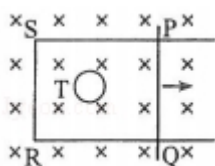


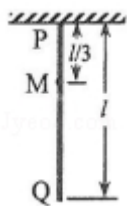
# 2017 年全国高考统一物理试卷 (新课标Ⅲ)

一、选择题：本题共 8 小题，每小题 6 分，共 48 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~5 题只有一项符合题目要求，第 6~7 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

1. (6分) 2017年4月,我国成功发射的天舟一号货运飞船与天宫二号空间实验室完成了首次交会对接,对接形成的组合体仍沿天宫二号原来的轨道(可视为圆轨道)运行.与天宫二号单独运行相比,组合体运行的( )
- A. 周期变大 B. 速率变大
- C. 动能变大 D. 向心加速度变大
2. (6分) 如图,在方向垂直于纸面向里的匀强磁场中有一U形金属导轨,导轨平面与磁场垂直.金属杆PQ置于导轨上并与导轨形成闭合回路PQRS,一圆环形金属框T位于回路围成的区域内,线框与导轨共面.现让金属杆PQ突然向右运动,在运动开始的瞬间,关于感应电流的方向,下列说法正确的是( )



3. (6 分) 如图, 一质量为  $m$ , 长度为  $l$  的均匀柔软细绳 PQ 竖直悬挂。用外力将绳的下端 Q 缓慢地竖直向上拉起至 M 点, M 点与绳的上端 P 相距  $\frac{1}{3}l$ 。重力加速度大小为  $g$ 。在此过程中, 外力做的功为 ( )



- A.  $\frac{1}{9}mgl$       B.  $\frac{1}{6}mgl$       C.  $\frac{1}{3}mgl$       D.  $\frac{1}{2}mgl$

4. (6分) 一根轻质弹性绳的两端分别固定在水平天花板上相距 80cm 的两点上，弹性绳的原长也为 80cm。将一钩码挂在弹性绳的中点，平衡时弹性绳的总长度为 100cm；再将弹性绳的两端缓慢移至天花板上的同一点，则弹性绳的总长度变为（弹性绳的伸长始终处于弹性限度内）（ ）

- A. 86cm      B. 92cm      C. 98cm      D. 104cm

5. (6分) 如图，在磁感应强度大小为  $B_0$  的匀强磁场中，两长直导线 P 和 Q 垂直于纸面固定放置，两者之间的距离为  $l$ 。在两导线中均通有方向垂直于纸面向里的电流  $I$  时，纸面内与两导线距离均为  $l$  的 a 点处的磁感应强度为零。如果让 P 中的电流反向、其他条件不变，则 a 点处磁感应强度的大小为（ ）

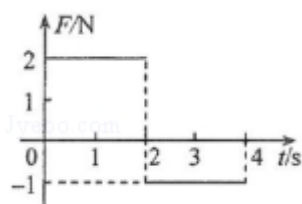


- A. 0      B.  $\frac{\sqrt{3}}{3}B_0$       C.  $\frac{2\sqrt{3}}{3}B_0$       D.  $2B_0$

6. (6分) 在光电效应实验中，分别用频率为  $\nu_a$ 、 $\nu_b$  的单色光 a、b 照射到同种金属上，测得相应的遏止电压分别为  $U_a$  和  $U_b$ 、光电子的最大初动能分别为  $E_{ka}$  和  $E_{kb}$ ， $h$  为普朗克常量。下列说法正确的是（ ）

- A. 若  $\nu_a > \nu_b$ ，则一定有  $U_a < U_b$   
 B. 若  $\nu_a > \nu_b$ ，则一定有  $E_{ka} > E_{kb}$   
 C. 若  $U_a < U_b$ ，则一定有  $E_{ka} < E_{kb}$   
 D. 若  $\nu_a > \nu_b$ ，则一定有  $h\nu_a - E_{ka} > h\nu_b - E_{kb}$

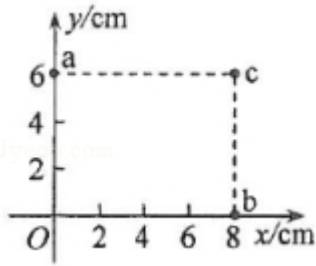
7. (6分) 一质量为 2kg 的物块在合外力  $F$  的作用下从静止开始沿直线运动。 $F$  随时间  $t$  变化的图线如图所示，则（ ）



