2013 年江苏

1. 火星和木星沿各自的椭圆轨道绕太阳运行，根据开普勒行星运动定律可知 (C)

   A. 太阳位于木星运行轨道的中心

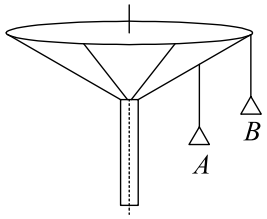
   B. 火星和木星绕太阳运行速度的大小始终相等

   C. 火星与木星公转周期之比的平方等于它们轨道半长轴之比的立方

   D. 相同时间内，火星与太阳连线扫过的面积等于木星与太阳连线扫过的面积

   > 木星绕太阳运行的轨道为椭圆轨道，太阳应位于其椭圆轨道的一个焦点上，故 A 错误；火星和木星在不同轨道上运行，且均为椭圆轨道，速度大小变化，运行速度大小不一定相等，故 B 错误；由开普勒第三定律可知，对同一中心天体，行星公转周期的平方与轨道半长轴的立方之比为常量，故火星与木星公转周期之比的平方等于它们轨道半长轴之比的立方，C 正确；开普勒第二定律是指对同一行星而言，它与太阳的连线在相等时间内扫过相等的面积，火星与木星在不同轨道上，故 D 错误。

2. 如图所示，“旋转秋千”中的两个座椅 A、B 质量相等，通过相同长度的缆绳悬挂在旋转圆盘上。不考虑空气阻力的影响，当旋转圆盘绕竖直的中心轴匀速转动时，下列说法正确的是 (D)

   A. A 的速度比 B 的大

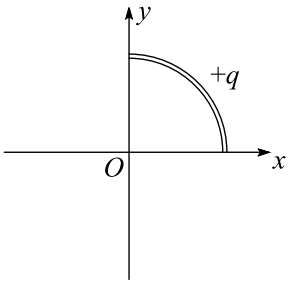
   B. A 与 B 的向心加速度大小相等

   C. 悬挂 A、B 的缆绳与竖直方向的夹角相等

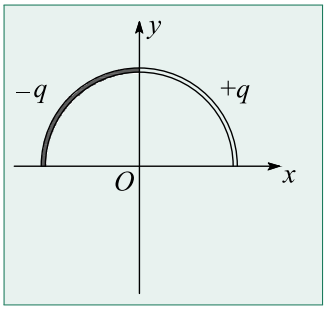
   D. 悬挂 A 的缆绳所受的拉力比悬挂 B 的小

   > A、B 两个座椅都绕中心轴做匀速圆周运动，角速度相等，由于 B 的半径大，由 $v=r\omega$ 可知 B 的线速度大，故 A 错误；由 $a=r\omega^2$ 可知 B 的向心加速度大，故 B 错误；向心力由缆绳拉力的水平分力提供，设缆绳与竖直方向的夹角为 θ，则 $F_T\sin\theta=mr\omega^2$，竖直方向 $F_T\cos\theta=mg$，因此 $\tan\theta=\frac{r\omega^2}{g}$，A、B 到中心轴的距离不同，故夹角不等，C 错误；由 $\tan\theta=\frac{r\omega^2}{g}$ 可知半径大则 θ 大，由 $F_T\cos\theta=mg$ 可知 θ 大对应的拉力大，故 D 正确。

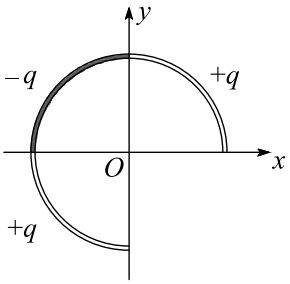
3. 下列选项中的各 $\frac{1}{4}$ 圆环大小相同，所带电荷量已在图中标出，且电荷均匀分布，各 $\frac{1}{4}$ 圆环间彼此绝缘。坐标原点 O 处电场强度最大的是 (B)



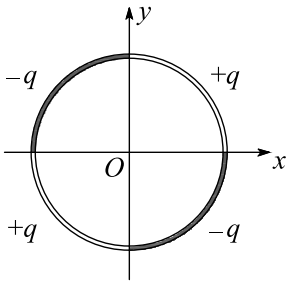
A.



B.



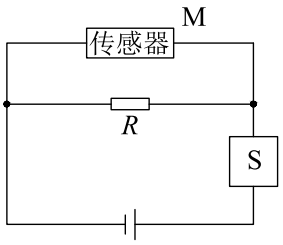
C.



D.

