2016 年上海

1. 卢瑟福通过对 α 粒子散射实验结果的分析，提出了原子内部存在（D）

A. 电子　　B. 中子　　C. 质子　　D. 原子核

> 卢瑟福由 α 粒子散射实验提出了原子的核式结构模型，故 D 正确。

2. 一束单色光由空气进入水中，则该光在空气和水中传播时（D）

A. 速度相同，波长相同　　B. 速度不同，波长相同

C. 速度相同，频率相同　　D. 速度不同，频率相同

> 频率是光的特性，一束单色光由空气进入水中，频率不变，由 $v=\frac{c}{n}$ 知波速减小，由 $\lambda=\frac{v}{f}$ 知波长变短，故 A、B、C 错误，D 正确。

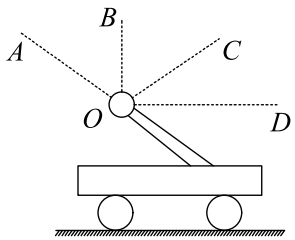
3. 各种不同频率范围的电磁波按频率由大到小的排列顺序是（A）

A. γ 射线、紫外线、可见光、红外线　　B. γ 射线、红外线、紫外线、可见光

C. 紫外线、可见光、红外线、γ 射线　　D. 红外线、可见光、紫外线、γ 射线

> 电磁波谱中，按频率由高到低依次为 γ 射线、紫外线、可见光、红外线，故 A 正确。

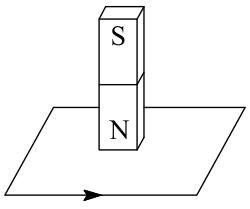
4. 如图，顶端固定着小球的直杆固定在小车上，当小车向右做匀加速运动时，球所受合外力的方向沿图中的（D）



A. OA 方向　　B. OB 方向　　C. OC 方向　　D. OD 方向

> 由牛顿第二定律，加速度的方向一定沿合外力的方向，所以合外力的方向一定沿 OD 方向，故 D 正确。

5. 磁铁在线圈中心上方开始运动时，线圈中产生如图方向的感应电流，则磁铁（B）



A. 向上运动　　B. 向下运动　　C. 向左运动　　D. 向右运动

> 由安培定则可知感应电流的磁场方向为竖直向上，故原磁场方向竖直向下，由楞次定律知，原磁场在增强，故磁铁向下运动，故 B 正确。

6. 放射性元素 A 经过 2 次 α 衰变和 1 次 β 衰变后生成一新元素 B，则元素 B 在元素周期表中的位置较元素 A 的位置向前移动了 (C)

A. 1 位　　B. 2 位　　C. 3 位　　D. 4 位

> A 元素经过两次 α 衰变，质子数减少 4，1 次 β 衰变，质子数增加 1，故 B 元素在元素周期表中的位置较 A 元素向前移动了 3 位，故 C 正确。

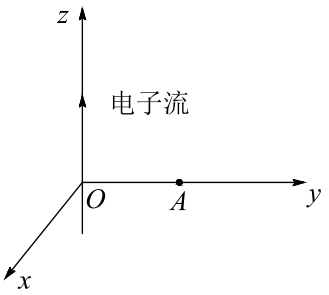
7. 在 2016 年上海的某活动中引入了全国首个户外风洞飞行体验装置，体验者在风力作用下漂浮在半空。若减小风力，体验者在加速下落过程中 (B)

A. 失重且机械能增加　　B. 失重且机械能减少

C. 超重且机械能增加　　D. 超重且机械能减少

> 当风力减小时，体验者加速下降，有向下的加速度，处于失重状态，风力做负功，体验者机械能减小，故 B 正确。

8. 如图，一束电子沿 z 轴正向流动，则在图中 y 轴上 A 点的磁场方向是 (A)



A. $+x$ 方向　　B. $-x$ 方向　　C. $+y$ 方向　　D. $-y$ 方向

> 电子向 z 轴正向流动时，电流方向为 z 轴负向，由安培定则，A 点的磁场方向为 $+x$ 方向，故 A 正确。

9. 在双缝干涉实验中，屏上出现了明暗相间的条纹，则 (D)

A. 中间条纹间距较两侧更宽

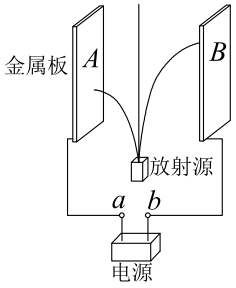
B. 不同色光形成的条纹完全重合

C. 双缝间距离越大条纹间距离也越大

D. 遮住一条缝后屏上仍有明暗相间的条纹

> 双缝干涉实验中条纹间距相等，故 A 错误；由 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$，不同色光波长不同，条纹间距不同，故不同色光形成的条纹不重合，故 B 错误；由 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$，双缝间距 d 越小条纹间距越大，故 C 错误；遮住一条缝后，双缝干涉条纹变为单缝衍射条纹，故 D 正确。

10. 研究放射性元素射线性质的实验装置如图所示。两块平行放置的金属板 A、B 分别与电源的两极 a、b 连接，放射源发出的射线从其上方小孔向外射出。则 (B)