- A.  $t=1s$  时物块的速率为 1m/s

- B.  $t=2\text{s}$  时物块的动量大小为  $4\text{kg}\cdot\text{m/s}$   
 C.  $t=3\text{s}$  时物块的动量大小为  $5\text{kg}\cdot\text{m/s}$   
 D.  $t=4\text{s}$  时物块的速度为零

8. (6 分) 一匀强电场的方向平行于  $xOy$  平面，平面内  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点的位置如图所示，三点的电势分别为  $10\text{V}$ 、 $17\text{V}$ 、 $26\text{V}$ 。下列说法正确的是 ( )



- A. 电场强度的大小为  $2.5\text{V/cm}$   
 B. 坐标原点处的电势为  $1\text{V}$   
 C. 电子在  $a$  点的电势能比在  $b$  点的低  $7\text{eV}$   
 D. 电子从  $b$  点运动到  $c$  点，电场力做功为  $9\text{eV}$

## 二、非选择题 (共 4 小题, 满分 47 分)

9. (6 分) 某探究小组做“验证力的平行四边形定则”实验，将画有坐标轴 (横轴为  $x$  轴，纵轴为  $y$  轴，最小刻度表示  $1\text{mm}$ ) 的纸贴在桌面上，如图 (a) 所示。将橡皮筋的一端  $Q$  固定在  $y$  轴上的  $B$  点 (位于图示部分除外)，另一端  $P$  位于  $y$  轴上的  $A$  点时，橡皮筋处于原长。

(1) 用一只测力计将橡皮筋的  $P$  端沿  $y$  轴从  $A$  点拉至坐标原点  $O$ ，此时拉力  $F$  的大小可由测力计读出。测力计的示数如图 (b) 所示， $F$  的大小为 \_\_\_\_\_  $\text{N}$ 。

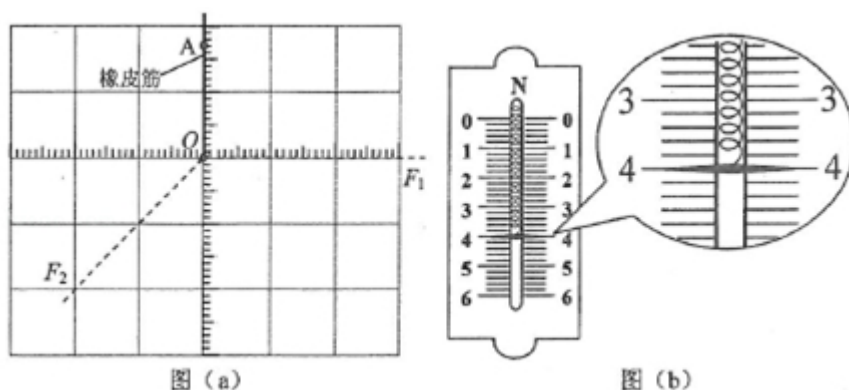
(2) 撤去 (1) 中的拉力，橡皮筋  $P$  端回到  $A$  点；现使用两个测力计同时拉橡皮筋，再次将  $P$  端拉至  $O$  点，此时观察到两个拉力分别沿图 (a) 中两条虚线所示的方向，由测力计的示数读出两个拉力的大小分别为  $F_1=4.2\text{N}$  和  $F_2=5.6\text{N}$ 。

(i) 用  $5\text{mm}$  长度的线段表示  $1\text{N}$  的力，以  $O$  点为作用点，在图 (a) 中画出力  $F_1$ 、 $F_2$  的图示，然后按平行四边形定则画出它们的合力  $F_{\text{合}}$ ；