> 由对称性和矢量叠加可知，D 项中 O 点的场强为零；C 项中各圆环形成的电场等效为第二象限内带电圆环在 O 点产生的电场，大小与 A 项相同；B 项中分别带正、负电荷的两圆环产生的场强大小相等且互相垂直，合场强的大小是 A、C 选项中场强大小的 $\sqrt{2}$ 倍，因此 B 项中 O 点场强最大，故 B 正确。

4. 在输液时，药液有时会从针口流出体外，为了及时发现，设计了一种报警装置，电路如图所示。M 是贴在针口处的传感器，接触到药液时其电阻 R_M 发生变化，导致 S 两端电压 U 增大，装置发出警报，此时 (C)



A. R_M 变大，且 R 越大，U 增大越明显　　B. R_M 变大，且 R 越小，U 增大越明显

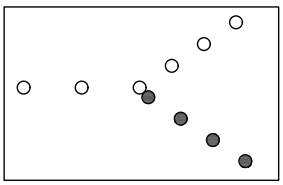
C. R_M 变小，且 R 越大，U 增大越明显　　D. R_M 变小，且 R 越小，U 增大越明显

> 接触到药液时其电阻 R_M 发生变化时，警报器 S 两端电压 U 增大，可知干路电流增大 $\rightarrow$ 外电阻减小 $\rightarrow$ R_M 减小；
>
> 可用**极限法**分析 U 增大灵敏度和什么因素有关：假设 R 很小，甚至为零，则传感器

部分的电路被短路，故传感器 R_M 的大小变化对 S 的电压就无影响，而 R 越大，甚至接近于断路，那么传感器的变化就直接影响了 S 的电压的变化。所以，R 越大，U 增大越明显。

正确选项为 C。

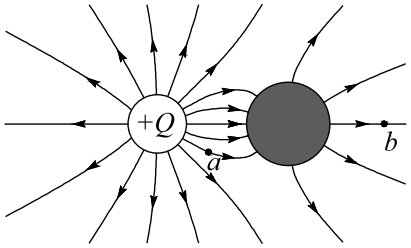
5. 水平面上，一白球与一静止的灰球碰撞，两球质量相等。碰撞过程的频闪照片如图所示，据此可推断，碰撞过程中系统损失的动能约占碰撞前动能的 (A)



A. 30%　　B. 50%　　C. 70%　　D. 90%

由频闪照片可以看出，碰撞前白球在两个相等时间间隔内运动的距离与碰撞后三个相同时间间隔内两球运动的总距离相等，因此碰撞后两球的速率约为碰撞前白球速率的 $\frac{2}{3}$，则损失的动能约占碰撞前动能的 $\frac{\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}m\left(\frac{2}{3}v\right)^2\times 2}{\frac{1}{2}mv^2}\times 100\%=11\%$，最接近 A 项。

6. 将一电荷量为 $+Q$ 的小球放在不带电的金属球附近，所形成的电场线分布如图所示，金属球表面的电势处处相等。a、b 为电场中的两点，则 (ABD)



A. a 点的电场强度比 b 点的大

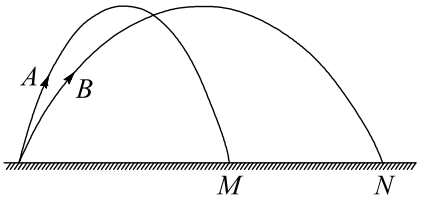
B. a 点的电势比 b 点的高

C. 检验电荷 $-q$ 在 a 点的电势能比在 b 点的大

D. 将检验电荷 $-q$ 从 a 点移到 b 点的过程中，电场力做负功

电场线的疏密表征电场强度的大小，电场线密的地方电场强度大，故 A 正确；沿着电场线方向电势逐渐降低，故 B 正确；负电荷在高电势处电势能小，故 C 错误；检验电荷 $-q$ 从 a 到 b 电势能增加，由电场力做功与电势能变化的关系可知，这个过程中电场力做负功，故 D 正确。

7. 如图所示，从地面上同一位置抛出两小球 A、B，分别落在地面上的 M、N 点，两球运动的最大高度相同。空气阻力不计，则 (CD)

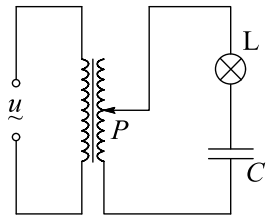


A. B 的加速度比 A 的大　　B. B 的飞行时间比 A 的长

C. B 在最高点的速度比 A 在最高点的大　　D. B 在落地时的速度比 A 在落地时的大

做抛体运动的物体只受重力作用，加速度都是重力加速度，故 A 错误；两球在竖直方向做竖直上抛运动，上升高度相等，因此运动时间相等，故 B 错误；水平方向都做匀速直线运动，且在相等时间内 B 运动的水平位移大，因此 B 在水平方向的分速度较大，最高点时竖直分速度为零，最高点的速度等于水平分速度，故 C 正确；两球回到地面时竖直方向的分速度相等，但 B 的水平分速度大，因此落回地面时 B 的合速度大，故 D 正确。