A. a 为电源正极，到达 A 板的为 α 射线　B. a 为电源正极，到达 A 板的为 β 射线

C. a 为电源负极，到达 A 板的为 α 射线　D. a 为电源负极，到达 A 板的为 β 射线

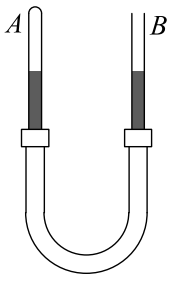
> α 射线速度为 β 射线速度的 $\frac{1}{10}$，由两者在极板间偏转距离相同，则 $s = v_0 t = v_0\sqrt{\frac{md}{2qE}}$，因 α 粒子的比荷是 β 粒子的近两千分之一，故偏向 B 极板的射线为 α 射线，a 为电源正极，电场线方向向右，到达 A 极板的射线为 β 射线，故 B 正确。

11. 国际单位制中，**不是**电场强度的单位是 (C)

A. N/C　　B. V/m　　C. J/C　　D. T · m/s

> 由 $E = \frac{F}{q}$，$E = \frac{U}{d}$，故 A、B 正确；由 $qE = qvB$ 得 $E = vB$，故 D 正确；故不是电场强度单位的是选项 C。

12. 如图，粗细均匀的玻璃管 A 和 B 由一橡皮管连接，一定质量的空气被水银柱封闭在 A 管内，初始时两管水银面等高，B 管上方与大气相通。若固定 A 管，将 B 管沿竖直方向缓慢下移一小段距离 H，A 管内的水银面高度相应变化 h，则 (B)



A. $h=H$　　B. $h<\frac{H}{2}$　　C. $h=\frac{H}{2}$　　D. $\frac{H}{2}<h<H$

初始时 A 管中气体压强为 p_0，B 管沿竖直方向下移一小段距离 H，假设气体压强与体积无关，则 A 管内水银面下降 $\frac{H}{2}$，实际上气体压强随体积增大而减小，即 $p<p_0$，故水银面高度变化 $h<\frac{H}{2}$，故 B 正确。

13. 电源电动势反映了电源把其它形式的能量转化为电能的能力，因此 (C)

A. 电动势是一种非静电力

B. 电动势越大，表明电源储存的电能越多

C. 电动势的大小是非静电力做功能力的反映

D. 电动势就是闭合电路中电源两端的电压

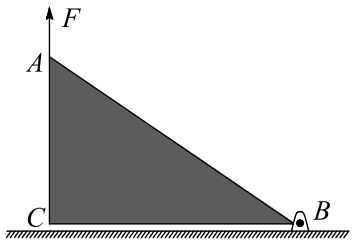
电源内部为非静电力做功，但电动势不是非静电力，故 A 错误；电动势越大，表明在电源内部移动等量的电荷时，非静电力做功多，故 B 错误，C 正确；闭合电路中，因电源存在内阻，电动势大于路端电压，故 D 错误。

14. 物体做匀加速直线运动，相继经过两段距离均为 16 m 的路程，第一段用时 4 s，第二段用时 2 s，则物体的加速度是 (B)

A. $\frac{2}{3}\,\mathrm{m/s^2}$　　B. $\frac{4}{3}\,\mathrm{m/s^2}$　　C. $\frac{8}{9}\,\mathrm{m/s^2}$　　D. $\frac{16}{9}\,\mathrm{m/s^2}$

由中间时刻的瞬时速度等于这段时间的平均速度。第一段距离中间时刻的速度 $v_2=4\,\mathrm{m/s}$，第二段距离中间时刻的速度 $v_5=8\,\mathrm{m/s}$。由 $a=\frac{v_5-v_2}{t}=\frac{4}{3}\,\mathrm{m/s^2}$，故 B 正确。

15. 如图，始终竖直向上的力 F 作用在三角板 A 端，使其绕 B 点在竖直平面内缓慢地沿顺时针方向转动一小角度，力 F 对 B 点的力矩为 M，则转动过程中 (A)

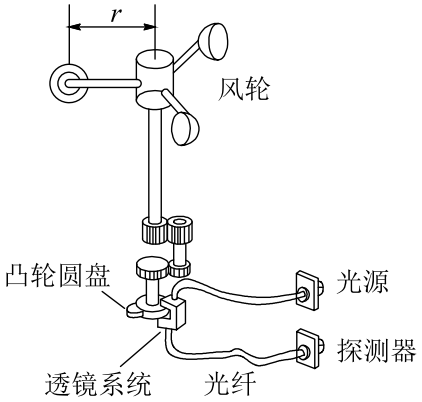


A. M 减小，F 增大　　B. M 减小，F 减小

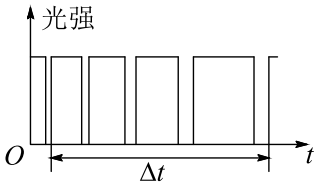
C. M 增大，F 增大　　D. M 增大，F 减小

拉力力矩始终和重力力矩相等，由于重力力矩减小，故拉力力矩减小，因重力臂小于拉力臂，重力不变，故拉力 F 增大，故 A 正确。

16. 风速仪结构如图（a）所示。光源发出的光经光纤传输，被探测器接收，当风轮旋转时，通过齿轮带动凸轮圆盘旋转，当圆盘上的凸轮经过透镜系统时光被遮挡。已知风轮叶片转动半径为 r，每转动 n 圈带动凸轮圆盘转动一圈。若某段时间 Δt 内探测器接收到的光强随时间变化关系如图（b）所示，则该时间段内风轮叶片（B）