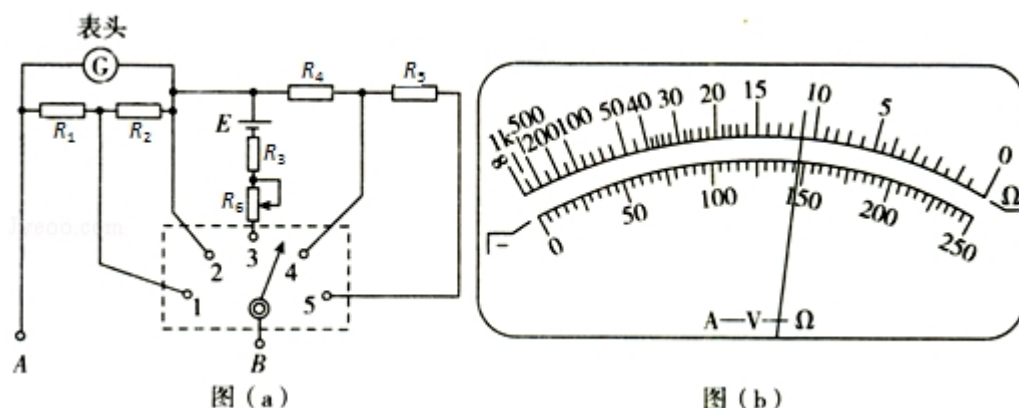
(ii)  $F_{\text{合}}$  的大小为 \_\_\_\_\_  $\text{N}$ ， $F_{\text{合}}$  与拉力  $F$  的夹角的正切值为 \_\_\_\_\_。

若  $F_{\text{合}}$  与拉力  $F$  的大小及方向的偏差均在实验所允许的误差范围之内，则该实验

验证了力的平行四边形定则。



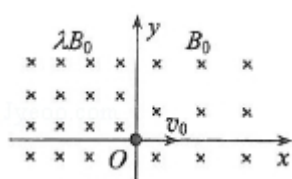
10. (9分) 图(a)为某同学组装完成的简易多用电表的电路图。图中E是电池， $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 和 $R_5$ 是固定电阻， $R_6$ 是可变电阻；表头G的满偏电流为250  $\mu\text{A}$ ，内阻为480  $\Omega$ 。虚线方框内为换挡开关，A端和B端分别于两表笔相连。该多用电表有5个挡位，5个挡位为：直流电压1V挡和5V挡，直流电流1mA挡和2.5mA挡，欧姆 $\times 100\Omega$ 挡。



- (1) 图(a)中的A端与\_\_\_\_\_ (填“红”或“黑”)色表笔相连接。
- (2) 关于 $R_6$ 的使用，下列说法正确的是\_\_\_\_\_ (填正确答案标号)。
  - A. 在使用多用电表之前，调整 $R_6$ 使电表指针指在表盘左端电流“0”位置
  - B. 使用欧姆挡时，先将两表笔短接，调整 $R_6$ 使电表指针指在表盘右端电阻“0”位置
  - C. 使用电流挡时，调整 $R_6$ 使电表指针尽可能指在表盘右端电流最大位置
- (3) 根据题给条件可得 $R_1+R_2=$ \_\_\_\_\_  $\Omega$ ， $R_4=$ \_\_\_\_\_  $\Omega$ 。
- (4) 某次测量时该多用电表指针位置如图(b)所示。若此时B端是与“1”连接的，则多用电表读数为\_\_\_\_\_；若此时B端是与“3”相连的，则读数为\_\_\_\_\_；若此时B端是与“5”相连的，则读数为\_\_\_\_\_。(结果均保留3为有效数字)

11. (12 分) 如图, 空间存在方向垂直于纸面 ( $xOy$  平面) 向里的磁场。在  $x \geq 0$  区域, 磁感应强度的大小为  $B_0$ ;  $x < 0$  区域, 磁感应强度的大小为  $\lambda B_0$  (常数  $\lambda > 1$ )。一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  ( $q > 0$ ) 的带电粒子以速度  $v_0$  从坐标原点  $O$  沿  $x$  轴正向射入磁场, 此时开始计时, 当粒子的速度方向再次沿  $x$  轴正向时, 求 (不计重力)

- (1) 粒子运动的时间;
- (2) 粒子与  $O$  点间的距离。



12. (20 分) 如图, 两个滑块  $A$  和  $B$  的质量分别为  $m_A = 1\text{kg}$  和  $m_B = 5\text{kg}$ , 放在静止于水平地面上的木板的两端, 两者与木板间的动摩擦因数均为  $\mu_1 = 0.5$ ; 木板的质量为  $m = 4\text{kg}$ , 与地面间的动摩擦因数为  $\mu_2 = 0.1$ . 某时刻  $A$ 、 $B$  两滑块开始相向滑动, 初速度大小均为  $v_0 = 3\text{m/s}$ .  $A$ 、 $B$  相遇时,  $A$  与木板恰好相对静止。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 取重力加速度大小  $g = 10\text{m/s}^2$ . 求

