

第 36 届全国中学生物理竞赛初赛试卷 (浙江省赛区)

考试形式：闭卷，允许带 无存储功能的计算器 入场

考试时间： 2019 年 8 月 31 日 上午 10:00~12:00

气体摩尔常量 $R=8.31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$

玻尔兹曼常量 $k=1.38\times 10^{-23} \text{ J/K}$

基本电荷 $e=1.6\times 10^{-19} \text{ C}$

电子质量 $m_e=9.1\times 10^{-31} \text{ kg}$

电子伏特 $1 \text{ eV}=1.6\times 10^{-19} \text{ J}$

真空中光速 $c=3\times 10^8 \text{ m/s}$

真空介电常量 $\epsilon_0=8.85\times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N}\cdot\text{m}^2)$

真空磁导率 $\mu_0=4\pi\times 10^{-7} \text{ N/A}^2$

普朗克常量 $h=6.63\times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

质子质量 $m_p=1.67\times 10^{-27} \text{ kg}$

万有引力常量 $G=6.67\times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$

【答题要求】所有答案必须涂在答题卡上，在试题卷上答题一律无效！

【试题说明】单选题每题 2 分：选对得 2 分，选错或不答的得 0 分。多选题每题 4 分：有的小题只有一项正确，有的小题有多项正确；全部选对得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。多选题在各试题首均有标注，未标出的则为单选题。

【试题一】基本概念题 (1~6 小题)

1. 在两个质点组成的系统中，若质点之间只有万有引力作用，且系统所受外力的矢量和为零，则此系统 ()。

- A. 动量和机械能守恒，但角动量是否守恒不能确定
- B. 动量守恒，但角动量和机械能是否守恒不能确定
- C. 动量和角动量守恒，但机械能是否守恒不能确定
- D. 机械能和角动量守恒，但动量是否守恒不能确定

2. 我国“嫦娥一号”探月卫星发射后，先在“24 小时轨道”上绕地球运行（即绕地球一圈需要 24 小时）；然后，经过两次变轨依次到达“48 小时轨道”和“72 小时轨道”；最后奔向月球。如果按圆形轨道计算，且忽略卫星质量的变化，则每次变轨完成后与变轨前相比，()。

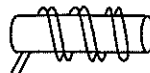
- A. 卫星动能增大，引力势能减小
- B. 卫星动能增大，引力势能增大
- C. 卫星动能减小，引力势能减小
- D. 卫星动能减小，引力势能增大

3. 上端固定在天花板上的长细线，其下端悬挂一装满水的瓶子（瓶的质量不可忽略），瓶底有一小孔，在摆动过程中，瓶内的水不断向外漏。如忽略空气阻力，则从开始漏水到水漏完为止的整个过程中，其摆动频率 ()。

- A. 越来越小
- B. 保持不变
- C. 先变大后变小
- D. 先变小后变大

4. 用电阻丝绕制标准电阻时，常在圆柱陶瓷上用如图所示的双线绕制方法绕制，其主要目的是 ()。

- A. 减少电阻的电容
- B. 增加电阻的阻值
- C. 制作无自感电阻
- D. 提高电阻的精度



5. 一平行板电容器始终与电源相连接，若用绝缘手柄将电容器两极板间距拉大，则极板上电量 Q 、电场强度大小 E 和电场能量 W 将发生如下变化：()。

- A. Q 增大、 E 增大、 W 增大
- B. Q 减小、 E 减小、 W 减小
- C. Q 减小、 E 减小、 W 增大
- D. Q 增大、 E 增大、 W 减小

准考证号

姓名

学校名称

区(市)县

线

封

密

密封线内不要答题

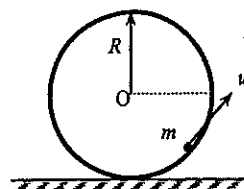
13. 小球的动能为 ().

- A. $\frac{mv_0^2}{2}$ B. $\frac{mv_0^2 R}{2L_0}$ C. $\frac{mv_0^2 R^2}{2L_0^2}$ D. $\frac{mv_0^2 L_0^2}{2R^2}$

14. 此时轻绳的未缠绕长度为 ().

- A. $L_0 - R$ B. $L_0 - 2\pi R$ C. $L_0 - \sqrt{18}\pi R$ D. $\frac{mv_0^2}{T_{\max}}$

【试题四】(15~16 小题) 如图所示, 在光滑的水平面上放置一质量均匀分布的薄壁圆环, 其质量为 M , 半径为 R . 有一质量为 m 的甲虫静止在圆环内壁的最低点, 突然开始相对圆环以匀速率 u 沿内壁爬行. 假设 $M=8m$, 试回答下列问题:



15. 甲虫在突然爬行瞬间, 圆环的角速度为 ().

- A. $\frac{u}{12R}$ B. $\frac{u}{10R}$ C. $\frac{u}{8R}$ D. $\frac{u}{R}$

16. 此时, 圆环质心的速度大小为 ().

- A. u B. $\frac{u}{8}$ C. $\frac{u}{10}$ D. $\frac{u}{12}$

【试题五】(本题为多选题, 17~21 小题)

质量 $m=1.0 \times 10^{-2} \text{ kg}$ 的小球与劲度系数为 k 的轻弹簧组成一个振动系统, 其振动位移表达式为 $x=0.1 \cos(8\pi t + \frac{2}{3}\pi)$ (SI), 其中 t 为时间. 试回答下列问题:

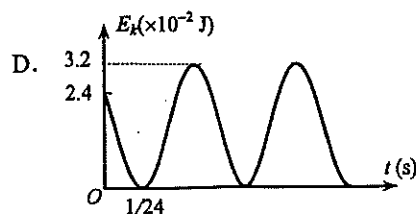
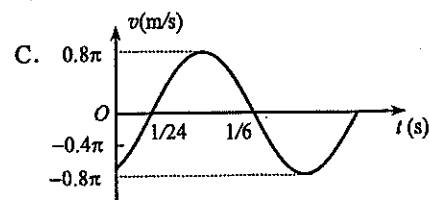
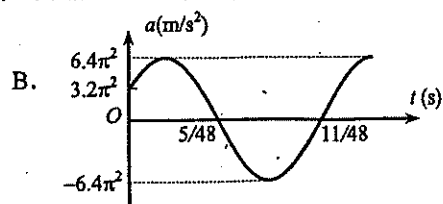
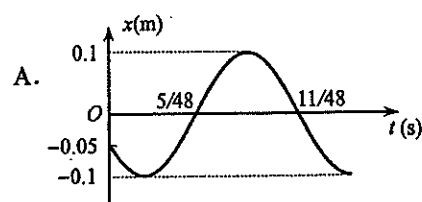
17. 在下列表示小球运动状态的物理量中 (T 为振动周期), 正确的有 ().