图（a）



图（b）

A. 转速逐渐减小，平均速率为 $\frac{4\pi nr}{\Delta t}$　　B. 转速逐渐减小，平均速率为 $\frac{8\pi nr}{\Delta t}$

C. 转速逐渐增大，平均速率为 $\frac{4\pi nr}{\Delta t}$　　D. 转速逐渐增大，平均速率为 $\frac{8\pi nr}{\Delta t}$

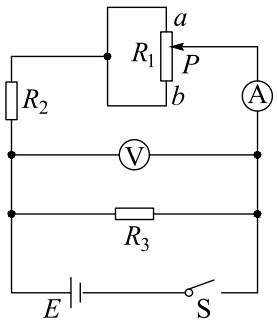
> 挡光时间间隔越来越长，故风速仪转速逐渐减小；Δt 时间内，光强为 4 个周期，风速仪转动的弧长为 $4n\cdot 2\pi r$，故平均速率为 $\frac{8\pi nr}{\Delta t}$，故 B 正确。

17. 某气体的摩尔质量为 M，分子质量为 m。若 1 摩尔该气体的体积为 V_m，密度为 ρ，则该气体单位体积分子数为（阿伏伽德罗常数为 N_A）（ABC）

A. $\frac{N_\mathrm{A}}{V_m}$　　B. $\frac{M}{mV_m}$　　C. $\frac{\rho N_\mathrm{A}}{M}$　　D. $\frac{\rho N_\mathrm{A}}{m}$

> 单位体积内的分子数为 $\frac{N_\mathrm{A}}{V_m}$，故 A 正确；因 $N_\mathrm{A}=\frac{M}{m}$，故 $\frac{M}{mV_m}$ 也表示单位体积内的分子数，故 B 正确；因 $V_m=\frac{M}{\rho}$，故 $\frac{\rho N_\mathrm{A}}{M}$ 同样表示单位体积内的分子数，故 C 正确。

18. 如图所示电路中，电源内阻忽略不计。闭合电键，电压表示数为 U，电流表示数为 I；在滑动变阻器 R_1 的滑片 P 由 a 端滑到 b 端的过程中（BC）

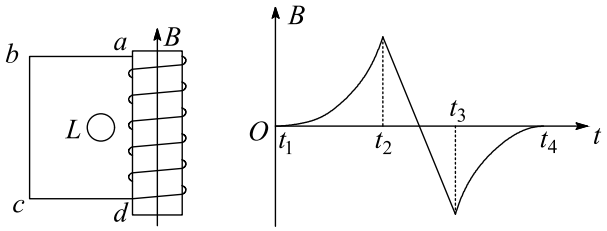


A. U 先变大后变小　　B. I 先变小后变大

C. U 与 I 比值先变大后变小　　D. U 变化量与 I 变化量比值等于 R_3

电源内阻不计，电压表读数不变，故 A 错误；滑动变阻器滑片由 a 端滑到 b 端，电阻 R_1 先增后减，电流表示数先减后增，故 B 正确；由 $\frac{U}{I}=R_2+R_1$，电阻 R_1 先增后减，故 U 与 I 比值先增后减，故 C 正确；$\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 与 R_3 无关，故 D 错误。

19. 如图（a），螺线管内有平行于轴线的外加匀强磁场，以图中箭头所示方向为其正方向。螺线管与导线框 abcd 相连，导线框内有一小金属圆环 L，圆环与导线框在同一平面内。当螺线管内的磁感应强度 B 随时间按图（b）所示规律变化时（AD）



图（a）　　图（b）

A. 在 $t_1\sim t_2$ 时间内，L 有收缩趋势

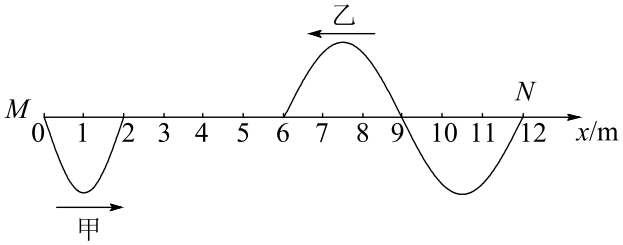
B. 在 $t_2\sim t_3$ 时间内，L 有扩张趋势

C. 在 $t_2\sim t_3$ 时间内，L 内有逆时针方向的感应电流

D. 在 $t_3\sim t_4$ 时间内，L 内有顺时针方向的感应电流

在 $t_1\sim t_2$ 的时间内，B 的斜率逐渐增大，回路内的感应电流逐渐增大，回路电流产生的磁场增大，由楞次定律的广义表述，L 有收缩的趋势，故 A 正确；在 $t_2\sim t_3$ 的时间内，B 的斜率不变，回路内的感应电流不变，回路电流产生的磁场不变，L 中没有感应电流产生，故 L 既没有收缩的趋势，也没有扩张的趋势，故 B、C 错误；在 $t_3\sim t_4$ 的时间内，负向磁场 B 的斜率减小，回路内的顺时针方向的感应电流减小，回路内感应电流向里的磁场减小，由楞次定律可知，L 内有顺时针方向的感应电流，故 D 正确。