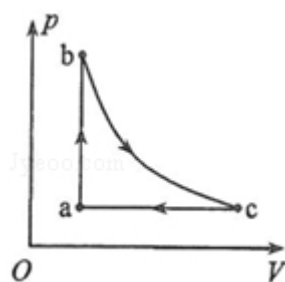
- (1)  $B$  与木板相对静止时, 木板的速度;
- (2)  $A$ 、 $B$  开始运动时, 两者之间的距离。



[物理--选修 3-3] (15 分)

13. (5 分) 如图, 一定质量的理想气体从状态  $a$  出发, 经过等容过程  $ab$  到达

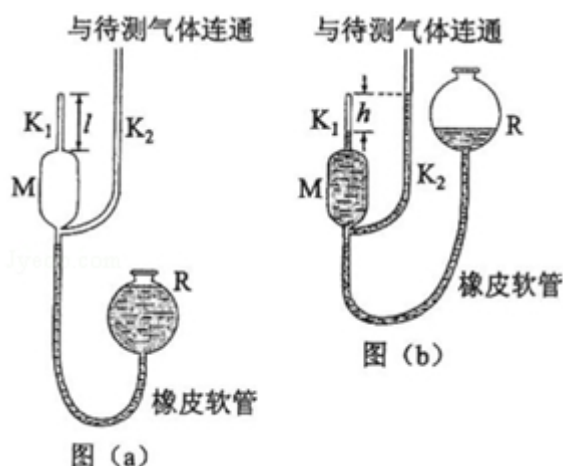
状态  $b$ ，再经过等温过程  $bc$  到达状态  $c$ ，最后经等压过程  $ca$  回到状态  $a$ 。下列说法正确的是（ ）



- A. 在过程  $ab$  中气体的内能增加
- B. 在过程  $ca$  中外界对气体做功
- C. 在过程  $ab$  中气体对外界做功
- D. 在过程  $bc$  中气体从外界吸收热量
- E. 在过程  $ca$  中气体从外界吸收热量

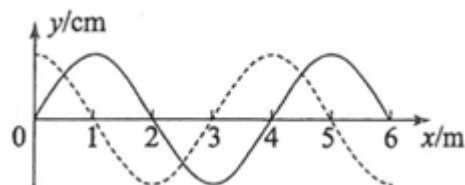
14. (10 分) 一种测量稀薄气体压强的仪器如图 (a) 所示，玻璃泡  $M$  的上端和下端分别连通两竖直玻璃细管  $K_1$  和  $K_2$ 。  $K_1$  长为  $l$ ，顶端封闭，  $K_2$  上端与待测气体连通；  $M$  下端经橡皮软管与充有水银的容器  $R$  连通。开始测量时，  $M$  与  $K_2$  相通；逐渐提升  $R$ ，直到  $K_2$  中水银面与  $K_1$  顶端等高，此时水银已进入  $K_1$ ，且  $K_1$  中水银面比顶端低  $h$ ，如图 (b) 所示。设测量过程中温度、与  $K_2$  相通的待测气体的压强均保持不变。已知  $K_1$  和  $K_2$  的内径均为  $d$ ，  $M$  的容积为  $V_0$ ，水银的密度为  $\rho$ ，重力加速度大小为  $g$ 。求：

- (i) 待测气体的压强；
- (ii) 该仪器能够测量的最大压强。

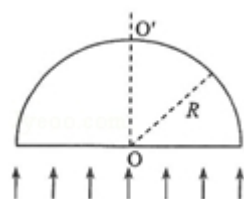


[物理--选修 3-4] (15 分)

15. 如图, 一列简谐横波沿  $x$  轴正方向传播, 实线为  $t=0$  时的波形图, 虚线为  $t=0.5\text{s}$  时的波形图. 已知该简谐波的周期大于  $0.5\text{s}$ . 关于该简谐波, 下列说法正确的是 ( )



