车厢竖直向下的加速度 $a =$ _____▲_____。（2）设 B

与水平桌子侧面间的摩擦因数为 μ ($\mu > \frac{m_A}{m_B}$)，系统其余部位

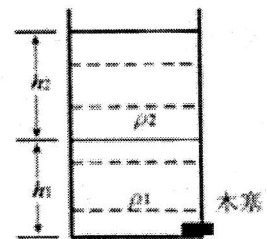
均无摩擦，今使车厢具有水平向右的匀加速度 a_0 ，则 a_0 取值范围为_____▲_____时，能使物块相对车厢不动。



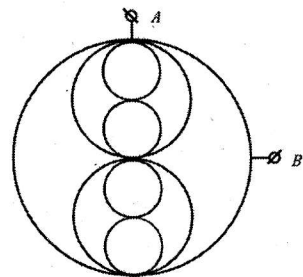
16. 三个质量同为 m ，电量同为 $q > 0$ 的小球1、2、3，用长度同为 l 的轻绝缘线连成等边三角形后，静放在光滑水平面上，如图所示。将球1、2间的轻线剪断，三个小球开始运动。球3在运动过程中，相对其初始位置位移的最大值 $l_{\max} =$ _____▲_____。



17. 如图所示，上方开口，横截面积为 S_0 的均匀薄圆筒水平放置，筒内盛有密度分别为 ρ_1 、 ρ_2 的两种不混合的理想流体，高度分别为 h_1 、 h_2 ，筒的侧面底部有一面积 $S \ll S_0$ 的小孔，开始时小孔用木塞塞住，而后打开木塞，此时从小孔向外流出的流体速度为 $v =$ _____▲_____。



18. 如图所示为7个圆环电阻丝构成的电阻网络，其中构成网络的每个圆都是粗丝均匀的材料相同的电阻丝，且单位长度的电阻为 λ ，已知最大的圆的直径为 D ，各连接点接触良好， AB 之间的圆弧为四分之一圆周，则 AB 两点间的等效电阻大小为_____▲_____。若该电阻网络为无限网络结构（每个大圆内接两个小圆），则 AB 两点间的等效电阻大小_____▲_____。



宁波市高二物理竞赛试题

时间：2.5 小时，满分 200 分

2014 年 12 月

题号	一	二	19	20	21	22	23	24	总分
得分									
评卷人									

试卷 II

一、选择题（本题共 10 小题，共 60 分。在每小题给出的四个选项中，至少有一个选项是符合题目要求的。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分）

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案										

二、填空题（本题共 8 小题，每空 6 分，共 60 分。请把正确的答案写在横线上）

11. _____。

12. _____。

13. _____。

14. _____。

15. (1) _____。(2) _____。

16. _____。

17. _____。

18. _____。

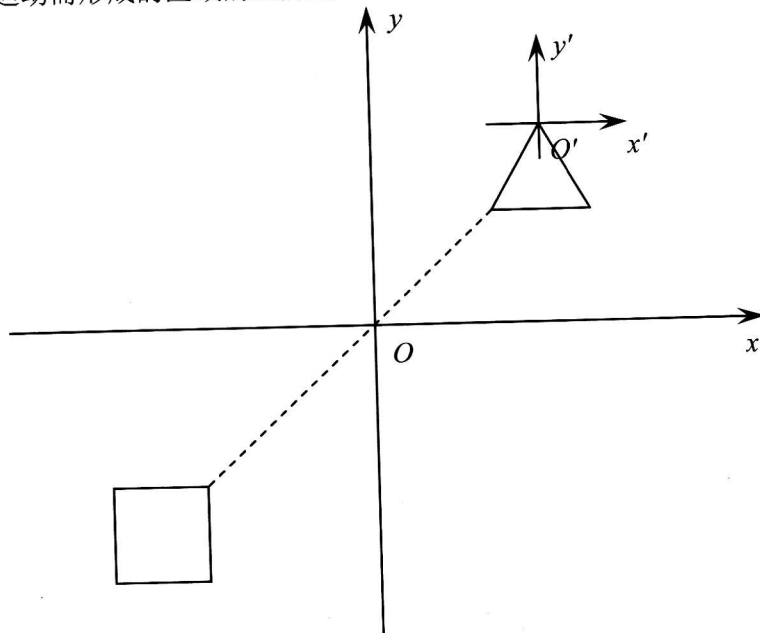
姓名

学校

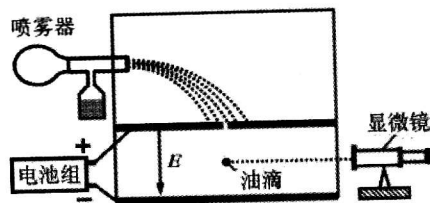
所在县(区)