20. 甲、乙两列横波在同一介质中分别从波源 M、N 两点沿 x 轴相向传播，波速为 2 m/s，振幅相同；某时刻的图像如图所示。则（ABD）



A. 甲乙两波的起振方向相反

B. 甲乙两波的频率之比为 3 : 2

C. 再经过 3 s，平衡位置在 $x = 7\,\mathrm{m}$ 处的质点振动方向向下

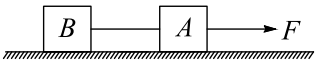
D. 再经过 3 s，两波源间（不含波源）有 5 个质点位移为零

> 甲、乙两列波起振方向一下一上，故 A 正确；
>
> $\lambda_{甲} = 4\,\mathrm{m}$，$\lambda_{乙} = 6\,\mathrm{m}$，在同种介质中机械波波速相同，频率 $f = \frac{v}{\lambda}$，故 $\frac{f_{甲}}{f_{乙}} = \frac{3}{2}$，故 B 正确；
>
> 再经过 3 s，甲、乙波都传播 6 m，$x = 7\,\mathrm{m}$ 处，甲波在波谷处，乙波在 x 轴上方向上振动但不在波峰处，故该质点振动方向向上，故 C 错误；
>
> 画出波形图，由波的叠加可知两波源间有 5 个质点位移为 0，故 D 正确。

21. 形象描述磁场分布的曲线叫做磁感线，通常磁感应强度的大小也叫做磁通量密度。

> 磁感线是形象化描述磁场的曲线，由 $B = \frac{\Phi}{S}$，磁感应强度 B 又叫磁通量密度。

22A. 如图，粗糙水平面上，两物体 A、B 以轻绳相连，在恒力 F 作用下做匀速运动。某时刻轻绳断开，A 在 F 牵引下继续前进，B 最后静止。则在 B 静止前，A 和 B 组成的系统动量守恒（选填：“守恒”或“不守恒”）；在 B 静止后，A 和 B 组成的系统动量不守恒（选填：“守恒”或“不守恒”）。

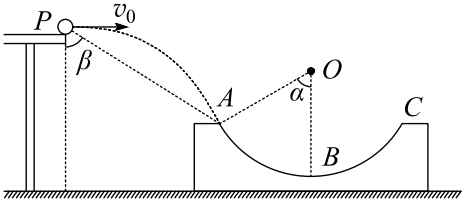


> B 在停止运动前，其所受滑动摩擦力不变，系统所受合外力为 0，动量守恒，B 停止运动后，其所受滑动摩擦力变为 0，系统所受合外力不为 0，动量不守恒。

22B. 两颗卫星绕地球运行的周期之比为 27 : 1，则它们的角速度之比为1 : 27，轨道半径之比为9 : 1。

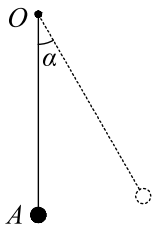
> 由 $T = \frac{2\pi}{\omega}$，角速度比为周期比的反比，故角速度比为 1 : 27，由开普勒第三定律 $T^2 \propto r^3$，可得半径比为 9 : 1。

23. 如图，圆弧形凹槽固定在水平地面上，其中 ABC 是位于竖直平面内以 O 为圆心的一段圆弧，OA 与竖直方向的夹角为 α。一小球以速度 v_0 从桌面边缘 P 水平抛出，恰好从 A 点沿圆弧的切线方向进入凹槽，重力加速度为 g。小球从 P 到 A 的运动时间为$\frac{v_0 \tan\alpha}{g}$；直线 PA 与竖直方向间夹角 β =$\arctan(2\cot\alpha)$。

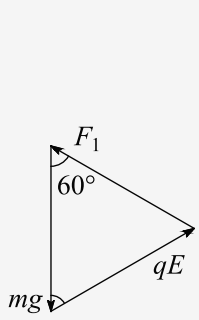


平抛运动速度偏向角为 α，且 $\tan\alpha=\frac{gt}{v_0}$，解得 $t=\frac{v_0\tan\alpha}{g}$，由速度偏向角和位移偏向角的关系，得 $\tan\alpha=2\tan\left(\frac{\pi}{2}-\beta\right)$，解得 $\beta=\arctan(2\cot\alpha)$。

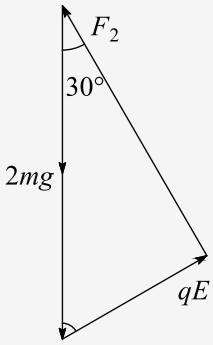
24. 如图，质量为 m 的带电小球 A 用绝缘细线悬挂于 O 点，处于静止状态。施加一水平向右的匀强电场后，A 向右摆动，摆动的最大角度为 60°，则 A 受到的电场力大小为$\frac{\sqrt{3}}{3}mg$。在改变电场强度的大小和方向后，小球 A 的平衡位置在 $\alpha=60°$ 处，然后再将 A 的质量改变为 $2m$，其新的平衡位置在 $\alpha=30°$ 处，A 受到的电场力大小为mg。（已知重力加速度为 g）