- A. $v_{\max}=2.5 \text{ m/s}$ B. $v_{t=T}=1.26 \text{ m/s}$ C. $a_{\max}=63.2 \text{ m/s}^2$ D. $a_{t=T}=31.6 \text{ m/s}^2$

18. 下列各 F 表示小球在不同时刻的受力大小, 正确的有 ().

- A. $F_{t=0}=0$ B. $F_{\max}=0.63 \text{ N}$ C. $F_{t=T}=0.32 \text{ N}$ D. $F_{t=T/2}=0.32 \text{ N}$

19. 在振动过程中, 相应物理量与时间的关系曲线如下图所示, 正确的有 ().



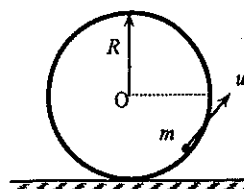
13. 小球的动能为 ().

- A. $\frac{mv_0^2}{2}$ B. $\frac{mv_0^2 R}{2L_0}$ C. $\frac{mv_0^2 R^2}{2L_0^2}$ D. $\frac{mv_0^2 L_0^2}{2R^2}$

14. 此时轻绳的未缠绕长度为 ().

- A. $L_0 - R$ B. $L_0 - 2\pi R$ C. $L_0 - \sqrt{18}\pi R$ D. $\frac{mv_0^2}{T_{\max}}$

【试题四】(15~16 小题) 如图所示, 在光滑的水平面上放置一质量均匀分布的薄壁圆环, 其质量为 M , 半径为 R . 有一质量为 m 的甲虫静止在圆环内壁的最低点, 突然开始相对圆环以匀速率 u 沿内壁爬行. 假设 $M=8m$, 试回答下列问题:



15. 甲虫在突然爬行瞬间, 圆环的角速度为 ().

- A. $\frac{u}{12R}$ B. $\frac{u}{10R}$ C. $\frac{u}{8R}$ D. $\frac{u}{R}$

16. 此时, 圆环质心的速度大小为 ().

- A. u B. $\frac{u}{8}$ C. $\frac{u}{10}$ D. $\frac{u}{12}$

【试题五】(本题为多选题, 17~21 小题)

质量 $m=1.0 \times 10^{-2}$ kg 的小球与劲度系数为 k 的轻弹簧组成一个振动系统, 其振动位移表达式为 $x = 0.1 \cos(8\pi t + \frac{2}{3}\pi)$ (SI), 其中 t 为时间. 试回答下列问题:

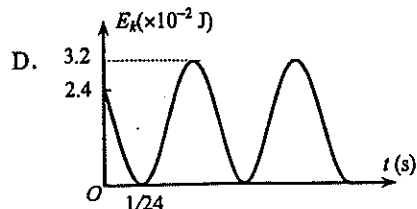
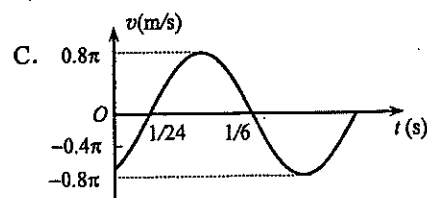
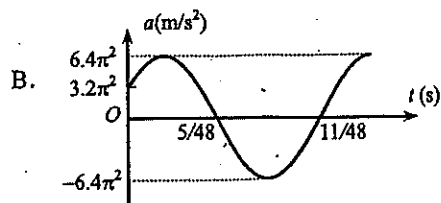
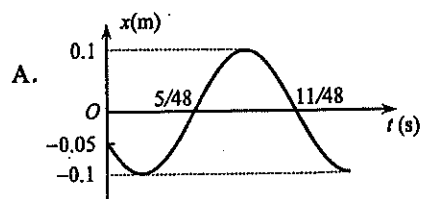
17. 在下列表示小球运动状态的物理量中 (T 为振动周期), 正确的有 ().

- A. $v_{\max} = 2.5$ m/s B. $v_{t=T} = 1.26$ m/s C. $a_{\max} = 63.2$ m/s² D. $a_{t=T} = 31.6$ m/s²

18. 下列各 F 表示小球在不同时刻的受力大小, 正确的有 ().

- A. $F_{t=0} = 0$ B. $F_{\max} = 0.63$ N C. $F_{t=T} = 0.32$ N D. $F_{t=T/2} = 0.32$ N

19. 在振动过程中, 相应物理量与时间的关系曲线如下图所示, 正确的有 ().



20. 在以下表示系统振动能量的表达式中, 正确的有 ().

- A. 平均势能为 $\bar{E}_p = 3.2 \times 10^{-2} \text{ J}$ B. 平均势能为 $\bar{E}_p = 0 \text{ J}$
 C. 平均动能为 $\bar{E}_k = 1.6 \times 10^{-2} \text{ J}$ D. 平均动能为 $\bar{E}_k = 0 \text{ J}$

21. 若将此轻弹簧截成同样长度的三段, 以下描述正确的有 ().

- A. 将其中的两段弹簧并联在一起, 再与原小球组成振动系统, 其频率为 $\frac{2}{3}\sqrt{6} \text{ Hz}$
 B. 将其中的两段弹簧并联在一起, 再与原小球组成振动系统, 其频率为 $4\sqrt{6} \text{ Hz}$
 C. 将三段弹簧并联在一起, 再与原小球组成振动系统, 其频率为 12 Hz
 D. 将三段弹簧并联在一起, 再与原小球组成振动系统, 其频率为 $\frac{4}{3} \text{ Hz}$.

【试题六】(22~24 小题) 有一相对于空气以 30 m/s 的速率向右运动的声源, 发出固有频率为 1000 Hz 的声波, 在其运动方向的正前方有一反射面, 相对于空气以 60 m/s 的速率向左运动. 设声波在空气中的传播速度为 330 m/s , 试回答下列问题:

22. 移动反射面接收到的声波频率为 ().

