2007 年天津理综

1. 下列说法正确的是（B）

   A. 用三棱镜观察太阳光谱是利用光的干涉现象

   B. 在光导纤维束内传送图像是利用光的全反射现象

   C. 用标准平面检查光学平面的平整程度是利用光的偏振现象

   D. 电视机遥控器是利用发出紫外线脉冲信号来变换频道的

   > 用三棱镜观察太阳光谱是利用光的色散现象，故 A 错误；光导纤维是利用光的全反射现象，故 B 正确；用标准平面检查光学平面的平整程度是利用薄膜干涉，故 C 错误；电视机遥控器是利用红外脉冲信号，故 D 错误。

2. 如图所示，物体 A 静止在光滑的水平面上，A 的左边固定有轻质弹簧，与 A 质量相同的物体 B 以速度 v 向 A 运动并与弹簧发生碰撞，A、B 始终沿同一直线运动，则 A、B 组成的系统动能损失最大的时刻是（D）

   A. A 开始运动时

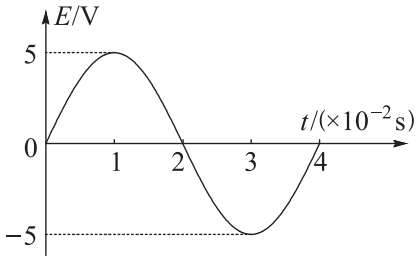
   B. A 的速度等于 v 时

   C. B 的速度等于零时

   D. A 和 B 的速度相等时

   > A、B 速度相等时弹簧的压缩量最大，弹性势能最大，则系统动能损失最大，故 D 正确。

3. 将阻值为 $5\,\Omega$ 的电阻接到内阻不计的交流电源上，电源电动势随时间变化的规律如图所示。下列说法正确的是（C）

   A. 电路中交变电流的频率为 $0.25\,\mathrm{Hz}$

   B. 通过电阻的电流为 $\sqrt{2}\,\mathrm{A}$

   C. 电阻消耗的电功率为 $2.5\,\mathrm{W}$

   D. 用交流电压表测得电阻两端的电压是 $5\,\mathrm{V}$

由图可知，交变电流的周期 $T=4\times10^{-2}\,\mathrm{s}$，频率为 $f=\frac{1}{T}=25\,\mathrm{Hz}$，故 A 错误；通过电阻的电流 $I=\frac{U}{R}=\frac{5/\sqrt{2}}{5}\,\mathrm{A}=\frac{\sqrt{2}}{2}\,\mathrm{A}$，故 B 错误；电阻消耗的电功率 $P=I^2R=2.5\,\mathrm{W}$，故 C 正确；电压表测量的是电压的有效值，为 $\frac{5\sqrt{2}}{2}\,\mathrm{V}$，故 D 错误。

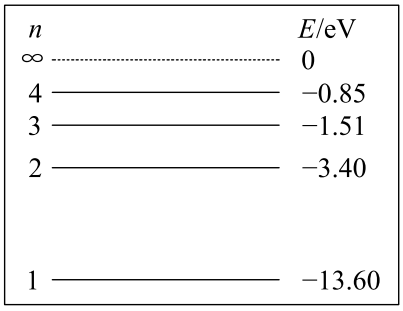
4. 我国绕月探测工程的预先研究和工程实施已取得重要进展。设地球、月球的质量分别为 m_1、m_2，半径分别为 R_1、R_2，人造地球卫星的第一宇宙速度为 v，对应的环绕周期为 T，则环绕月球表面附近圆轨道飞行的探测器的速度和周期分别为 (A)

A. $\sqrt{\frac{m_2R_1}{m_1R_2}}v$，$\sqrt{\frac{m_1R_2^3}{m_2R_1^3}}T$　　B. $\sqrt{\frac{m_1R_2}{m_2R_1}}v$，$\sqrt{\frac{m_2R_1^3}{m_1R_2^3}}T$

C. $\sqrt{\frac{m_2R_1}{m_1R_2}}v$，$\sqrt{\frac{m_2R_1^3}{m_1R_2^3}}T$　　D. $\sqrt{\frac{m_1R_2}{m_2R_1}}v$，$\sqrt{\frac{m_1R_2^3}{m_2R_1^3}}T$