由动能定理得 $-mgl(1-\cos60°)+qE\sin60°=0$，可得 $qE=\frac{\sqrt{3}mg}{3}$；由题意，改变小球电场强度大小和方向后，设电场方向与竖直方向的夹角为 β，小球受力图如图 甲 所示，由正弦定理 $\frac{qE}{\sin60°}=\frac{mg}{\sin(180°-60°-\beta)}$，改变小球质量后，小球受力图如图 乙 所示，由正弦定理得 $\frac{qE}{\sin30°}=\frac{2mg}{\sin(180°-30°-\beta)}$，解得 $\beta=60°$，$qE=mg$。

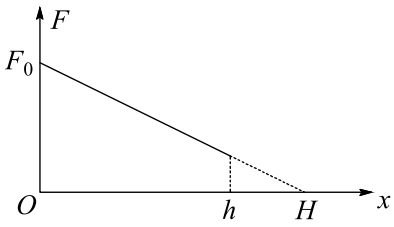


图甲



图乙

25. 地面上物体在变力 F 作用下由静止开始竖直向上运动，力 F 随高度 x 的变化关系如图所示，物体能上升的最大高为 h，$h<H$。当物体加速度最大时其高度为 0 或 h，加速度的最大值为$\frac{gh}{2H-h}$。



由力 F 关于高度 x 线性变化可知加速度 a 也随高度 x 线性变化，因为物体从静止开始运动且最后速度为 0，故在运动中间位置 $a=0$，且各点加速度大小关于此点对称，故最高点最低点加速度最大，物体所在高度为 0 或 h；

由图像可知外力 $F=F_0-\frac{F_0}{H}x$；在最低点 $F_0-mg=ma$，在最高点 $F=F_0-\frac{F_0}{H}h$，$mg-F=ma$，解方程得 $a=\frac{gh}{2H-h}$。

26. 在“用 DIS 研究机械能守恒定律”的实验中，用到的传感器是光电门传感器。若摆锤直径的测量值大于其真实值会造成摆锤动能的测量值偏大。（选填：“大”或“小”）。

用光电门传感器由公式 $v=\frac{s}{t}$ 测得摆锤的速度，摆锤直径的测量值偏大，则计算得到摆锤的速度偏大，摆锤动能测量值偏大。

27. 在“用多用电表测电阻、电流和电压”的实验中

(1)（多选题）用多用电测电流或电阻的过程中

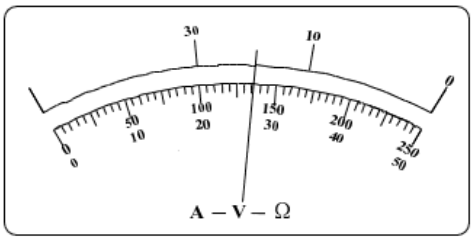
A. 在测量电阻时，更换倍率后必须重新进行调零

B. 在测量电流时，更换量程后必须重新进行调零

C. 在测量未知电阻时，必须先选择倍率最大挡进行试测

D. 在测量未知电流时，必须先选择电流最大量程进行试测

(2) 测量时多用电表指针指在如图所示位置。若选择开关处于“10 V”挡，其读数为 5.4 V；若选择开关处于“×10”挡，其读数为小于200 Ω（选填：“大于”，“等于”或“小于”）。



(1) AD　(2) 5.4，小于

(1) 在测电阻时，更换倍率必须重新进行电阻调零，测电流则不需要，故 A 正确，B 错误；多用电表测电阻时，不管使用多大倍率，电阻最大值都为无穷大，不需用最大倍率测试，选择合适倍率尝试即可，测电流则需要最大量程试测，故 C 错误，D 正确。

(2) 若选择开关位于“10 V”挡，则由读数规则可知其读数为“5.4 V”；若选择开关处于“×10”挡，由多用电表表盘上刻度分布规律可知，其读数小于 200 Ω。

28. “用 DIS 描绘电场的等势线”的实验装置示意图如图所示。

(1)（单选题）该实验描绘的是

A. 两个等量同种电荷周围的等势线　　B. 两个等量异种电荷周围的等势线

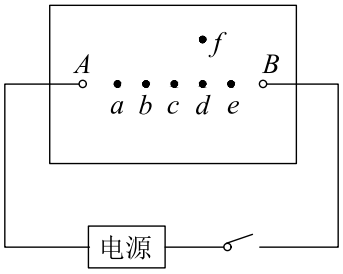
C. 两个不等量同种电荷周围的等势线　　D. 两个不等量异种电荷周围的等势线

(2)（单选题）实验操作时，需在平整的木板上依次铺放

A. 导电纸、复写纸、白纸　　B. 白纸、导电纸、复写纸

C. 导电纸、白纸、复写纸　　D. 白纸、复写纸、导电纸

(3) 若电压传感器的红、黑探针分别接触图中 d、f 两点（f、d 连线与 A、B 连线垂直）时，示数小于零。为使示数为零，应保持红色探针与 d 点接触，而将黑色探针向右（选填：“向左”或“向右”）移动。