- A. 1300 Hz B. 1333 Hz C. 1430 Hz D. 1589 Hz

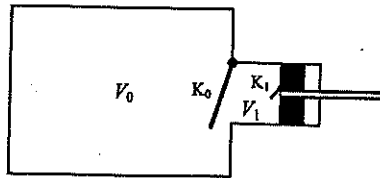
23. 从该反射面反射回来的声波波长是 ().

- A. 0.21 m B. 0.23 m C. 0.25 m D. 0.33 m

24. 在波源运动方向的正后方, 相对于空气静止的观察者接收到的声波拍频为 ().

- A. 383 Hz B. 513 Hz C. 589 Hz D. 672 Hz

【试题七】(25~29 小题) 如图所示, 一个容积为 $V_0 = 10.0 \text{ L}$ 的容器与 $V_1 = 1.0 \text{ L}$ 的气泵通过阀门 K_0 相连通. 当容器内气体压强大于气泵压强, K_0 关闭, 反之 K_0 开通. 气泵在其活塞盖上也通过另一阀门 K_1 与外界相连通, 随着气泵的气压变化 (活塞压缩或拉升), K_1 关闭或通气. 外界气压保持在 $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 标准状态下, 活塞最初处在气泵体积最大位置, 两个阀门都开通, 然后气泵缓慢地向容器充气. 假定所有器壁都是好的导热体, 充气过程可视为可逆准静态等温过程; 气泵完成一次充气过程是指: 活塞从气泵体积最大开始压缩, 把全部气体压入到容器内后, 再恢复到最初位置. 试回答下列问题:



25. 当气泵活塞完成了第一次充气过程时, 容器内的气体压强 p_1 为 ().

- A. $0.9 \times 10^6 \text{ Pa}$ B. $1.1 \times 10^6 \text{ Pa}$ C. $0.9 \times 10^5 \text{ Pa}$ D. $1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$

26. 当气泵活塞完成了第一次充气过程时, 外界对气体做功 W_1 为 ().

- A. $1.1 \times 10^2 \text{ J}$ B. $1.0 \times 10^2 \text{ J}$ C. $0.9 \times 10^2 \text{ J}$ D. $0.8 \times 10^2 \text{ J}$

27. 当气泵活塞完成了两次充气过程时, 外界对气体做功 W_2 为 ().

- A. $2.2 \times 10^2 \text{ J}$ B. $2.0 \times 10^2 \text{ J}$ C. $1.8 \times 10^2 \text{ J}$ D. $1.6 \times 10^2 \text{ J}$

28. 当气泵活塞完成了五十次充气过程时, 容器内气体压强 p_t 为 ().
 A. 6.0×10^6 Pa B. 6.0×10^5 Pa C. 6.6×10^6 Pa D. 6.6×10^5 Pa
29. 当气泵活塞完成了五十次充气过程时, 外界对气体做功 W_t 为 ().
 A. 0.9×10^4 J B. 1.0×10^4 J C. 1.1×10^4 J D. 1.2×10^4 J

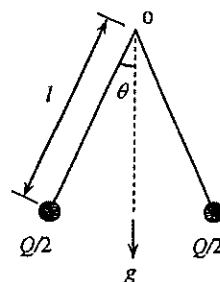
【试题八】(30~37 小题) 星系中的弥漫星云是新恒星产生的摇篮, 某些弥漫星云中及附近没有强的发光体, 称之为暗星云, 暗星云的典型线度约为数十光年(光在真空中一年行进的距离, 约为 9.46×10^{15} m). 假设可将某暗星云简化为一个直径 20 光年、密度和温度均匀的球体, 其密度大约为每立方厘米中有 50 个氢原子, 温度为 20K. 在该模型框架下, 试回答下列问题:

30. 氢原子的平均自由程为 ().
 A. 3.0×10^8 m B. 7.2×10^5 m C. 4.5×10^{11} m D. 8.9×10^{14} m
31. 氢原子的方均根速率为 ().
 A. 331m/s B. 703m/s C. 1150m/s D. 1509m/s
32. 氢原子两次碰撞之间的平均时间间隔为 ().
 A. 1.02×10^3 s B. 6.94×10^8 s C. 9.06×10^6 s D. 5.80×10^{11} s
33. 氢原子之间的碰撞, 对星云中氢分子 (H_2) 的形成是否有很重要的作用? ().
 A. 是 B. 否 C. 无法确定
34. 假设暗星云外部空间为真空, 试通过比较氢原子的方均根速率和星云表面的逃逸速度大小关系, 从而判定 ().
 A. 这个星云是稳定的 B. 这个星云会慢慢蒸发 C. 无法确定
35. 事实上, 一般星云外部空间并不是真空, 而是充满一种称为“星际介质”的物质, 其密度比暗星云更小, 用 N 、 T 和 p 分别表示它们各自的原子数、温度和压强, 暗星云与星际介质保持平衡的条件是 ().
 A. $\frac{V_{\text{星云}}}{T_{\text{星云}}} = \frac{V_{\text{介质}}}{T_{\text{介质}}}$ B. $\frac{p_{\text{星云}}}{p_{\text{介质}}} = \frac{T_{\text{介质}}}{T_{\text{星云}}}$ C. $\frac{(N/V)_{\text{星云}}}{(N/V)_{\text{介质}}} = \frac{T_{\text{介质}}}{T_{\text{星云}}}$ D. 无法确定
36. 在太阳系边界附近的星际空间可视为暗星云, 其外的星际介质密度约为每 200 立方厘米 1 个氢原子, 由此可得该星际介质的温度约为 ().
 A. 297K B. 6500K C. 2.0×10^4 K D. 2.0×10^5 K
37. 当宇宙飞船穿越太阳系边界附近的星际介质时, 是否存在会被烧毁的危险? ().
 A. 会 B. 不会 C. 不能确定

【试题九】电磁学基础题（38~43小题）

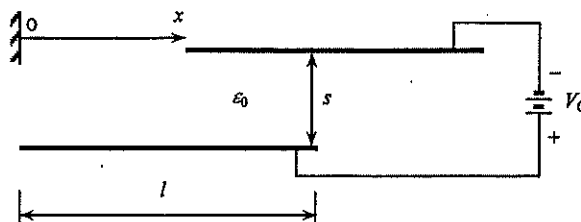
38. 验电器可用于测量小球所带电荷. 如图所示, 两个质量为 M 、所带电荷均为 $Q/2$ 的带电小球, 用两根长为 l 的轻质绝缘绳悬挂在同一点 O , 由于同种电荷的排斥作用, 其悬挂线与垂直线成夹角 θ , 则有 ().