三、计算解答题（本题共 6 小题，共 80 分。解答时请写出必要的说明、方程式和重要的演算步骤，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）

19. (8 分) 在 Oxy 坐标平面上有一个正三角形和一个正方形，正三角形的每条边长和正方形的每条边长相同，它们的方位如图所示。现在建立一个活动的 $O'x'y'$ 坐标平面，它的坐标原点开始时位于正三角形的上顶点，而后 O' 点沿着正三角形的三条边绕行一周，绕行时 x' 轴始终与 x 轴平行， y' 轴始终与 y 轴平行。试在图中清楚、准确地画出正方形相对 $O'x'y'$ 坐标运动而形成的区域的边界线。



20. (12 分) 物理学家密立根早在 1911 年就曾经依据下述著名的油滴实验，推断自然界存在元电荷，并推算出了元电荷的带电量。下面我们追溯这个实验过程，提出问题，请同学们自行推出结论。如图所示，水平放置的两平行正对绝缘金属极板间的距离为 d ，在上极板的中间开一小孔，使质量为 m 的微小带电油滴从这个小孔落到两极板中间，忽略空气浮力及金属板的厚度，当极板上没加电压时，经过一段时间，可观察到油滴以恒定的速率 v_1 在空气中缓慢降落。已知空气阻力大小与速度大小成正比（设比例系数为 k ）。



(1) 在极板上加电压 U 时（上极板为正），可测得油滴以恒定速率 v_2 缓慢上升，试求油滴所带电荷量 q （设重力加速度为 g ，电荷量用 d 、 U 、 k 、 v_1 、 v_2 等已知量表示）。

(2) 若在极板上不加电压，油滴在两极板间以恒定速率 v_1 下降一定竖直距离所需时间为 t_1 ，加了电压 U 后以恒定速率 v_2 上升同一竖直距离所需时间为 t_2 ，则油滴的电荷量

可表示为 $A\left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2}\right)$ ，试用已知量 d 、 g 、 U 、 t_1 及油滴质量 m 来表示 A 的表达式。

(3) 撤去电压，使所考查的油滴又降落，并在两极板间照射 X 射线以改变油滴的电荷量，再在极板上加电压 U 重复测定油滴的上升时间 t_2 ，发现 $\left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2}\right)$ 始终是 0.00535 s^{-1}

的整数倍，由此推论一定存在元电荷，试计算出元电荷的电荷量（取 2 位有效数字）。

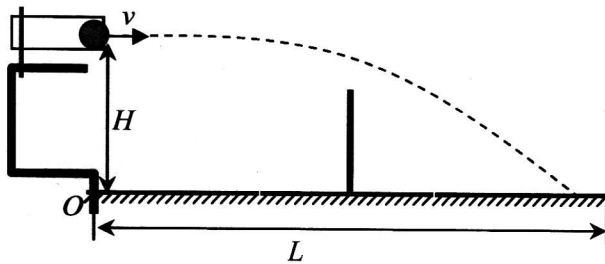
该实验中相关数据如下：

$$d = 2.0 \times 10^{-2} \text{m}, m = 3.2 \times 10^{-16} \text{kg}, t_1 = 11.9 \text{s}, U = 25 \text{V}, g = 9.8 \text{m/s}^2$$

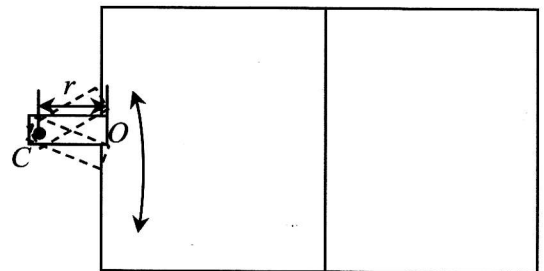
21. (12分) 图示为乒乓发球机的简化示意图，发球机的机头相当于一个长为 $r = 0.20 \text{m}$ 的空心圆柱，水平固定在球台边缘，可以绕 C 点左右摆动，从而改变球的落点。现讨论发球机发出的乒乓球的运动问题，设球台长 $L = 3.0 \text{m}$ 、网高 $h = 0.15 \text{m}$ ，不考虑乒乓球的旋转和空气阻力。取 $g = 10 \text{m/s}^2$ 。