由万有引力提供向心力得 $G\frac{m_1m}{R_1^2}=m\frac{v^2}{R_1}$，$G\frac{m_2m}{R_2^2}=m\frac{v'^2}{R_2}$，解得 $v'=\sqrt{\frac{m_2R_1}{m_1R_2}}v$；又 $G\frac{m_1m}{R_1^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}R_1$，$G\frac{m_2m}{R_2^2}=m\frac{4\pi^2}{T'^2}R_2$，解得 $T'=\sqrt{\frac{m_1R_2^3}{m_2R_1^3}}T$，故 A 正确。

5. 下图为氢原子能级的示意图，现有大量的氢原子处于 $n=4$ 的激发态，当向低能级跃迁时辐射出若干不同频率的光。关于这些光下列说法正确的是 (D)



A. 最容易表现出衍射现象的光是由 $n=4$ 能级跃到 $n=1$ 能级产生的

B. 频率最小的光是由 $n=2$ 能级跃迁到 $n=1$ 能级产生的

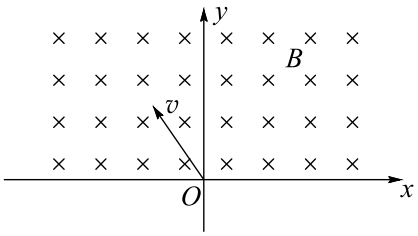
C. 这些氢原子总共可辐射出 3 种不同频率的光

D. 用 $n=2$ 能级跃迁到 $n=1$ 能级辐射出的光照射逸出功为 6.34 eV 的金属铂能发生光电效应

波长越长、频率越低、能量越小的光子越容易表现出衍射现象，应该是由 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级产生的，故 A、B 错误；这些氢原子总共可辐射 $\frac{(k-1)k}{2}=\frac{(4-1)\times4}{2}=6$ 种不同频率的光，故 C 错误；从 $n=2$ 能级跃迁到 $n=1$ 能级时，辐射的光子能量 $E=-3.4\,\mathrm{eV}-(-13.6\,\mathrm{eV})=10.2\,\mathrm{eV}$，大于金属铂的逸出功，故 D 正确。

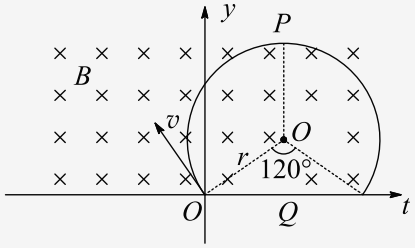
6. 如图所示，在 x 轴上方存在着垂直于纸面向里、磁感应强度为 B 的匀强磁场。一个不计重力的带电粒子从坐标原点 O 处以速度 v 进入磁场，粒子进入磁场时的速度方向垂

直于磁场且与 x 轴正方向成 120° 角，若粒子穿过 y 轴正半轴后在磁场中到 x 轴的最大距离为 a，则该粒子的比荷和所带电荷的正负是 (C)

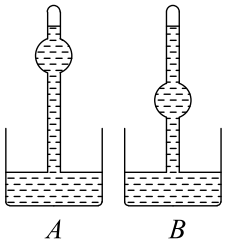


A. $\frac{3v}{2aB}$，正电荷　　B. $\frac{v}{2aB}$，正电荷　　C. $\frac{3v}{2aB}$，负电荷　　D. $\frac{v}{2aB}$，负电荷

粒子能穿过 y 轴正半轴，由左手定则可判断粒子带负电；穿过 y 轴后在磁场中到 x 轴的最大距离为 $PQ=a$，则 $a=r+r\cos 60°$，解得 $r=\frac{2}{3}a$，又 $r=\frac{mv}{qB}$，故 $\frac{q}{m}=\frac{3v}{2Ba}$，故 C 正确。



7. A、B 两装置，均由一支一端封闭，一端开口且带有玻璃泡的管状容器和水银槽组成，除玻璃泡在管上的位置不同外，其他条件都相同。将两管抽成真空后，开口向下竖直插入水银槽中（插入过程没有空气进入管内），水银柱上升至图示位置停止。假设这一过程水银与外界没有热交换，则下列说法正确的是 (B)