- A. $\tan \theta \sin^2 \theta = \frac{kQ^2}{16l^2 Mg}$ B. $\tan \theta \sin^2 \theta = \frac{kQ^2}{16l Mg}$
 C. $\tan \theta \sin^2 \theta = \frac{kQ^2}{4l^2 Mg}$ D. $\tan \theta = \frac{kQ^2}{16l^2 Mg}$



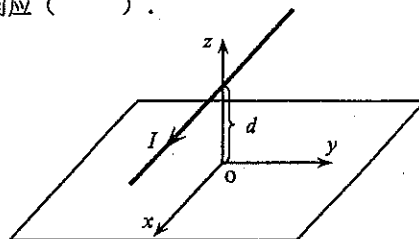
39. 如图所示, 一长为 l 、宽为 d 的平行板电容器, 接在电压为 V_0 的电源上, 极板之间距离为 s . 将下极板固定, 其上极板可沿水平 x 轴方向滑动, 它所受电场力的 x 方向分量为 ().

- A. $\frac{\epsilon_0 V_0^2 d}{s}$ B. $-\frac{\epsilon_0 V_0^2 d}{s}$ C. $\frac{\epsilon_0 V_0^2 d}{2s}$ D. $-\frac{\epsilon_0 V_0^2 d}{2s}$



40. 如图所示, 在位于 x - y 平面的超导平板上方 d 处有一根无限长导线 (沿 x 轴方向). 已知超导体内部磁场为零 (Meissner 效应), 超导板表面磁场的法向分量也为零. 当导线中通以电流 I 时, 则在超导板内总的感应电流也为 I , 其方向应 ().

- A. 沿 x 轴正方向 B. 沿 x 轴负方向
 C. 沿 y 轴正方向 D. 沿 y 轴负方向

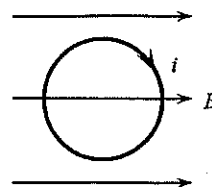


41. 假设一平行板电容器 C 和一电感 L 串联而成的 LC 电路共振频率为 f_0 , 将电容器的两极板之间距离增大到原来的两倍, 那么新 LC 电路的共振频率为 ().

- A. $2f_0$ B. $\sqrt{2}f_0$ C. $f_0/\sqrt{2}$ D. $f_0/2$

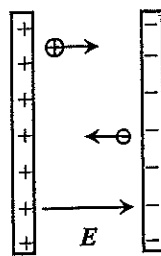
42. 如图所示, 将一通有顺时针方向电流 i 的圆形线圈置于均匀的磁场 \vec{B} 中, \vec{B} 的方向沿着纸面向右, 则线圈所受到的力矩方向 ().

- A. 垂直纸面向里 B. 垂直纸面向外
 C. 沿着纸面向上 D. 沿着纸面向下



43. 如图所示, 平行板电容器两极板之间距离为10.0 cm, 极板间电场 E 均匀分布, 一个 Na^+ 离子和一个 Cl^- 离子分别从其正极板和负极板同时释放, 忽略两离子之间相互作用, 已知它们的质量之比为23/35. 则它们在离正极板多远处交叉通过? ().

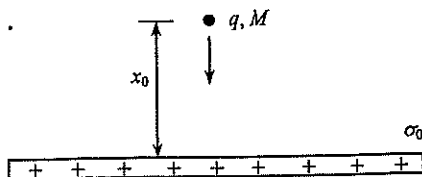
- A. 2.06 cm B. 3.97 cm
C. 6.03 cm D. 无法确定



【试题十】(44~46小题) 如图所示, 一无穷大均匀带电的绝缘薄平板, 所带电荷面密度为 σ_0 , 在其上方 x_0 处, 一质量为 M 、带有电荷 q 的点电荷由静止开始释放. 试回答下列问题:

44. 点电荷的位置随时间的变化函数是 ().

- A. $x = x_0 - \frac{1}{2}gt^2$
B. $x = x_0 - \frac{1}{2}\left(g - \frac{\sigma_0 q}{2\varepsilon_0 M}\right)t^2$
C. $x = x_0 - \frac{1}{2}\left(g - \frac{\sigma_0 q}{\varepsilon_0 M}\right)t^2$
D. $x = x_0 - \frac{1}{2}\frac{\sigma_0 q}{\varepsilon_0 M}t^2$



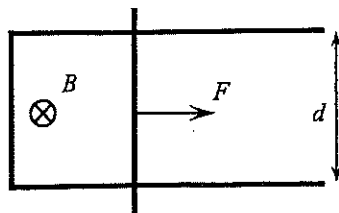
45. σ_0 满足下列何种关系时, 点电荷能保持静止? ().

- A. $\sigma_0 = \frac{\varepsilon_0 Mg}{q}$ B. $\sigma_0 = \frac{\varepsilon_0 Mg}{2q}$ C. $\sigma_0 = \frac{2\varepsilon_0 Mg}{q}$ D. $\sigma_0 = \frac{\varepsilon_0 Mg}{3q}$

46. 如果 σ_0 不够大时, 点电荷将于何时、以多大速率撞击无穷大平板? ().

- A. $t = \sqrt{\frac{2x_0}{\left(g - \frac{\sigma_0 q}{\varepsilon_0 M}\right)}}, v = \sqrt{2\left(g - \frac{\sigma_0 q}{\varepsilon_0 M}\right)x_0}$
B. $t = \sqrt{\frac{2x_0}{g}}, v = \sqrt{2gx_0}$
C. $t = \sqrt{\frac{2x_0}{\left(g - \frac{\sigma_0 q}{2\varepsilon_0 M}\right)}}, v = \sqrt{2\left(g - \frac{\sigma_0 q}{2\varepsilon_0 M}\right)x_0}$
D. $t = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 Mx_0}{\sigma_0 q}}, v = \sqrt{\frac{2\sigma_0 qx_0}{\varepsilon_0 M}}$

【试题十一】(47~49小题) 如图所示, 将两根相距 d 、由超导线制成的导轨置于垂直纸面向里的磁场 \vec{B} 中. 现有一导体棒在恒力 \vec{F} 的作用下由静止开始向右滑行, 和导轨之间的摩擦力与其运动速度成正比, 其比例系数为 α , 导体棒在导轨间部分的电阻为 R , 试回答下列问题:



47. 导体棒中感应电流方向为 ().