8. 如图所示，理想变压器原线圈接有交流电源，当副线圈上的滑片 P 处于图示位置时，灯泡 L 能发光。要使灯泡变亮，可以采取的方法有（BC）

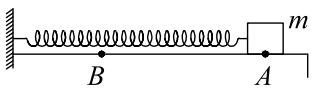


A. 向下滑动 P　　B. 增大交流电源的电压

C. 增大交流电源的频率　　D. 减小电容器 C 的电容

向下滑动 P 时，副线圈接入电路的匝数变少，由变压比可知副线圈两端的电压变小，灯泡变暗，故 A 错误；增大交流电源的电压，由变压比可知副线圈两端的电压增大，灯泡变亮，故 B 正确；电容器容抗 $X_c = \frac{1}{2\pi fC}$，电压不变时增大交流电的频率，可减小电容器的容抗，电路中的电流变大，灯泡变亮，故 C 正确；减小电容器的电容，容抗增大，电路中电流减小，灯泡变暗，故 D 错误。

9. 如图所示，水平桌面上的轻质弹簧一端固定，另一端与小物块相连。弹簧处于自然长度时物块位于 O 点（图中未标出）。物块的质量为 m，AB= a，物块与桌面间的动摩擦因数为 μ。现用水平向右的力将物块从 O 点拉至 A 点，拉力做的功为 W。撤去拉力后物块由静止向左运动，经 O 点到达 B 点时速度为零。重力加速度为 g。则上述过程中（BC）



A. 物块在 A 点时，弹簧的弹性势能等于 $W-\frac{1}{2}\mu mga$

B. 物块在 B 点时，弹簧的弹性势能小于 $W-\frac{3}{2}\mu mga$

C. 经 O 点时，物块的动能小于 $W-\mu mga$

D. 物块动能最大时弹簧的弹性势能小于物块在 B 点时弹簧的弹性势能

> 设 O 点到 A 点的距离为 x，则物块在 A 点时弹簧的弹性势能为 $W-\mu mgx$。撤去拉力后物块向左运动，经 O 点到达 B 点时速度为零，由于 B 点在 O 点左侧，即 $x<a$，又桌面存在摩擦力，故 $x>\frac{a}{2}$，所以弹簧在 A 点时的弹性势能大于 $W-\mu mga$、小于 $W-\mu mg\cdot\frac{a}{2}$；物块从 O 点到 B 点，由动能定理得 $W-\mu mg(x+a)=E_{pB}$，而 $\mu mg(x+a)>\frac{3}{2}\mu mga$，所以 $E_{pB}<W-\frac{3}{2}\mu mga$，故 B 正确；在 O 点弹性势能为零，从 O 点拉到 A 点再回到 O 点有 $W-2\mu mgx=E_{kO}$，由于 $x>\frac{1}{2}a$，因此 $E_{kO}<W-\mu mga$，故 C 正确；物块动能最大时摩擦力等于弹簧弹力，该点必在 O 点右侧，若 B 点到 O 点的距离小于动能最大位置到 O 点的距离，则物块动能最大时弹簧的弹性势能大于物块在 B 点时的弹性势能，故 D 错误。

10. 为探究小灯泡的电功率 P 和电压 U 的关系，小明测量小灯泡的电压 U 和电流 I，利用 $P=UI$ 得到电功率。实验所使用的小灯泡规格为“3.0 V 1.8 W”，电源为 12 V 的电池，滑动变阻器的最大阻值为 10 Ω。

(1) 准备使用的实物电路如图 1 所示。请将滑动变阻器接入电路的正确位置。（用笔画线代替导线）

(2) 现有 10 Ω、20 Ω 和 50 Ω 的定值电阻，电路中的电阻 R_1 应选 10 Ω 的定值电阻。

(3) 测量结束后，应先断开开关，拆除电池两端的导线，再拆除其他导线，最后整理好器材。

(4) 小明处理数据后将 P、U^2 点在坐标纸上，并作出了一条直线，如图 2 所示。请指出图象中不恰当的地方。

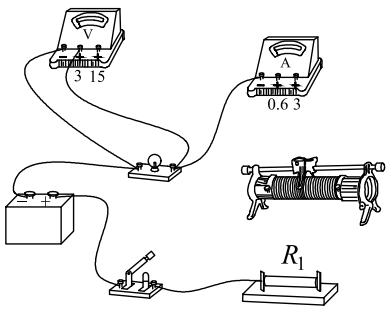


图 1

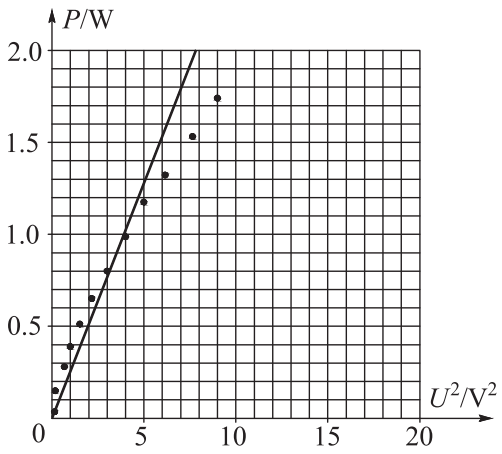
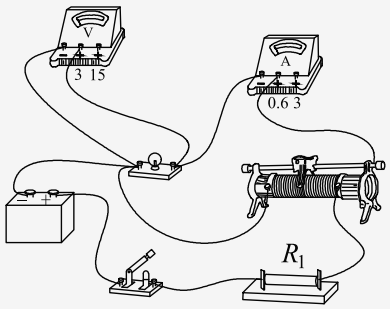