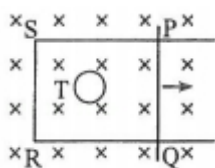
- A. 波长为  $2\text{ m}$
  - B. 波速为  $6\text{ m/s}$
  - C. 频率为  $1.5\text{ Hz}$
  - D.  $t=1\text{ s}$  时,  $x=1\text{ m}$  处的质点处于波峰
  - E.  $t=2\text{ s}$  时,  $x=2\text{ m}$  处的质点经过平衡位置
16. 如图, 一半径为  $R$  的玻璃半球,  $O$  点是半球的球心, 虚线  $OO'$  表示光轴 (过球心  $O$  与半球底面垂直的直线). 已知玻璃的折射率为  $1.5$ . 现有一束平行光垂直入射到半球的底面上, 有些光线能从球面射出 (不考虑被半球的内表面反射后的光线). 求:
- (i) 从球面射出的光线对应的入射光线到光轴距离的最大值;
  - (ii) 距光轴  $\frac{R}{3}$  的入射光线经球面折射后与光轴的交点到  $O$  点的距离.







然向右运动，在运动开始的瞬间，关于感应电流的方向，下列说法正确的是（ ）



- A. PQRS 中沿顺时针方向，T 中沿逆时针方向
- B. PQRS 中沿顺时针方向，T 中沿顺时针方向
- C. PQRS 中沿逆时针方向，T 中沿逆时针方向
- D. PQRS 中沿逆时针方向，T 中沿顺时针方向

【考点】BB： 闭合电路的欧姆定律；D9： 导体切割磁感线时的感应电动势；DB： 楞次定律.

【专题】31： 定性思想；43： 推理法；53C： 电磁感应与电路结合.

【分析】PQ 切割磁感线，根据右手定则判断；

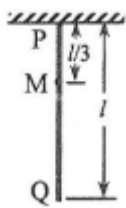
PQRS 产生电流后，会对穿过 T 的磁感应强度产生影响，根据楞次定律分析 T 中的感应电流的变化情况。

【解答】解：PQ 向右运动，导体切割磁感线，根据右手定则，可知电流由 Q 流向 P，即逆时针方向，根据楞次定律可知，通过 T 的磁场减弱，则 T 的感应电流产生的磁场应指向纸面里面，则感应电流方向为顺时针。

故选：D。

【点评】本题考查了感应电流的方向判断，两种方法：一种是右手定则，另一种是楞次定律。使用楞次定律判断比较难，但是掌握它的核心也不会很难。

3. （6 分）如图，一质量为  $m$ ，长度为  $l$  的均匀柔软细绳 PQ 竖直悬挂。用外力将绳的下端 Q 缓慢地竖直向上拉起至 M 点，M 点与绳的上端 P 相距  $\frac{1}{3}l$ 。重力加速度大小为  $g$ 。在此过程中，外力做的功为（ ）



- A.  $\frac{1}{9}mgl$       B.  $\frac{1}{6}mgl$       C.  $\frac{1}{3}mgl$       D.  $\frac{1}{2}mgl$

【考点】62：功的计算；6B：功能关系.

【专题】31：定性思想；43：推理法；52Q：功能关系 能量守恒定律.

【分析】由题意可知，发生变化的只有 MQ 段，分析开始和最后过程，明确重力势能的改变量，根据功能关系即可求得外力所做的功。

【解答】解：根据功能关系可知，拉力所做的功等于 MQ 段系统重力势能的增加量；

对 MQ 分析，设 Q 点为零势能点，则可知，MQ 段的重力势能为  $E_{P1} = \frac{2mg}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{2mgl}{9}$ ；

将 Q 点拉至 M 点时，重心离 Q 点的高度  $h = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{1}{2}$ ，故重力势能  $E_{P2} = \frac{2mg}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{mgl}{3}$

因此可知拉力所做的功  $W = E_{P2} - E_{P1} = \frac{1}{9}mgl$ ，故 A 正确，BCD 错误。

故选：A。

【点评】本题考查明确功能关系，注意掌握重力之外的其他力做功等于机械能的改变量，本题中因缓慢拉动，故动能不变，因此只需要分析重力势能即可。

4. （6 分）一根轻质弹性绳的两端分别固定在水平天花板上相距 80cm 的两点上，弹性绳的原长也为 80cm。将一钩码挂在弹性绳的中点，平衡时弹性绳的总长度为 100cm；再将弹性绳的两端缓慢移至天花板上的同一点，则弹性绳的总长度变为（弹性绳的伸长始终处于弹性限度内）（    ）