- A. 顺时针方向 B. 逆时针方向
C. 沿纸面向下 D. 无法判断

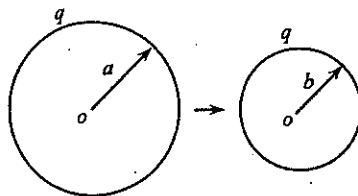
48. 导体棒内感应电流 I 随时间的变化函数为 ().

- A. $I = \frac{F}{\frac{\alpha R}{Bd} + Bd} [1 - e^{-\frac{(\alpha + \frac{B^2 d^2}{mR})t}}]$ B. $I = \frac{BdF}{\alpha R} [1 - e^{-\frac{\alpha t}{m}}]$
C. $I = \frac{F}{\alpha + \frac{B^2 d^2}{R}} [1 - e^{-\frac{(\alpha + \frac{B^2 d^2}{mR})t}}]$ D. $I = \frac{F}{\alpha} [1 - e^{-\frac{\alpha t}{m}}]$

49. 导体棒的最终速度为 ().

- A. $v = \frac{F}{\alpha}$ B. $v = \frac{F}{\alpha + \frac{B^2 d^2}{R}}$
C. $v = \frac{RF}{B^2 d^2}$ D. $v = \frac{F}{\alpha - \frac{B^2 d^2}{R}}$

【试题十二】(50~51小题) 如图所示, 表面均匀带有电荷 q 的气球, 由于漏气, 其半径由 a 缓慢减小至 b , 在此过程中, 所带电荷不变. 试回答下列问题:



50. 储存的电场能量增加了 ().

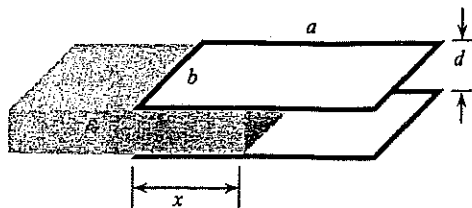
- A. $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} (\frac{1}{b} - \frac{1}{a})$ B. $\frac{q^2}{8\pi\epsilon_0} (\frac{1}{b} - \frac{1}{a})$
C. $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} (\frac{1}{a} - \frac{1}{b})$ D. $\frac{q^2}{8\pi\epsilon_0} (\frac{1}{a} - \frac{1}{b})$

51. 气球内气体的压强 ().

- A. 始终与大气压强相同 B. 变大了 $\frac{q^2}{32\pi^2\epsilon_0} (\frac{1}{b^4} - \frac{1}{a^4})$
C. 变小了 $\frac{q^2}{32\pi^2\epsilon_0} (\frac{1}{b^4} - \frac{1}{a^4})$ D. 无法确定

【试题十三】(52~56 小题) 电容式传感器可将被测物理量转换成电容 C 的变化。它结构简单、灵敏度高、可非接触式测量,能在高温、辐射和强烈振动等恶劣条件下工作,广泛应用于压力、液位、振动、加速度、成分含量等物理量的测量。根据被测物理量的不同,电容式传感器可分为变间距型、变面积型和变介电常量型三种。

如图所示是一种变介电常量型电容式传感器的简化模型,两平行极板固定不动,极板间距为 d ,极板的长度和宽度分别为 a 和 b ;可以用相对介电常数为 ϵ_r 、厚度也为 d 的电介质板以不同深度插入电容器中进行相关物理量测量。将两极板接到电压为 V_0 的电源上,充电后断开电源,再插入电介质,当其插入深度为 x 时,忽略边缘效应,试回答下列问题:



52. 传感器的电容为 ()。

- A. $\epsilon_0 \frac{ba}{d}$ B. $\epsilon_0 \epsilon_r \frac{ba}{d}$ C. $\epsilon_0 \frac{b[(a-x) + \epsilon_r x]}{d}$ D. $\epsilon_0 \frac{\epsilon_r b(a-x)x}{d[(a-x) + \epsilon_r x]}$

53. 电介质板受到电场力的大小为 ()。

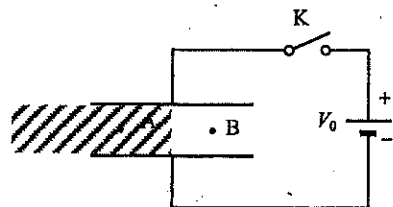
- A. $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)ba^2V_0^2}{2d[(\epsilon_r - 1)x + a]^2}$ B. $\frac{\epsilon_0\epsilon_r^2(\epsilon_r - 1)ba^2V_0^2}{2d[(\epsilon_r - 1)x + a]^2}$
 C. $\frac{\epsilon_0b[(a-x) + \epsilon_r x]V_0^2}{2d^2}$ D. $\frac{\epsilon_0\epsilon_r b[(a-x) + \epsilon_r x]V_0^2}{2d^2}$

54. 若电介质板全部插入电容器后,再用外力将其缓慢地从电容器中拉出。则在拉出的过程中,外力所做的功为 ()。

- A. $\frac{\epsilon_0\epsilon_r^2(\epsilon_r - 1)ba^3V_0^2}{2d[(\epsilon_r - 1)x + a]^2}$ B. $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)ba^3V_0^2}{2d[(\epsilon_r - 1)x + a]^2}$
 C. $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)abV_0^2}{2d}$ D. $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)abV_0^2}{2\epsilon_r d}$

55. 若电介质板插入之前, A、B 两点处的电场强度均为 E_0 。当电介质板插入一半时, A、B 两点处的电场强度分别为 ()。

- A. $E_A = \frac{E_0}{\epsilon_r}, E_B = E_0$
 B. $E_A = \frac{2E_0}{1 + \epsilon_r}, E_B = \frac{2E_0}{1 + \epsilon_r}$
 C. $E_A = \frac{E_0}{1 + \epsilon_r}, E_B = \frac{E_0}{1 + \epsilon_r}$
 D. $E_A = E_0, E_B = \epsilon_r E_0$