图 2

(1) 滑动变阻器采用分压式接法（将两下接线柱接电源，上接线柱与负载相连），实物连线如解析图所示。 (2) 10 Ω (3) 电池 (4) 图线不应画成直线（小灯泡电阻随温度升高而增大，P 与 U^2 不成正比，应画成曲线），且横坐标 U^2 的标度过大

（1）由于电压调节范围大，因此滑动变阻器用分压接法；由于灯泡的电阻较小，因此电流表用外接法；灯泡的额定电流 $I=\frac{P}{U}=0.6\,\mathrm{A}$，因此电流表选用 0.6 A 的量程，实物连接如图所示。



（2）电路中定值电阻起保护作用，电池的电动势为 12 V，灯泡的电阻约为 $R=\frac{U^2}{P}=\frac{9}{1.8}\,\Omega=5\,\Omega$，因此灯泡和滑动变阻器并联后的最大电阻约为 $\frac{5\times10}{15}\,\Omega=\frac{10}{3}\,\Omega$，要使灯泡两端的电压能达到 3 V，由 $\frac{3\,\mathrm{V}}{\frac{10}{3}\,\Omega}=\frac{9\,\mathrm{V}}{R_1}$ 可知 R_1 不能超过 10 Ω，所以 R_1 选 10 Ω。

（3）测量结束后，断开开关，应先拆除电池两端的导线，防止电池出现短路烧毁。

（4）由于灯泡的电阻随着电压的变化而变化，由 $P=\frac{U^2}{R}$ 知图象的斜率是变化的，因此图线应是一条曲线；画图线取标度时，应使点尽可能分布在整个坐标纸上，显然该同学的横坐标的标度取得不恰当。

11. 某兴趣小组利用自由落体运动测定重力加速度，实验装置如图所示。倾斜的球槽中放有若干个小铁球，闭合开关 K，电磁铁吸住第 1 个小球。手动敲击弹性金属片 M，M 与触头瞬间分开，第 1 个小球开始下落，M 迅速恢复，电磁铁又吸住第 2 个小球。当第 1 个小球撞击 M 时，M 与触头分开，第 2 个小球开始下落 ……。这样，就可测出多个小球下落的总时间。

(1) 在实验中，下列做法正确的有 BD。

（A）电路中的电源只能选用交流电源

（B）实验前应将 M 调整到电磁铁的正下方

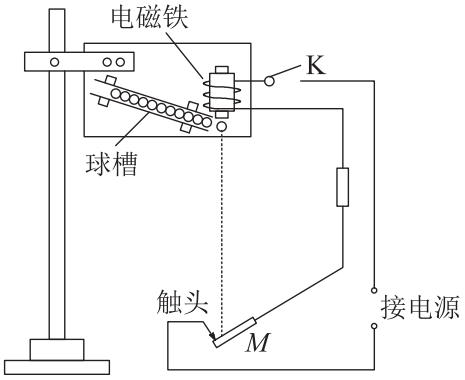
（C）用直尺测量电磁铁下端到 M 的竖直距离作为小球下落的高度

（D）手动敲击 M 的同时按下秒表开始计时

(2) 实验测得小球下落的高度 $H=1.980\,\mathrm{m}$，10 个小球下落的总时间 $T=6.5\,\mathrm{s}$。可求出重力加速度 $g=$9.4 $\mathrm{m/s^2}$。（结果保留两位有效数字）

(3) 在不增加实验器材的情况下，请提出减小实验误差的两个办法。

(4) 某同学考虑到电磁铁在每次断电后需要时间 Δt 磁性才消失，因此，每个小球的实际下落时间与它的测量时间相差 Δt，这导致实验误差。为此，他分别取高度 H_1 和 H_2，测量 n 个小球下落的总时间 T_1 和 T_2。他是否可以利用这两组数据消除 Δt 对实验结果的影响？请推导说明。



(1) BD (2) 9.4 (3) 增加小球下落的高度；多次重复实验，结果取平均值 (4) 由 $H_1=\frac{1}{2}g(\frac{T_1}{n}-\Delta t)^2$ 和 $H_2=\frac{1}{2}g(\frac{T_2}{n}-\Delta t)^2$，可得 $g=\frac{2n^2(\sqrt{H_1}-\sqrt{H_2})^2}{(T_1-T_2)^2}$，因此可以消去 Δt 的影响。