- A. 86cm      B. 92cm      C. 98cm      D. 104cm

【考点】29：物体的弹性和弹力；25：胡克定律；3C：共点力的平衡。

【专题】32：定量思想；4B：图析法；527：共点力作用下物体平衡专题。

【分析】绳长变为 100cm 时，伸长了 20cm，可以得出绳子的拉力，根据共点力的平衡关系可得出绳子的劲度系数，进而计算出两端在同一点时弹性绳的总长度。

【解答】解 如图所示，绳子原长是 80cm，伸长为 100cm，如图，则 AB 段长 50cm，伸长了 10cm=0.1m，假设绳子的劲度系数为 k，则绳子拉力为：

$$F=0.1k$$

把绳子的拉力分解为水平方向和竖直方向，在竖直方向的分量为： $F_x=0.1k \times \cos 53^\circ=0.06k$ ，

两个绳子的竖直方向拉力合力为： $2F_x$

物体处于平衡状态，则拉力合力等于重力，即为： $0.12k=mg$

$$\text{解得：} k=\frac{mg}{0.12}$$

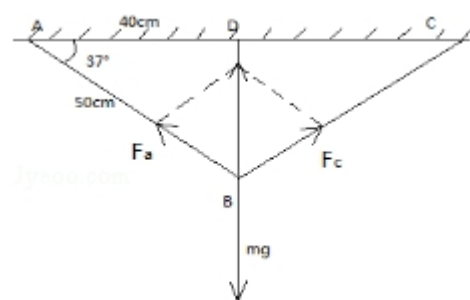
当 AC 两点移动到同一点时，绳子两个绳子的夹角为 0，每段绳子伸长 x，则两个绳子的拉力合力为：

$$2kx=mg,$$

$$x=0.06m.$$

所以此时绳子总长度为 92cm。

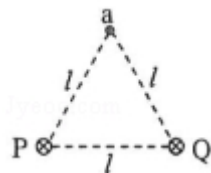
故选：B。



【点评】本题考场共点力的平衡，本题的关键是找出绳子与竖直方向的夹角，然后计算出劲度系数。另外做这一类题目，要养成画图的习惯，这样题目就能变的简单。

5. （6 分）如图，在磁感应强度大小为  $B_0$  的匀强磁场中，两长直导线 P 和 Q 垂

直于纸面固定放置，两者之间的距离为  $l$ 。在两导线中均通有方向垂直于纸面向里的电流  $I$  时，纸面内与两导线距离均为  $l$  的  $a$  点处的磁感应强度为零。如果让  $P$  中的电流反向、其他条件不变，则  $a$  点处磁感应强度的大小为（ ）



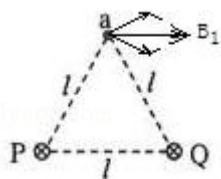
- A. 0                      B.  $\frac{\sqrt{3}}{3}B_0$                       C.  $\frac{2\sqrt{3}}{3}B_0$                       D.  $2B_0$

【考点】C3：磁感应强度.

【专题】31：定性思想；43：推理法；53D：磁场 磁场对电流的作用.

【分析】依据右手螺旋定则，结合矢量的合成法则，及三角知识，即可求解.

【解答】解：在两导线中均通有方向垂直于纸面向里的电流  $I$  时，纸面内与两导线距离为  $l$  的  $a$  点处的磁感应强度为  $B_0$ ，如下图所示：

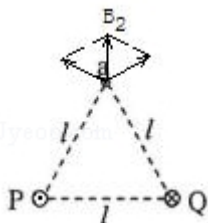


由此可知，外加的磁场方向与  $PQ$  平行，且由  $Q$  指向  $P$ ，  
即  $B_1=B_0$ ；

依据几何关系，及三角知识，则有： $B_P \cos 30^\circ = \frac{1}{2}B_0$ ；

解得： $P$  或  $Q$  通电导线在  $a$  处的磁场大小为  $B_P = \frac{\sqrt{3}}{3}B_0$ ；

当  $P$  中的电流反向，其他条件不变，



再依据几何关系，及三角知识，则有： $B_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}B_0$ ；