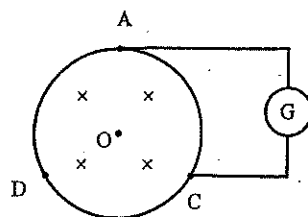


56. 当电介质板插入一半时,其表面极化电荷面密度 σ' 的大小为 ()。

- A. $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)E_0}{\epsilon_r}$ B. $\frac{2\epsilon_0(\epsilon_r - 1)E_0}{1 + \epsilon_r}$
 C. $\frac{\epsilon_0(\epsilon_r - 1)E_0}{1 + \epsilon_r}$ D. $\epsilon_0(\epsilon_r - 1)E_0$

【试题十四】(本题为多选题, 57~61 小题)

如图所示, 一均质细导线圆环, 总电阻为 R 、半径为 a , 圆环内加有方向垂直于环面向里的匀强磁场, 磁场以匀变化率 ($dB/dt = k$) 随时间增大, 环上有对称分布的 A、D、C 三点, 电流计 G 连接在 A、C 两点. 若电流计的内阻为 R_G , 试回答下列问题:



57. 关于感应电场的方向, 下列描述正确的有 ().
- 圆环上 A 点感应电场的方向为圆环的逆时针切向
 - 圆环上 A 点感应电场的方向为圆环的顺时针切向
 - 圆环上 D 点感应电场的方向为圆环的逆时针切向
 - 圆环上 C 点感应电场的方向为圆环的顺时针切向
58. 关于感应电场的大小, 下列描述正确的有 ().
- 圆环上 A 点感应电场的大小为 ka
 - 圆心 O 点感应电场的大小为 0
 - 圆环上 C 点感应电场的大小为 $\frac{\pi ka}{2}$
 - 圆环上 D 点感应电场的大小为 $\frac{ka}{2}$
59. 关于感应电动势的大小, 下列描述正确的有 ().
- 整个圆环感应电动势的大小为 πka^2
 - 圆环上 AC 段导线中感应电动势的大小为 $\frac{\pi ka^2}{3}$
 - 圆环上 CD 段导线中感应电动势的大小为 $\frac{ka^2}{3}$
 - 圆环上 AD 段导线中感应电动势的大小为 $\frac{ka^2}{3\pi}$
60. 关于感应电流的大小, 下列描述正确的有 ().
- 通过电流计的感应电流为 $I_G = \frac{6\pi ka^2}{(9R_G + 2R)}$
 - 圆环上 AC 段导线中的感应电流为 $I_2 = \frac{(2R - 9R_G)\pi ka^2}{(9R_G + 2R)R}$
 - 通过电流计的感应电流为 $I_G = \frac{3\pi ka^2}{(9R_G + 2R)}$
 - 圆环上 ADC 段导线中的感应电流为 $I_1 = \frac{3\pi ka^2(R + 3R_G)}{(9R_G + 2R)R}$
61. 关于电势差的大小, 下列描述正确的有 ().
- AC 两点之间的电势差为 $\frac{2\pi a^2 k R}{3(9R_G + 2R)}$
 - AD 两点之间的电势差为 $\frac{\pi a^2 k R - 3\pi a^2 k R_G}{3(R_G + R)}$
 - CD 两点之间的电势差为 $\frac{2\pi a^2 k R - 18\pi a^2 k R_G}{3(9R_G + 2R)}$
 - AC 两点之间的电势差为 $\frac{6\pi a^2 k R_G}{(9R_G + 2R)}$

【试题十五】(62~63小题) 按照波尔模型, 氢原子中电子绕质子作圆周运动, 其角动量是量子化的: $L = mvr = n\hbar$ ($\hbar = h/2\pi$, n 为正整数). 试回答下列问题:

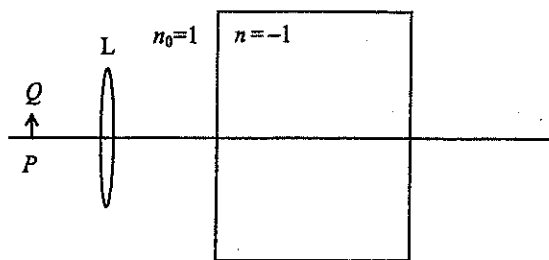
62. 电子绕质子做圆周运动的第一激发态 ($n=2$) 半径为 ().

- A. 5.29×10^{-10} m B. 2.12×10^{-10} m C. 5.29×10^{-11} m D. 2.12 nm

63. 如果将此原子置于磁场 B 中, 且 B 垂直于电子轨道所在的平面, 此时电子圆周运动的半径几乎不变, 但运动频率会发生变化, 称为Zeeman效应 (于1896年发现). 在一级近似下, 其频率变化为 ().

- A. $\pm \frac{eB}{4m}$ B. $\pm \frac{eB}{2m}$ C. $\frac{eB}{4m}$ D. $\frac{eB}{2m}$

【试题十六】(64~68小题) 负折射率材料是指一种介电常量 ϵ 和磁导率 μ 同为负值的材料, 具有负群速度、负折射效应、理想成像等一系列异常的性质. 这种被称为负折射率材料的人工复合材料在固体物理、材料科学、光学和应用电磁学领域内开始获得愈来愈广泛的应用. 当电磁波在该类材料中传播时, 其电场、磁场和波矢三者满足左手系, 故这种材料又被命名为“左手征材料”. 若光在正折射率和负折射率两种介质之间传播时, 其折射仍满足斯涅耳定律 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$. 由于此时两种介质的折射率符号相反, 因此与通常的折射现象不同, 折射光线与入射光线会居于法线的同侧. 下图中的平板由负折射率材料制成, 其折射率 $n = -1$, 厚度 $l = 30$ cm. 在平板左侧 20 cm 处放置一普通凸透镜 L , 其焦距为 6 cm. 在 L 左侧 15 cm 处有一傍轴小物体 PQ , 为求出其最终成像位置, 可分为以下三次成像过程来得到:



64. 第一次成像的位置在透镜 L 右侧何处? ().

- A. 20cm B. 15cm C. 10cm D. 5cm

65. 第一次成像的横向放大率(含正倒立像)为 ().

- A. 1 B. -1 C. 2/3 D. -2/3

66. 第二次成像的位置在透镜 L 右侧何处? ().

- A. 50cm B. 30cm C. 20cm D. 10cm

67. 第二次成像的横向放大率(含正倒立像)为 ().