(1) B　(2) D　(3) 向右

(1) 描绘静电场等势线时，用直流电源来描绘等量异种点电荷的等势线，故 B 正确。

(2) 在平整的木板上，从下到上依次为白纸、复写纸、导电纸，故 D 正确。

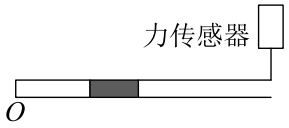
(3) 电压传感器的红、黑探针依次接触 d、f，示数小于零，则 $\varphi_d < \varphi_f$，由等势面的特点，为使示数为 0，应将黑探针移至高电势处，即黑探针 f 右移。

29. 某同学制作了一个结构如图（a）所示的温度计。一端封闭的轻质细管可绕封闭端 O 自由转动，管长 0.5 m。将一量程足够大的力传感器调零，细管的开口端通过细线挂于力传感器挂钩上，使细管保持水平、细线沿竖直方向。在气体温度为 270 K 时，用一段水银将长度为 0.3 m 的气柱封闭在管内。实验时改变气体温度，测得封闭气柱长度 l 和力传感器读数 F 之间的关系如图（b）所示（实验中大气压强不变）。

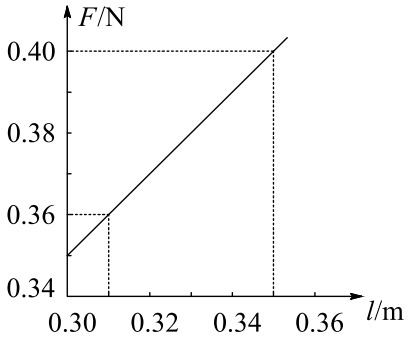
(1) 管内水银柱长度为 0.1 m，为保证水银不溢出，该温度计能测得的最高温度为 360 K。

(2) 若气柱初始长度大于 0.3 m，该温度计能测量的最高温度将减小（选填：“增大”，“不变”或“减小”）。

(3) 若实验中大气压强略有升高，则用该温度计测出的温度将偏低（选填：“偏高”，“不变”或“偏低”）。



图（a）



图（b）

(1) 0.1，360　(2) 减小　(3) 偏低

(1) 设水银的长度为 $2b$，则由力矩平衡得

$Fl_0 = mg(l+b)$，

故 $F = \frac{mg}{l_0}l + \frac{mgb}{l_0}$，

从图象得出 $F-l$ 的关系 $F = l + 0.05$，

对比系数得 $\frac{mg}{l_0} = 1$，$\frac{mgb}{l_0} = 0.05$，

解得 $2b = 0.1\,\mathrm{m}$，

由等压变化得

$\frac{l}{T_0} = \frac{l_0-2b}{T}$，

代入数据得 $T = 360\,\mathrm{K}$。

(2) 若气柱初始长度大于 $0.3\,\mathrm{m}$，则气体体积变化幅度变小，能测量的最高温度减小。

(3) 由 $\frac{V}{T} = \frac{\Delta V}{\Delta T} = \frac{k}{p}$，大气压强略有升高后，比值变小，升高相同的温度，气体体积变化小，示数偏低。

30. 如图，两端封闭的直玻璃管竖直放置，一段水银将管内气体分隔为上下两部分 A 和 B，上下两部分气体初始温度相等，且体积 $V_A > V_B$。

(1) 若 A、B 两部分气体同时升高相同的温度，水银柱将如何移动？

某同学解答如下：

设两部分气体压强不变，由

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$，…，$\Delta V = \frac{\Delta T}{T}V$，…，所以水银柱将向下移动。

上述解答是否正确？若正确，请写出完整的解答；若不正确，请说明理由并给出正确的解答。

(2) 在上下两部分气体升高相同温度的过程中，水银柱位置发生变化，最后稳定在新的平衡位置，A、B 两部分气体始末状态压强的变化量分别为 Δp_A 和 Δp_B，分析并

比较二者的大小关系。



(1) 不正确。水银柱移动的原因是升温后，由于压强变化造成受力平衡被破坏，因此应该假设气体体积不变，由压强变化判断移动方向；正确解法见详解，水银柱向上移动。 (2) $\Delta p_A = \Delta p_B$

(1) 不正确。

水银柱移动的原因是升温后，由于压强变化造成受力平衡被破坏，因此应该假设气体体积不变，由压强变化判断移动方向。正确解法：设升温后上下部分气体体积不变，则由查理定律得