（1）实验中电路通过 M 控制，电源只要能提供电压即可，直流、交流都能起到同样的效果，故 A 错误；M 调整在电磁铁的正下方，以便第一个球落地时正好撞击 M 使 M 与触头断开、释放第二个小球，故 B 正确；应测量小球释放时小球下端到 M 的竖直距离作为小球下落的高度，故 C 错误；手动敲击 M 的时刻是小球开始下落的时刻，应在这个时刻开始计时，故 D 正确。

（2）$g=\frac{2H}{\left(\frac{T}{10}\right)^2}=\frac{2\times1.980}{0.65^2}\,\mathrm{m/s^2}\approx9.4\,\mathrm{m/s^2}$。

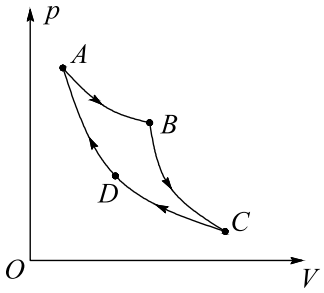
（3）增加小球下落的高度；多次重复实验，结果取平均值。

（4）由 $H_1=\frac{1}{2}g\left(\frac{T_1}{n}-\Delta t\right)^2$ 和 $H_2=\frac{1}{2}g\left(\frac{T_2}{n}-\Delta t\right)^2$，可得 $g=\frac{2n^2\left(\sqrt{H_1}-\sqrt{H_2}\right)^2}{(T_1-T_2)^2}$，因此可以消去 Δt 的影响。

12. 【选做题】本题包括 A、B、C 三小题，请选定其中两小题，并在相应的答题区域内作答。若多做，则按 A、B 两小题评分。

A.（选修模块 3-3）

如图所示，一定质量的理想气体从状态 A 依次经过状态 B、C 和 D 后再回到状态 A。其中，A→B 和 C→D 为等温过程，B→C 和 D→A 为绝热过程（气体与外界无热量交换）。这就是著名的“卡诺循环”。



(1) 该循环过程中，下列说法正确的是 (C)

A. A→B 过程中，外界对气体做功

B. B→C 过程中，气体分子的平均动能增大

C. C→D 过程中，单位时间内碰撞单位面积器壁的分子数增多

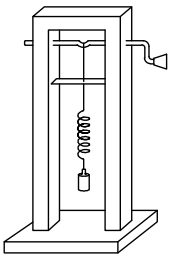
D. D→A 过程中，气体分子的速率分布曲线不发生变化

(2) 该循环过程中，内能减小的过程是 B→C（选填“A→B”、“B→C”、“C→D”或“D→A”）。若气体在 A→B 过程中吸收 63 kJ 的热量，在 C→D 过程中放出 38 kJ 的热量，则气体完成一次循环对外做的功为 25 kJ。

(3) 若该循环过程中的气体为 1 mol，气体在 A 状态时的体积为 10 L，在 B 状态时压强为 A 状态时的 $\frac{2}{3}$。求气体在 B 状态时单位体积内的分子数。（已知阿伏加德罗常数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}$，计算结果保留一位有效数字）

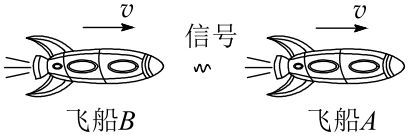
B.（选修模块 3-4）

(1) 如题图所示的装置，弹簧振子的固有频率是 4 Hz。现匀速转动把手，给弹簧振子以周期性的驱动力，测得弹簧振子振动达到稳定时的频率为 1 Hz，则把手转动的频率为 (A)

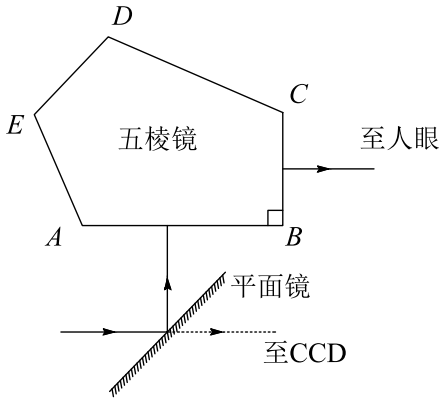


A. 1 Hz　　B. 3 Hz　　C. 4 Hz　　D. 5 Hz

(2) 如题图所示，两艘飞船 A、B 沿同一直线同向飞行，相对地面的速度均为 v（v 接近光速 c）。地面上测得它们相距为 L，则 A 测得两飞船间的距离大于（选填“大于”、“等于”或“小于”）L。当 B 向 A 发出一光信号，A 测得该信号的速度为 c。



(3) 题图为单反照相机取景器的示意图，ABCDE 为五棱镜的一个截面，AB⊥BC。光线垂直 AB 射入，分别在 CD 和 EA 上发生反射，且两次反射的入射角相等，最后光线垂直 BC 射出。若两次反射都为全反射，则该五棱镜折射率的最小值是多少？（计算结果可用三角函数表示）