因外加的磁场方向与  $PQ$  平行，且由  $Q$  指向  $P$ ，磁场大小为  $B_0$ ；

最后由矢量的合成法则，那么 a 点处磁感应强度的大小为  $B = \sqrt{B_0^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{3}B_0\right)^2} = \frac{2\sqrt{3}}{3}B_0$ ，故 C 正确，ABD 错误；

故选：C。

**【点评】**考查右手螺旋定则与矢量的合成的内容，掌握几何关系与三角知识的应用，理解外加磁场方向是解题的关键。

6. （6 分）在光电效应实验中，分别用频率为  $\nu_a$ 、 $\nu_b$  的单色光 a、b 照射到同种金属上，测得相应的遏止电压分别为  $U_a$  和  $U_b$ 、光电子的最大初动能分别为  $E_{ka}$  和  $E_{kb}$ ，h 为普朗克常量。下列说法正确的是（ ）

- A. 若  $\nu_a > \nu_b$ ，则一定有  $U_a < U_b$
- B. 若  $\nu_a > \nu_b$ ，则一定有  $E_{ka} > E_{kb}$
- C. 若  $U_a < U_b$ ，则一定有  $E_{ka} < E_{kb}$
- D. 若  $\nu_a > \nu_b$ ，则一定有  $h\nu_a - E_{ka} > h\nu_b - E_{kb}$

**【考点】**IC：光电效应；IE：爱因斯坦光电效应方程。

**【专题】**31：定性思想；43：推理法；54I：光电效应专题。

**【分析】**根据光电效应方程，结合入射光频率的大小得出光电子最大初动能，结合最大初动能和遏止电压的关系比较遏止电压。

**【解答】**解 AB、根据光电效应方程  $E_{km} = h\nu - W_0$  知， $\nu_a > \nu_b$ ，逸出功相同，则  $E_{ka} > E_{kb}$ ，又  $E_{km} = eU_c$ ，则  $U_a > U_b$ ，故 A 错误，B 正确。

C、根据  $E_{km} = eU_c$  知，若  $U_a < U_b$ ，则一定有  $E_{ka} < E_{kb}$ ，故 C 正确。

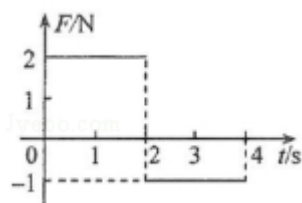
D、逸出功  $W_0 = h\nu - E_{km}$ ，由于金属的逸出功相同，则有： $h\nu_a - E_{ka} = h\nu_b - E_{kb}$ ，故 D 错误。

故选：BC。

**【点评】**解决本题的关键掌握光电效应方程以及知道最大初动能与遏止电压的关系，注意金属的逸出功与入射光的频率无关。

7. （6 分）一质量为 2kg 的物块在合外力 F 的作用下从静止开始沿直线运动。F

随时间  $t$  变化的图线如图所示，则（ ）



- A.  $t=1\text{s}$  时物块的速率为  $1\text{m/s}$
- B.  $t=2\text{s}$  时物块的动量大小为  $4\text{kg}\cdot\text{m/s}$
- C.  $t=3\text{s}$  时物块的动量大小为  $5\text{kg}\cdot\text{m/s}$
- D.  $t=4\text{s}$  时物块的速度为零

【考点】37：牛顿第二定律；52：动量定理.

【专题】32：定量思想；43：推理法；52F：动量定理应用专题.

【分析】首先根据牛顿第二定律得出加速度，进而计算速度和动量。

【解答】解：A、前两秒，根据牛顿第二定律， $a=\frac{F}{m}=1\text{m/s}^2$ ，则  $0-2\text{s}$  的速度规

律为： $v=at$ ； $t=1\text{s}$  时，速率为  $1\text{m/s}$ ，A 正确；

B、 $t=2\text{s}$  时，速率为  $2\text{m/s}$ ，则动量为  $P=mv=4\text{kg}\cdot\text{m/s}$ ，B 正确；

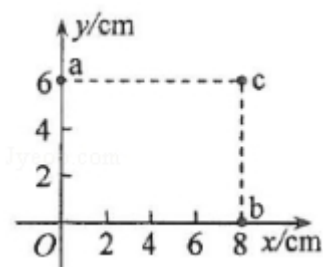
CD、 $2-4\text{s}$ ，力开始反向，物体减速，根据牛顿第二定律， $a=-0.5\text{m/s}^2$ ，所以  $3\text{s}$