- A. 1 B. -1 C. 2 D. -1/2

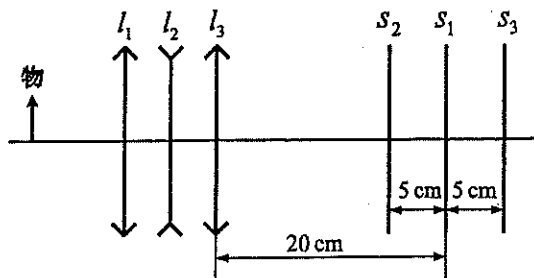
68. 第三次成像的位置在透镜 L 右侧何处? ().

- A. 70cm B. 50cm C. 30cm D. 10cm

69. 第三次成像的横向放大率(含正倒立像)为 ().

- A. 1 B. -1 C. 2 D. -1/2

【试题十七】(70~71 小题) 如图所示, l_1 、 l_2 和 l_3 分别为凸透镜、凹透镜和凸透镜, 透镜组左侧放一小物体, 移动屏幕到 l_3 后 20cm 的 S_1 处接收到像。现将凸透镜 l_3 撤去, 将屏幕后移至距 S_1 为 5cm 的 S_3 处, 重新接收到像; 继续将凹透镜 l_2 也撤去, 在距 S_1 前方 5cm 的 S_2 处, 又重新接收到像。试计算 l_2 和 l_3 的焦距。



70. 通过计算可得到 l_2 的焦距为 ().
- A. -15cm B. -20cm C. -25.5cm D. -37.5cm
71. l_3 的焦距为 ().
- A. 200cm B. 150cm C. 100cm D. 25cm

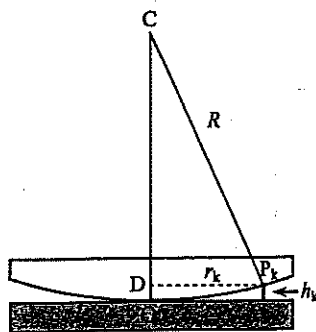
【试题十八】(72~76 小题) 如图所示, 可利用牛顿环干涉法测量平凸透镜曲率半径 R . 试回答以下问题:

72. 在实验中应采用哪种光源比较适合? ().

- A. 红光 LED B. 汞灯
C. 钠黄灯 D. 卤钨灯

73. 在实验中, 可以观察到以下哪种现象? ().

- A. 中央亮斑, 条纹离中心距离越远, 条纹间距越密
B. 中央亮斑, 条纹离中心距离越远, 条纹间距越疏
C. 中央暗斑, 条纹离中心距离越远, 条纹间距越疏
D. 中央暗斑, 条纹离中心距离越远, 条纹间距越密



74. 实验中测得牛顿环干涉条纹的第 n 级和第 $n+10$ 级的直径分别为 0.678 mm 和 1.678 mm, 若所用光源波长为 589.0 nm, 则透镜的曲率半径为 ().

- A. 5 cm B. 10 cm C. 20 cm D. 40 cm

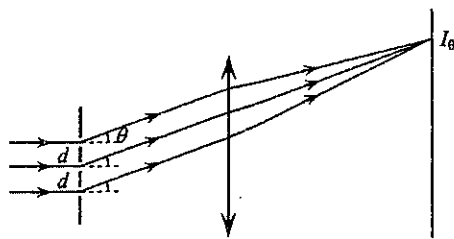
75. 干涉条纹第 n 级和第 $n+10$ 级所对应的平板与透镜间高度差, 最接近 ().

- A. 1472.5 nm B. 2945 nm C. 5890 nm D. 11780 nm

76. 假设实验中在玻璃平板和透镜之间充满水, 干涉条纹 ().

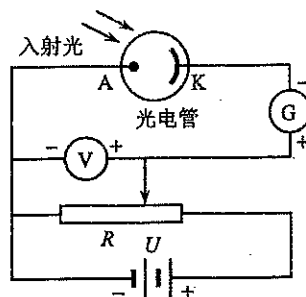
- A. 疏密不变 B. 变疏 C. 变密 D. 变化不确定

【试题十九】(77~79 小题) 如图所示为某三缝干涉装置, 各缝之间距离均为 d . 若每条缝的入射光强度为 I_0 , 在不考虑单缝衍射影响的条件下, 试回答以下问题:



77. 屏幕上每条亮条纹的光强是 ().
 A. $3I_0$ B. $4I_0$
 C. $6I_0$ D. $9I_0$
78. 屏上暗条纹对应的 $\sin \theta$ 最小值是多少? ($\sin \theta \geq 0$) ().
 A. $\frac{2\lambda}{3d}$ B. $\frac{\lambda}{3d}$ C. $\frac{\lambda}{2d}$ D. $\frac{\lambda}{d}$
79. 两个亮条纹之间有几个暗条纹? ().
 A. 4 B. 3 C. 2 D. 1

【试题二十】(80~84 小题) 如图所示, 在光电效应实验中, 采用汞灯作为入射光源, 其谱线分别为 365.0 nm , 404.7 nm , 491.6 nm , 546.1 nm , 577.0 nm , 通过对应的滤光片可以选取以上谱线中的其中一条用于实验; 光电管阴极材料采用铯-铷合金, 其逸出功为 1.908 eV ; 光电管 A 端是阳极, K 端是阴极, 光电管内部抽成真空; 在阳极和阴极之间施加可调电压. 试回答以下问题:



80. 对于上述光电管阴极材料, 采用光源的最长波长不能大于下列哪个值, 才能激发出光电子? ().
 A. 600 nm B. 650 nm
 C. 680 nm D. 720 nm
81. 实验中, 如果用滤光片选取汞灯中波长 365.0 nm 的光入射到光电管阴极, 阴极端逸出电子的动能最接近以下哪个值? ().
 A. 1.489 eV B. 1.723 eV C. 2.045 eV D. 0.789 eV
82. 实验中, 如果用滤光片选取汞灯中波长 546.1 nm 的光入射到光电管阴极, 为了使得逸出的电子抵达不了阳极 A 端, 光电管阴极和阳极之间所加电压应该最接近以下哪个值? ().
 A. 1.262 V B. 0.363 V C. 0.567 V D. 0.853 V
83. 实验中, 如果用滤光片选取汞灯中波长 404.7 nm 的光入射到光电管阴极, 已知入射光功率为 $P = 1 \times 10^{-12} \text{ W}$, 假设效率为 100% , 即每个入射光子都能逸出一个光电子, 并被阳极收集, 计算得到的光电流最接近以下哪个值? ().
 A. $7.86 \times 10^{-13} \text{ A}$ B. $7.86 \times 10^{-12} \text{ A}$ C. $3.26 \times 10^{-12} \text{ A}$ D. $3.26 \times 10^{-13} \text{ A}$
84. 实验中, 如果用滤光片选取汞灯中波长 491.6 nm 的光入射到光电管阴极, 为使得逸出电子抵达不了阳极端, 实验测得所加电压为 0.605 V , 以此测量普朗克常数, 计算得到的普朗克常数 h 值最接近以下哪个值? ().
 A. $6.495 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ B. $6.512 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
 C. $6.589 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ D. $6.656 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