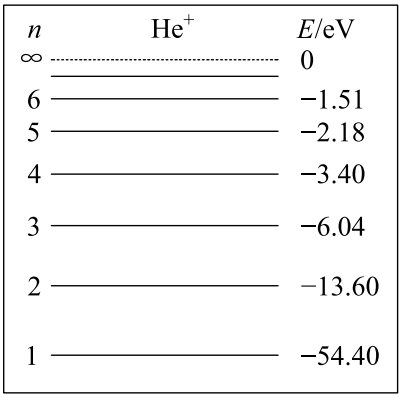


C.（选修模块 3-5）

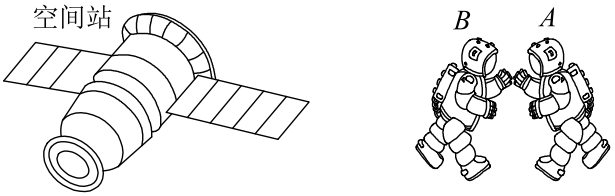
(1) 如果一个电子的德布罗意波长和一个中子的相等，则它们的 (C) 也相等。

A. 速度　　B. 动能　　C. 动量　　D. 总能量

(2) 根据玻尔原子结构理论，氦离子（He^+）的能级图如题图所示。电子处在 $n=3$ 轨道上比处在 $n=5$ 轨道上离氦核的距离近（选填“近”或“远”）。当大量He^+ 处在 $n=4$ 的激发态时，由于跃迁所发射的谱线有 6 条。



(3) 如题图所示，进行太空行走的宇航员 A 和 B 的质量分别为 80 kg 和 100 kg，他们携手远离空间站，相对空间站的速度为 0.1 m/s。A 将 B 向空间站方向轻推后，A 的速度变为 0.2 m/s，求此时 B 的速度大小和方向。



(1) A：（1）C；（2）B→C，25 kJ；（3）等温过程 $p_AV_A=p_BV_B$，单位体积内的分子数 $n=\frac{N_A}{V_B}$，解得 $n=\frac{N_Ap_B}{p_AV_A}$，代入数据得 $n=4\times10^{25}\,\mathrm{m}^{-3}$。 (2) B：（1）A；（2）大于，$c$（或光速）；（3）由题意知，入射角 $\alpha=22.5°$，则折射率最小值 $n=\frac{1}{\sin 22.5°}$。 (3) C：（1）C；（2）近，6；（3）根据动量守恒 $(m_A+m_B)v_0=m_Av_A+m_Bv_B$，解得 $v_B=0.02\,\mathrm{m/s}$，方向为离开空间站。

A.（1）$A\to B$ 过程中气体体积变大，气体对外做功，故 A 错误；$B\to C$ 为绝热过程，气体体积变大、对外界做功，内能减小，温度降低，气体分子的平均动能减小，故 B 错误；$C\to D$ 为等温过程，压强增大、体积变小，单位时间内碰撞单位面积器壁的分子数增多，故 C 正确；$D\to A$ 过程中气体体积减小，外界对气体做功，内能增大，温度升高，气体分子的速率分布曲线的最大值向速率大的方向偏移，故 D 错误。

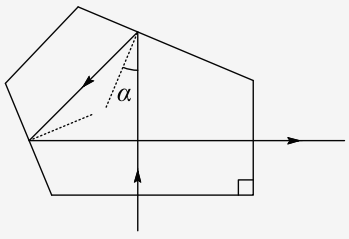
（2）该循环过程中 $B\to C$ 温度降低，内能减少；一个循环中气体内能不变，$B\to C$、$D\to A$ 为绝热过程，整个过程中吸收的热量为 $63\,\mathrm{kJ}-38\,\mathrm{kJ}=25\,\mathrm{kJ}$，由热力学第一定律可知气体对外做的功为 25 kJ。

（3）由等温过程得 $p_AV_A=p_BV_B$，单位体积内的分子数 $n=\frac{N_A}{V_B}$，联立解得 $n=\frac{N_Ap_B}{p_AV_A}$，代入数据得 $n=4\times10^{25}\,\mathrm{m}^{-3}$。

B.（1）弹簧振子做受迫振动，振动频率等于驱动力的频率，即为 1 Hz，故 A 正确。

（2）两飞船间的距离相对于 A 是不变的，相对于地面的人是运动的，因此在地面的人测得两飞船间的长度短，A 测得的长度大于 L，为两飞船间的实际距离；光速在任何惯性参考系中都不变，因此 A 测得的光信号的速度为 c。