(1) 发球机的机头水平固定在球台上方高 $H = 0.40 \text{m}$ 处，机头不摆动且位于正中位置（即出球点在 O 点正上方），当发球机发出的球能过网且落在台时，发球机出球的速度大小范围。

(2) 若发球机机头以角速度 $\omega = 5 \text{rad/s}$ 摆动，出球速度为 4m/s ，当机头转到正中位置（ O 点正上方）发出的球的落点位置？

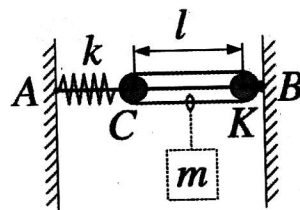


侧视



俯视

22. (15分) 如图所示, A 、 B 之间为一光滑的细杆, 细杆上有一条劲度系数为 k 的轻弹簧和两个大小可忽略的光滑的小滑轮, 轻弹簧的一端固定在 A 点, 另一端与可以沿细杆自由移动的滑轮 C 相连, 滑轮 K 固定在 B 点。现用一根不可伸长的闭合细绳把两滑轮连接起来, 此时两滑轮之间的间距为 l 、轻弹簧恰好处于原长。求当轻绳悬挂一质量为 m 的重物时, 轻弹簧的形变大小。



23. (15 分) 设地球是半径为 R 质量均匀分布的球体, 一天的时间为 T 。已知在万有引力作

用下的引力势能公式为 $E_p = -\frac{GMm}{r}$ (以相距无穷远为势能零点), 其中 G 为引力常量, M 为地球的质量, r 为卫星到地心的距离。

(1) 求同步卫星环绕地球的飞行速率 v ;

(2) 求从地球表面发射同步卫星的最小速度 v_0 。

24. (18 分) 离子推进器是太空飞行器常用的动力系统, 某种推进器设计的简化原理如图甲所示, 柱形腔分为两个工作区。I 为电离区, 将氙气电离获得 1 价正离子; II 为加速区, 长度为 L , 两端加有电压, 形成轴向的匀强电场。I 区产生的正离子以接近 0 的初速度进入 II 区, 被加速后以速度 v 从右侧喷出。

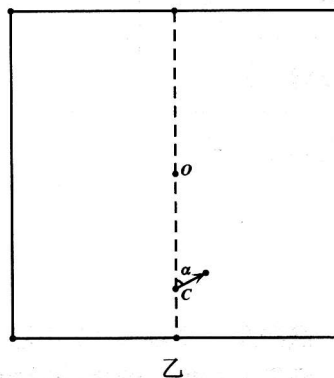
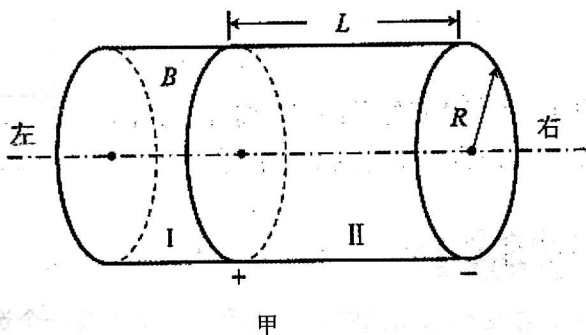
I 区内有轴向的匀强磁场, 磁感应强度大小为 B 。若离子推进器的截面为边长 $2b$ 的正方形, 如图乙所示, C 位于对称轴上, 与中心 O 的距离为 $7b/9$ 。在 C 点持续射出一定速度范围的电子, 假设射出的电子仅在垂直于轴线的截面上运动, 电子的初速度方向与中心 O 点和 C 点的连线成 α 角 ($0 < \alpha \leq 90^\circ$)。推进器工作时, 向 I 区注入稀薄的氙气。电

子使氙气电离的最小速度为 v_0 ，电子在 I 区内不与器壁相碰且能到达的区域越大，电离效果越好。已知离子质量为 M ；电子质量为 m ，电荷量为 e 。（电子碰到器壁即被吸收，不考虑电子间的碰撞）。

(1) 求 II 区的加速电压及离子的加速度大小；

(2) 为取得好的电离效果，请判断 I 区中的磁场方向（按图乙说明是“垂直纸面向里”或“垂直纸面向外”）；

(3) 要取得好的电离效果，求射出的电子最大速率 v_M 与 α 的关系。



密封线内不要答题

答在密封线内无效