A. A 中水银的内能增量大于 B 中水银的内能增量

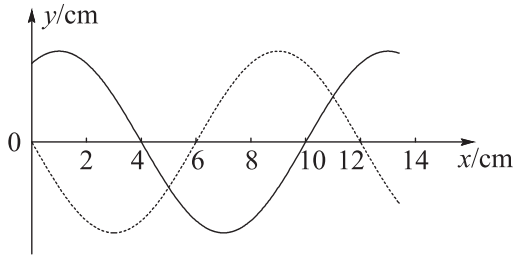
B. B 中水银的内能增量大于 A 中水银的内能增量

C. A 和 B 中水银体积保持不变，故内能增量相同

D. A 和 B 中水银温度始终相同，故内能增量相同

由于水银与外界没有热交换，大气压力对水银做功，一部分转化为水银的重力势能，一部分转化为水银的内能；两种情况下管中进入的水银量相等，故大气将槽中水银面向下压的距离相等，因此大气压力做功相等；装置 A 管中水银的重力势能比装置 B 的大，因此 A 中水银的内能增量比 B 中小，故 B 正确。

8. 如图所示，实线是沿 x 轴传播的一列简谐横波在 $t=0$ 时刻的波形图，虚线是这列波在 $t=0.2\,\mathrm{s}$ 时刻的波形图。已知该波的波速是 $0.8\,\mathrm{m/s}$，则下列说法正确的是 (D)



A. 这列波的波长是 $14\,\mathrm{cm}$

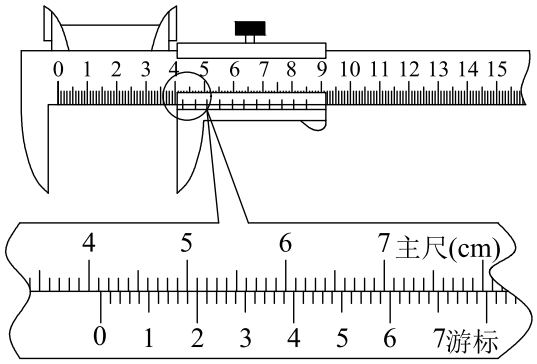
B. 这列波的周期是 $0.125\,\mathrm{s}$

C. 这列波可能是沿 x 轴正方向传播的

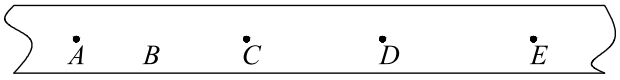
D. $t=0$ 时，$x=4\,\mathrm{cm}$ 处的质点速度沿 y 轴负方向

> 由图可知，波长为 $12\,\mathrm{cm}$，周期 $T=\frac{\lambda}{v}=\frac{0.12}{0.8}\,\mathrm{s}=0.15\,\mathrm{s}$，故 A、B 错误；经 $t=0.2\,\mathrm{s}=1\frac{1}{3}T$，波传播的距离为 $1\frac{1}{3}\lambda$，沿 x 轴负方向传播，故 C 错误、D 正确。

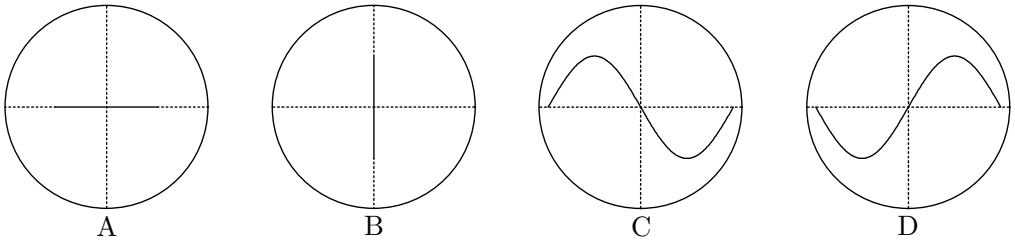
9. (1) 一种游标卡尺，它的游标尺上有 50 个小的等分刻度，总长度为 $49\,\mathrm{mm}$。用它测量某物体长度，卡尺示数如图所示，则该物体的长度是 $4.120\,\mathrm{cm}$。