（3）光路如图所示，由几何关系知光线发生全反射的入射角为 $\alpha=22.5°$，则折射率最小值 $n=\frac{1}{\sin 22.5°}$。



C.（1）由 $\lambda=\frac{h}{p}$ 可知，如果一个电子和一个中子的波长相等，则它们的动量 p 相等，故 C 正确。

（2）由玻尔理论知，能级越低，电子的轨道半径越小，电子离核越近；当大量氦离子处在 $n=4$ 的激发态时，由于跃迁所发射的谱线条数为 $C_4^2=6$。

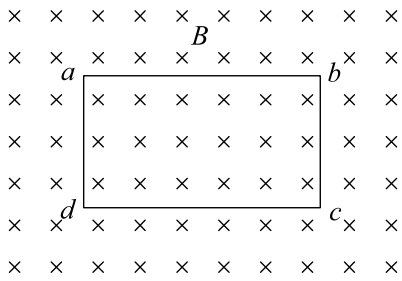
（3）由动量守恒得 $(m_A+m_B)v_0=m_Av_A+m_Bv_B$，解得 $v_B=0.02\,\mathrm{m/s}$，方向为离开空间站。

13. 如图所示，匀强磁场中有一矩形闭合线圈 abcd，线圈平面与磁场垂直。已知线圈的匝数 $N=100$，边长 $ab=1.0\,\mathrm{m}$、$bc=0.5\,\mathrm{m}$，电阻 $r=2\,\Omega$。磁感应强度 B 在 $0\sim1\,\mathrm{s}$ 内从零均匀变化到 $0.2\,\mathrm{T}$。在 $1\sim5\,\mathrm{s}$ 内从 $0.2\,\mathrm{T}$ 均匀变化到 $-0.2\,\mathrm{T}$，取垂直纸面向里为磁场的正方向。求：

(1) $0.5\,\mathrm{s}$ 时线圈内感应电动势的大小 E 和感应电流的方向；

(2) 在 $1\sim5\,\mathrm{s}$ 内通过线圈的电荷量 q；

(3) 在 $0\sim5\,\mathrm{s}$ 内线圈产生的焦耳热 Q。



(1) $10\,\mathrm{V}$，感应电流的方向 $a\to d\to c\to b\to a$　(2) $10\,\mathrm{C}$　(3) $100\,\mathrm{J}$

（1）感应电动势 $E_1=N\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t_1}$，磁通量的变化 $\Delta\Phi_1=\Delta B_1 S$。

解得 $E_1=N\frac{\Delta B_1 S}{\Delta t_1}$，代入数据得 $E_1=10\,\mathrm{V}$，感应电流的方向 $a\to d\to c\to b\to a$。

（2）同理可得 $E_2=N\frac{\Delta B_2 S}{\Delta t_2}$，感应电流 $I_2=\frac{E_2}{r}$，电量 $q=I_2\Delta t_2$。

解得 $q=N\frac{\Delta B_2 S}{r}$，代入数据得 $q=10\,\mathrm{C}$。

（3）$0\sim1\,\mathrm{s}$ 内的焦耳热 $Q_1=I_1^2 r\Delta t_1$，且 $I_1=\frac{E_1}{r}$；$1\sim5\,\mathrm{s}$ 内的焦耳热 $Q_2=I_2^2 r\Delta t_2$。

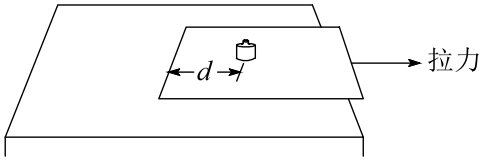
由 $Q=Q_1+Q_2$，代入数据得 $Q=100\,\mathrm{J}$。

14. 如图所示，将小砝码置于桌面上的薄纸板上，用水平向右的拉力将纸板迅速抽出，砝码的移动很小，几乎观察不到，这就是大家熟悉的惯性演示实验。若砝码和纸板的质量分别为 m_1 和 m_2，各接触面间的动摩擦因数均为 μ。重力加速度为 g。

(1) 当纸板相对砝码运动时，求纸板所受摩擦力的大小；

(2) 要使纸板相对砝码运动，求所需拉力的大小；

(3) 本实验中，$m_1=0.5\,\mathrm{kg}$，$m_2=0.1\,\mathrm{kg}$，$\mu=0.2$，砝码与纸板左端的距离 $d=0.1\,\mathrm{m}$，取 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$。若砝码移动的距离超过 $l=0.002\,\mathrm{m}$，人眼就能感知。为确保实验成功，纸板所需的拉力至少多大？



(1) $\mu(2m_1+m_2)g$ (2) $F>2\mu(m_1+m_2)g$ (3) 22.4 N

（1）砝码对纸板的摩擦力 $f_1=\mu m_1 g$，桌面对纸板的摩擦力 $f_2=\mu(m_1+m_2)g$，$f=f_1+f_2$。解得 $f=\mu(2m_1+m_2)g$。

（2）设砝码的加速度为 a_1，纸板的加速度为 a_2，则 $f_1=m_1a_1$，$F-f_1-f_2=m_2a_2$，发生相对运动 $a_2>a_1$。解得 $F>2\mu(m_1+m_2)g$。

（3）纸板抽出前，砝码运动的距离 $x_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2$，纸板运动的距离 $d+x_1=\frac{1}{2}a_2t_1^2$。纸板抽出后，砝码在桌面上运动的距离 $x_2=\frac{1}{2}a_3t_2^2$，$l=x_1+x_2$。由题意知 $a_1=a_3$，$a_1t_1=a_3t_2$，解得 $F=2\mu[m_1+(1+\frac{d}{l})m_2]g$。代入数据得 $F=22.4\,\mathrm{N}$。