$\frac{p}{T} = \frac{p'}{T+\Delta T}$，

$\Delta p = p' - p = \frac{\Delta T}{T} p$，

因为 $\Delta T > 0$，$p_A < p_B$，可知 $\Delta p_A < \Delta p_B$，所以水银柱向上移动。

(2) 升温前有

$p_B = p_A + p_h$（p_h 为汞柱压强），

升温后同样有

$p'_B = p'_A + p_h$，

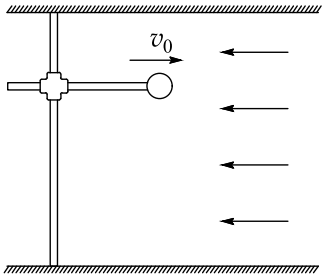
两式相减可得 $\Delta p_A = \Delta p_B$。

31. 风洞是研究空气动力学的实验设备。如图，将刚性杆水平固定在风洞内距地面高度 $H = 3.2\,\mathrm{m}$ 处，杆上套一质量 $m = 3\,\mathrm{kg}$，可沿杆滑动的小球。将小球所受的风力调节为 $F = 15\,\mathrm{N}$，方向水平向左。小球以速度 $v_0 = 8\,\mathrm{m/s}$ 向右离开杆端，假设小球所受风力不变，取 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$。求：

(1) 小球落地所需时间和离开杆端的水平距离；

(2) 小球落地时的动能。

(3) 小球离开杆端后经过多少时间动能为 $78\,\mathrm{J}$？



(1) $t = 0.8\,\mathrm{s}$，$s = 4.8\,\mathrm{m}$　(2) $E_{kt} = 120\,\mathrm{J}$　(3) $t_1 = 0.4\,\mathrm{s}$，$t_2 = 0.24\,\mathrm{s}$

(1) 小球在竖直方向做自由落体运动，运动时间为

$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 0.8\,\mathrm{s}$，

小球在水平方向做匀减速运动，加速度大小为

$a = \frac{F}{m} = 5\,\mathrm{m/s^2}$，

水平位移为

$s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2 = 4.8\,\mathrm{m}$。

(2) 由动能定理得

$E_{kt} - E_{k0} = mgH - Fs$，解得 $E_{kt} = 120\,\mathrm{J}$。

(3) 小球离开杆后经过时间 t 的水平位移为

$s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2$，

由动能定理得

$E_k - \frac{1}{2}mv_0^2 = mg \cdot \frac{1}{2}gt^2 - Fs$，

以 $E_k = 78\,\mathrm{J}$ 和 $v_0 = 8\,\mathrm{m/s}$ 代入得

$125t^2 - 80t + 12 = 0$，

解得 $t_1 = 0.4\,\mathrm{s}$，$t_2 = 0.24\,\mathrm{s}$。

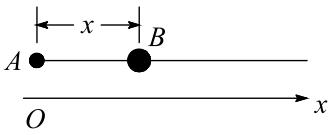
32. 如图 （a），长度 $L = 0.8\,\mathrm{m}$ 的光滑杆左端固定一带正电的点电荷 A，其电荷量 $Q = 1.8 \times 10^{-7}\,\mathrm{C}$；一质量 $m = 0.02\,\mathrm{kg}$，带电量为 q 的小球 B 套在杆上。将杆沿水平方向固定于某非均匀外电场中，以杆左端为原点，沿杆向右为 x 轴正方向建立坐标系。点电荷 A 对小球 B 的作用力随 B 位置 x 的变化关系如图 （b） 中曲线 I 所示，小球 B 所受水平方向的合力随 B 位置 x 的变化关系如图 （b） 中曲线 II 所示，其中曲线 II 在 $0.16 \le x \le 0.20$ 和 $x \ge 0.40$ 范围可近似看作直线。求：（静电力常量 $k = 9\times10^9\,\mathrm{N\cdot m^2/C^2}$）

(1) 小球 B 所带电量 q；

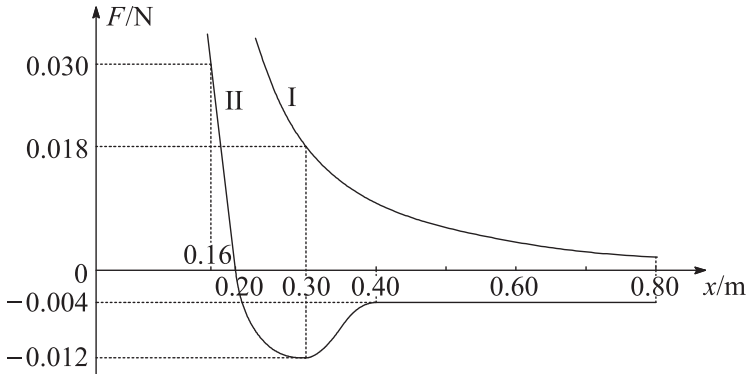
(2) 非均匀外电场在 $x = 0.3\,\mathrm{m}$ 处沿细杆方向的电场强度大小 E；

(3) 在合电场中，$x=0.4\,\mathrm{m}$ 与 $x=0.6\,\mathrm{m}$ 之间的电势差 U。

(4) 已知小球在 $x=0.2\,\mathrm{m}$ 处获得 $v=0.4\,\mathrm{m/s}$ 的初速度时，最远可以运动到 $x=0.4\,\mathrm{m}$ 处。若小球在 $x=0.16\,\mathrm{m}$ 处受到方向向右，大小为 $0.04\,\mathrm{N}$ 的恒力作用后，由静止开始运动，为使小球能离开细杆，恒力作用的最小距离 s 是多少？