【试题二十一】(85~87 小题) 如图所示, 示波器是一种常用的测量仪器, 可以通过它观察电压信号的波形, 或测量电压信号的幅度、周期、频率和相位等参数. 若配合传感器, 一切可以转换为电压信号的物理量都可以用示波器来观察和测量. 而采用双踪示波器则可以观察比较两个信号的差异; 若示波器工作在“X-Y”状态时, 就可以观察李萨如图形, 及测量未知信号的频率.

85. 关于示波器, 下列说法中哪个是正确的? ().

- A. 示波器工作在“A”状态时, 在 X 轴上偏转板上需要一个扫描电压信号, 该信号必须是一个周期性的锯齿波
- B. 示波器工作在“A”状态时, 只有当输入信号频率 f_y 与扫描频率 f_x 成整数倍时, 示波器才能呈现出一个稳定的输入信号波形
- C. 当用示波器来观察一个正弦波电压信号时, 当正弦波的周期 T_y 大于扫描周期 T_x 时, 会发现示波器中的正弦波形向左移动
- D. 当示波器中呈现出一条缓慢向右移动的竖直亮线时, 说明示波器中没有扫描信号或扫描信号电压过低

86. 在用示波器测量二极管的导通电压实验中, 测量电路如图 1 所示. 某同学用峰值为 3V 的正弦波作为输入信号, 将二极管的两端接入示波器 CH1, 观察二极管的输出波形, 调节示波器至一个稳定的波形, 请问下列 A、B、C、D 四个波形图 (图 2) 中, 哪个波形图是示波器最有可能呈现的? ().

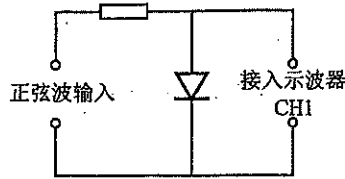


图 1 二极管导通电压测量

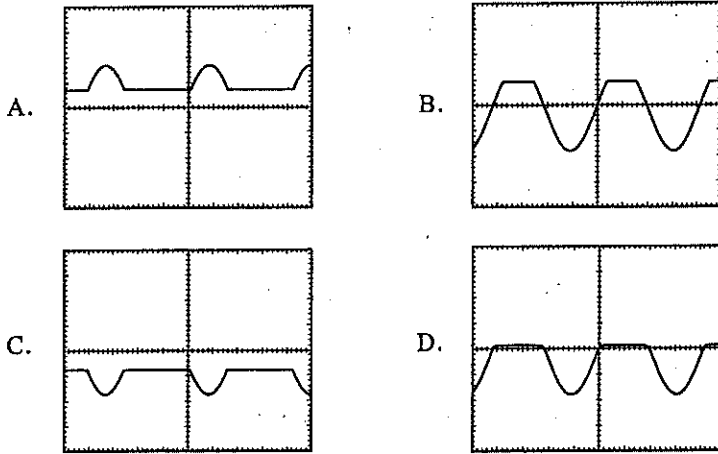


图 2

87. 利用双踪示波器观察和测量 RC 电路的相位差改变时, 测量电路图如图 3 所示, 正弦波输入串联的 RC 两端, 并用示波器的第 1 信道 [CH1 (X)] 测量输入信号, 用示波器第 2 信道 [CH2 (Y)] 测量电容器上的电压信号. 此时在示波器屏上观察的双踪波形如图 4 所示.

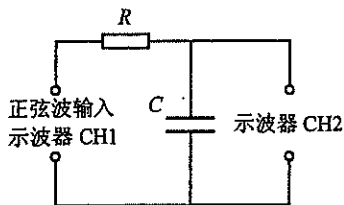


图 3 测量电路图

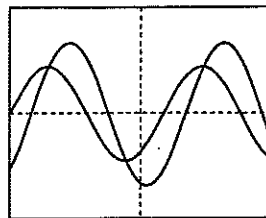


图 4 双踪波形图

若此时不再改变示波器的输入灵敏度，并将示波器从扫描状态（A状态）切换到X-Y状态来观察李萨如图形，请判断下列A、B、C、D四个典型李萨如图形（图5），哪一个李萨如图形是示波器最有可能呈现的？（ ）。

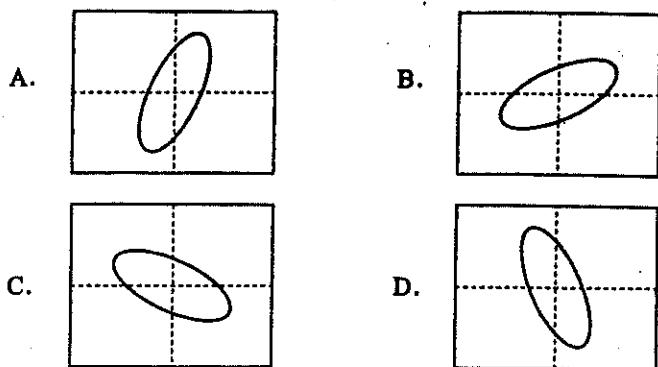


图5 四种典型的李萨如图形

【试题二十二】（88~90小题）在水平面上用弹簧测力计拉木块作直线运动，每次所用的恒定拉力大小、木块加速度大小的数据，记录于下表中。

拉力 F (N)	3.05	3.45	4.05	4.45	5.05
加速度 a (m/s^2)	0.095	0.205	0.295	0.405	0.495

88. 木块的质量为（ ）。
- A. 3 kg B. 5 kg C. 10 kg D. 20 kg
89. 木块与水平面间的摩擦力为（ ）。
- A. 25.0 N B. 4.9 N C. 4.4 N D. 2.5 N
90. 木块与水平面间的摩擦因数为（ ）。
- A. 0.05 B. 0.07 C. 0.09 D. 0.5