(2) 某学生用打点计时器研究小车的匀变速直线运动。他将打点计时器接到频率为 $50\,\mathrm{Hz}$ 的交流电源上，实验时得到一条纸带。他在纸带上便于测量的地方选取第一个计时点，在这点下标明 A，第六个点下标明 B，第十一个点下标明 C，第十六个点下标明 D，第二十一个点下标明 E。测量时发现 B 点已模糊不清，于是他测得 AC 长为 $14.56\,\mathrm{cm}$、CD 长为 $11.15\,\mathrm{cm}$，DE 长为 $13.73\,\mathrm{cm}$，则打 C 点时小车的瞬时速度大小为 $0.986\,\mathrm{m/s}$，小车运动的加速度大小为 $2.58\,\mathrm{m/s^2}$，AB 的距离应为 $5.99\,\mathrm{cm}$。（保留三位有效数字）



(3) 在“练习使用示波器”实验中，某同学将衰减调节旋钮置于最右边的“～”挡，扫描范围旋钮置于“外 X”挡，“X 输入”与“地”之间未接信号输入电压，他在示波器荧光屏上看到的图像可能是下图中的 B。



(1) 4.120 cm　(2) 0.986 m/s，2.58 m/s^2，5.99 cm　(3) B

（1）主尺读数为 41 mm，游标尺上的第 10 个刻度线与主尺刻度线对齐，游标读数为 $0.02 \times 10\,\text{mm} = 0.20\,\text{mm}$，故读数为 $41\,\text{mm} + 0.20\,\text{mm} = 41.20\,\text{mm} = 4.120\,\text{cm}$。

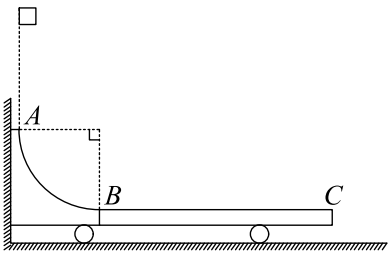
（2）物体做匀变速直线运动，平均速度等于中间时刻的瞬时速度，所以 C 点的速度等于 AE 段的平均速度，故 $v_C = \frac{AC+CD+DE}{4T} = 0.986\,\text{m/s}$；计算加速度时采用逐差法，$a_1 = \frac{x_{CD}-x_{AB}}{2T^2}$，$a_2 = \frac{x_{DE}-x_{BC}}{2T^2}$，平均值 $a = 2.58\,\text{m/s}^2$；由 $\Delta x = x_{DE} - x_{CD} = x_{CD} - x_{BC} = x_{BC} - x_{AB}$，代入数据得 $x_{AB} = 5.99\,\text{cm}$。

（3）衰减调节旋钮置于最右边的“∼”挡时，由机内自行提供竖直方向按正弦规律变化的交流电压，屏上的亮斑发生竖直方向的移动；扫描范围旋钮置于“外 X”挡，此时机内没有扫描电压，“X 输入”与“地”之间未接信号输入电压，水平方向也没有外接电压，所以水平方向没有电压，屏上的亮斑不会发生水平方向的移动，所以看到的图像应该是 B 图中的图像。

10. 如图所示，水平光滑地面上停放着一辆小车，左侧靠在竖直墙壁上，小车的四分之一圆弧轨道 AB 是光滑的，在最低点 B 与水平轨道 BC 相切，BC 的长度是圆弧半径的 10 倍，整个轨道处于同一竖直平面内。可视为质点的物块从 A 点正上方某处无初速下落，恰好落入小车圆弧轨道滑动，然后沿水平轨道滑行至轨道末端 C 处恰好没有滑出。已知物块到达圆弧轨道最低点 B 时对轨道的压力是物块重力的 9 倍，小车的质量是物块的 3 倍，不考虑空气阻力和物块落入圆弧轨道时的能量损失。求：

(1) 物块开始下落的位置距水平轨道 BC 的竖直高度是圆弧半径的几倍；

(2) 物块与水平轨道 BC 间的动摩擦因数 μ。



(1) $h = 4R$　(2) $\mu = 0.3$

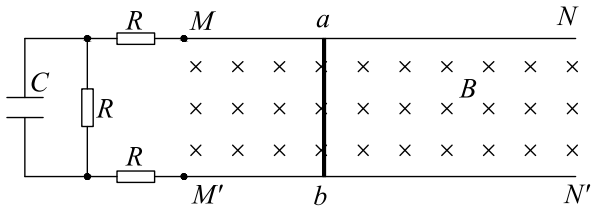
（1）设物块开始下落处的位置距 BC 的竖直高度为 h，圆弧轨道半径为 R。由机械能守恒定律得 $mgh=\frac{1}{2}mv^2$，在 B 点根据牛顿第二定律得 $9mg-mg=m\frac{v^2}{R}$，解得 $h=4R$。