图（a）



图（b）

(1) $q=1\times10^{-6}\,\mathrm{C}$ (2) $E=3\times10^{4}\,\mathrm{N/C}$，方向水平向左 (3) $U=800\,\mathrm{V}$ (4) $s=0.065\,\mathrm{m}$

(1) 由图可知，当 $x=0.3\,\mathrm{m}$ 时，

$F_1=k\frac{qQ}{x^2}=0.018\,\mathrm{N}$，解得 $q=\frac{F_1x^2}{kQ}=1\times10^{-6}\,\mathrm{C}$。

(2) 设在 $x=0.3\,\mathrm{m}$ 处点电荷与小球间作用力为 F_2，由力的合成知

$F_{合}=F_2+qE$，

解得

$E=\frac{F_{合}-F_2}{q}=\frac{-0.012-0.018}{1\times10^{-6}}\,\mathrm{N/C}=-3\times10^{4}\,\mathrm{N/C}$，

电场在 $x=0.3\,\mathrm{m}$ 处沿细杆方向的电场强度大小为 $3\times10^{4}\,\mathrm{N/C}$，方向水平向左。

(3) 由图象可知在 $x=0.4\,\mathrm{m}$ 与 $x=0.6\,\mathrm{m}$ 之间合力做功大小为

$W_{合}=0.004\times0.2\,\mathrm{J}=8\times10^{-4}\,\mathrm{J}$，

又 $qU=W_{合}$，

解得 $U=\frac{W_{合}}{q}=800\,\mathrm{V}$。

(4) 由图可知小球从 $x=0.16\,\mathrm{m}$ 到 $x=0.2\,\mathrm{m}$ 处，电场力做功的大小为

$W_1=\frac{0.03\times0.04}{2}\,\mathrm{J}=6\times10^{-4}\,\mathrm{J}$，

小球从 $x=0.2\,\mathrm{m}$ 到 $x=0.4\,\mathrm{m}$ 处，电场力做功的大小为

$W_2=-\frac{1}{2}mv^2=-1.6\times10^{-3}\,\mathrm{J}$，

由图可知小球从 $x=0.4\,\mathrm{m}$ 到 $x=0.8\,\mathrm{m}$ 处，电场力做功的大小为

$W_3 = -0.004 \times 0.4\,\mathrm{J} = -1.6 \times 10^{-3}\,\mathrm{J}$，

由动能定理得

$W_1 + W_2 + W_3 + F_{外} s = 0$，

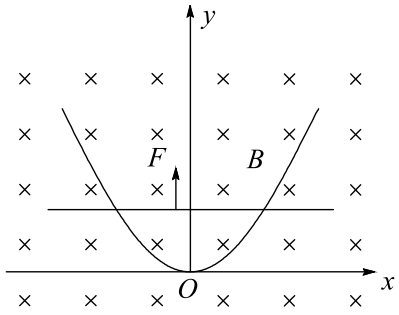
解得 $s = -\frac{W_1+W_2+W_3}{F_{外}} = 0.065\,\mathrm{m}$。

33. 如图，一关于 y 轴对称的导体轨道位于水平面内，磁感应强度为 B 的匀强磁场与平面垂直。一足够长，质量为 m 的直导体棒沿 x 轴方向置于轨道上，在外力 F 作用下从原点由静止开始沿 y 轴正方向做加速度为 a 的匀加速直线运动，运动时棒与 x 轴始终平行。棒单位长度的电阻为 ρ，与电阻不计的轨道接触良好，运动中产生的热功率随棒位置的变化规律为 $P = ky^{3/2}$（SI）。求：

(1) 导体轨道的轨道方程 $y = f(x)$；

(2) 棒在运动过程中受到的安培力 F_m 随 y 的变化关系；

(3) 棒从 $y = 0$ 运动到 $y = L$ 过程中外力 F 的功。



(1) $y = \left(\frac{4aB^2}{k\rho}\right)^2 x^2$，轨道形状为抛物线　(2) $F_m = \frac{k}{\sqrt{2a}} y$　(3) $W = \frac{k}{2\sqrt{2a}} L^2 + maL$

(1) 设棒运动到某一位置时与轨道接触点的坐标为 $(\pm x, y)$，棒受到的安培力大小为 $F = \frac{B^2 l^2 v}{R}$，

安培力的功率为

$P = \frac{4B^2 x^2 v^2}{R} = ky^{\frac{3}{2}}$，

棒做匀加速运动时，由运动学公式得

$v^2 = 2ay$，

回路的总电阻为

$R = 2\rho x$，

联立解得 $y = \left(\frac{4aB^2}{k\rho}\right)^2 x^2$，

故轨道的形状为抛物线。

(2) 棒受到的安培力大小为

$F_m = \frac{4B^2x^2}{R}v = \frac{2B^2x}{\rho}\sqrt{2ay}$,

以轨道方程代入得

$F_m = \frac{k}{\sqrt{2a}}y$。

(3) 由动能定理得

$W = W_m + \frac{1}{2}mv^2$,

安培力做的功为

$W_m = \frac{k}{2\sqrt{2a}}L^2$,

棒在 $y = L$ 处动能为

$\frac{1}{2}mv^2 = maL$,

故外力做的功为

$W = \frac{k}{2\sqrt{2a}}L^2 + maL$。