15. 在科学研究中，可以通过施加适当的电场和磁场来实现对带电粒子运动的控制。如图 1 所示的 xOy 平面处于匀强电场和匀强磁场中，电场强度 E 和磁感应强度 B 随时间 t 作周期性变化的图象如图 2 所示。x 轴正方向为 E 的正方向，垂直纸面向里为 B 的正方向。在坐标原点 O 有一粒子 P，其质量和电荷量分别为 m 和 $+q$。不计重力。在 $t=\frac{\tau}{2}$ 时刻释放 P，它恰能沿一定轨道做往复运动。

(1) 求 P 在磁场中运动时速度的大小 v_0；

(2) 求 B_0 应满足的关系；

(3) 在 t_0（$0<t_0<\frac{\tau}{2}$）时刻释放 P，求 P 速度为零时的坐标。

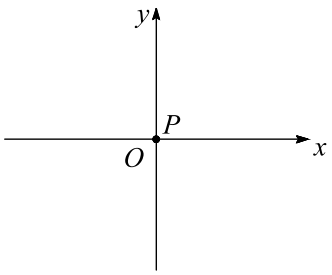


图 1

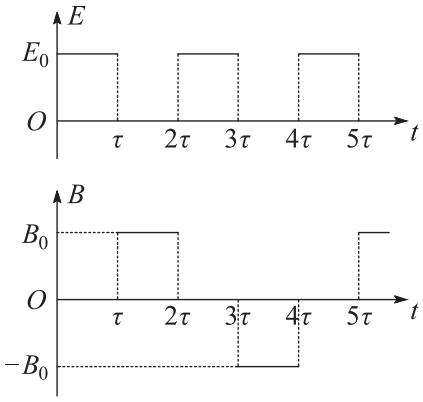


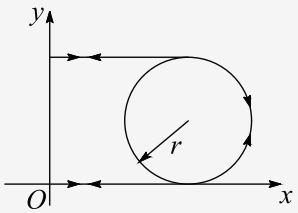
图 2

(1) $v_0=\frac{qE_0\tau}{2m}$ (2) $B_0=\frac{(2n-1)\pi m}{q\tau}$（$n=1$，2，3$\cdots$） (3) 纵坐标为 $\frac{2E_0[k(\tau-2t_0)+t_0]}{B_0}$ 或 $\frac{2E_0k(\tau-2t_0)}{B_0}$（$k=1$，2，3$\cdots$）

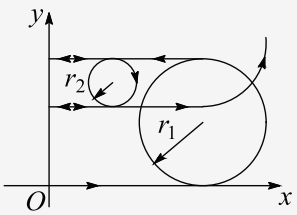
（1）$\frac{\tau}{2}\sim\tau$ 作匀加速直线运动，$\tau\sim2\tau$ 作匀速圆周运动。电场力 $F=qE_0$，加速度 $a=\frac{F}{m}$，速度 $v_0=at$，且 $t=\frac{\tau}{2}$。解得 $v_0=\frac{qE_0\tau}{2m}$。

（2）只有当 $t=2\tau$ 时，P 在磁场中作圆周运动结束并开始沿 x 轴负方向运动，才能沿一定轨道作往复运动，如图所示。设 P 在磁场中做圆周运动的周期为 T。则

$(n-\frac{1}{2})T=\tau(n=1,2,3\cdots)$。匀速圆周运动 $qvB_0=m\frac{v^2}{r}$，$T=\frac{2\pi r}{v}$。解得 $B_0=\frac{(2n-1)\pi m}{q\tau}$ $(n=1,2,3\cdots)$。



（3）在 t_0 时刻释放，P 在电场中加速时间为 $\tau-t_0$。在磁场中匀速圆周运动 $v_1=\frac{qE_0(\tau-t_0)}{m}$，圆周运动的半径 $r_1=\frac{mv_1}{qB_0}$。解得 $r_1=\frac{E_0(\tau-t_0)}{B_0}$。又经 $(\tau-t_0)$ 时间 P 减速为零后向右加速时间为 t_0。P 再进入磁场 $v_2=\frac{qE_0t_0}{m}$，圆周运动的半径 $r_2=\frac{mv_2}{qB_0}$。解得 $r_2=\frac{E_0t_0}{B_0}$。综上分析，速度为零时横坐标 $x=0$，$y=\begin{cases}2[kr_1-(k-1)r_2]\\2k(r_1-r_2)\end{cases}$ $(k=1,2,3\cdots)$。



解得相应的纵坐标为 $\frac{2E_0[k(\tau-2t_0)+t_0]}{B_0}$，$\frac{2E_0k(\tau-2t_0)}{B_0}$（$k=1,2,3\cdots$）。