（2）物块滑到 C 点时与小车的共同速度为 v_1，由动量守恒定律得 $mv=(m+3m)v_1$，对物块和小车应用动能定理得 $\mu mg\cdot 10R=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}(m+3m)v_1^2$，解得 $\mu=0.3$。

11. 两根光滑的长直金属导轨 MN、$M'N'$ 平行置于同一水平面内，导轨间距为 l，电阻不计，M、M' 处接有如图所示的电路，电路中各电阻的阻值均为 R，电容器的电容为 C。长度也为 l、阻值同为 R 的金属棒 ab 垂直于导轨放置，导轨处于磁感应强度为 B、方向竖直向下的匀强磁场中。ab 在外力作用下向右匀速运动且与导轨保持良好接触，在 ab 运动距离为 s 的过程中，整个回路中产生的焦耳热为 Q。求：

(1) ab 运动速度 v 的大小；

(2) 电容器所带的电荷量 q。



(1) $v=\frac{4QR}{B^2l^2s}$　(2) $q=\frac{CQR}{Bls}$

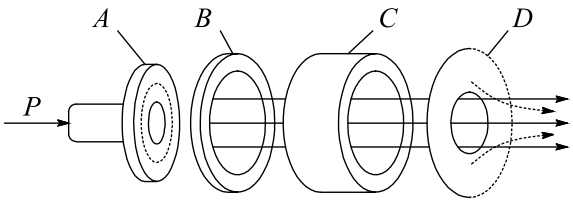
（1）设 ab 上产生的感应电动势为 E，回路中电流为 I，ab 运动距离 s 所用的时间为 t，则有 $E=Blv$，$I=\frac{E}{4R}$，$t=\frac{s}{v}$，$Q=I^2(4R)t$。由上述方程得 $v=\frac{4QR}{B^2l^2s}$。

（2）设电容器两极板间的电势差为 U，则有 $U=IR$，电容器所带电荷量为 $q=CU$，解得 $q=\frac{CQR}{Bls}$。

12. 离子推进器是新一代航天动力装置，可用于卫星姿态控制和轨道修正。推进剂从图中 P 处注入，在 A 处电离出正离子，BC 之间加有恒定电压，正离子进入 B 时的速度忽略不计，经加速后形成电流为 I 的离子束后喷出。已知推进器获得的推力为 F，单位时间内喷出的离子质量为 J。为研究问题方便，假定离子推进器在太空中飞行时不受其他外力，忽略推进器运动速度。

(1) 求加在 BC 间的电压 U；

(2) 为使离子推进器正常运行，必须在出口 D 处向正离子束注入电子，试解释其原因。



(1) $U=\frac{F^2}{2JI}$　(2) 推进器持续喷出正离子束，会使带有负电荷的电子留在其中，由于库仑力作用，将严重阻碍正离子的继续喷出，电子积累足够多时，甚至会将喷出的正离子再吸引回来，致使推进器无法正常工作。因此，必须在出口 D 处发射电子注入到正离子束，以中和正离子，使推进器获得持续推力。

（1）设一个正离子的质量为 m、电荷量为 q，加速后的速度为 v，根据动能定理有 $qU=\frac{1}{2}mv^2$。设离子推进器在 Δt 时间内喷出质量为 ΔM 的正离子，并以其为研究对象，推进器对 ΔM 的作用力为 F'，由动量定理有 $F'\Delta t=\Delta Mv$；由牛顿第三定律知 $F'=F$。设加速后离子束的横截面积为 S，单位体积内的离子数为 n，则有 $I=nqvS$，$J=nmvS$，两式相比可得 $\frac{I}{J}=\frac{q}{m}$；又 $J=\frac{\Delta M}{\Delta t}$，解得 $U=\frac{F^2}{2JI}$。

（2）推进器持续喷出正离子束，会使带有负电荷的电子留在其中，由于库仑力作用，将严重阻碍正离子的继续喷出，电子积累足够多时，甚至会将喷出的正离子再吸引回来，致使推进器无法正常工作。因此，必须在出口 D 处发射电子注入到正离子束，以中和正离子，使推进器获得持续推力。