时的速度为  $1.5\text{m/s}$ ，动量为  $3\text{kg}\cdot\text{m/s}$ ， $4\text{s}$  时速度为  $1\text{m/s}$ ，CD 错误；

故选：AB。

【点评】本题考查了牛顿第二定律的简单运用，熟悉公式即可，并能运用牛顿第二定律求解加速度。另外要学会看图，从图象中得出一些物理量之间的关系。

8. （6 分）一匀强电场的方向平行于  $xOy$  平面，平面内  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点的位置如图所示，三点的电势分别为  $10\text{V}$ 、 $17\text{V}$ 、 $26\text{V}$ 。下列说法正确的是（ ）



- A. 电场强度的大小为 2.5V/cm
- B. 坐标原点处的电势为 1 V
- C. 电子在 a 点的电势能比在 b 点的低 7eV
- D. 电子从 b 点运动到 c 点，电场力做功为 9eV

【考点】A6：电场强度与电场力；AC：电势；AE：电势能与电场力做功；AG：电势差和电场强度的关系。

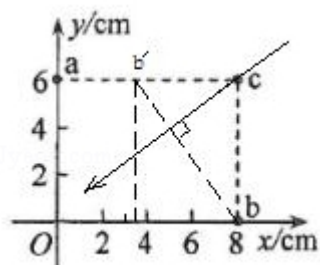
【专题】31：定性思想；43：推理法；532：电场力与电势的性质专题。

【分析】根据匀强电场的电场强度公式  $E = \frac{U}{d}$ ，结合电势差与场强间距，即可求解；

依据电势差等于电势之差；

根据电场力做功表达式  $W = qU$ ，从而确定电场力做功，同时也能确定电势能的变化情况。

【解答】解：A、如图所示，在 ac 连线上，确定一 b' 点，电势为 17V，将 bb' 连线，即为等势线，那么垂直 bb' 连线，则为电场线，再依据沿着电场线方向，电势降低，则电场线方向如下图，



因为匀强电场，则有：  $E = \frac{U_{cb}}{d}$ ，

依据几何关系，则  $d = \frac{b'c \times bc}{bb'} = \frac{4.5 \times 6}{\sqrt{4.5^2 + 6^2}} = 3.6\text{cm}$ ，

因此电场强度大小为  $E = \frac{26-17}{3.6} = 2.5\text{V/cm}$ ，故 A 正确；

B、根据  $\phi_c - \phi_a = \phi_b - \phi_o$ ，因 a、b、c 三点电势分别为  $\phi_a = 10\text{V}$ 、 $\phi_b = 17\text{V}$ 、 $\phi_c = 26\text{V}$ ，解得：原点处的电势为  $\phi_o = 1\text{V}$ ，故 B 正确；

C、因  $U_{ab} = \phi_a - \phi_b = 10 - 17 = -7\text{V}$ ，电子从 a 点到 b 点电场力做功为  $W = qU_{ab} = 7\text{eV}$ ，

因电场力做正功,则电势能减小,那么电子在 a 点的电势能比在 b 点的高 7 eV,  
故 C 错误;

D、同理,  $U_{bc} = \phi_b - \phi_c = 17 - 26 = -9V$ , 电子从 b 点运动到 c 点, 电场力做功为  
 $W = qU_{bc} = 9 \text{ eV}$ , 故 D 正确;

故选: ABD。

【点评】考查匀强电场中, 电势之间的关系, 掌握电场强度公式  $E = \frac{U}{d}$  的应用, 理解几何关系的运用, 并理解  $W = qU$  中各量的正负值含义。

## 二、非选择题 (共 4 小题, 满分 47 分)

9. (6 分) 某探究小组做“验证力的平行四边形定则”实验, 将画有坐标轴 (横轴为 x 轴, 纵轴为 y 轴, 最小刻度表示 1mm) 的纸贴在桌面上, 如图 (a) 所示。将橡皮筋的一端 Q 固定在 y 轴上的 B 点 (位于图示部分除外), 另一端 P 位于 y 轴上的 A 点时, 橡皮筋处于原长。

(1) 用一只测力计将橡皮筋的 P 端沿 y 轴从 A 点拉至坐标原点 O, 此时拉力 F 的大小可由测力计读出。测力计的示数如图 (b) 所示, F 的大小为 4.0 N。

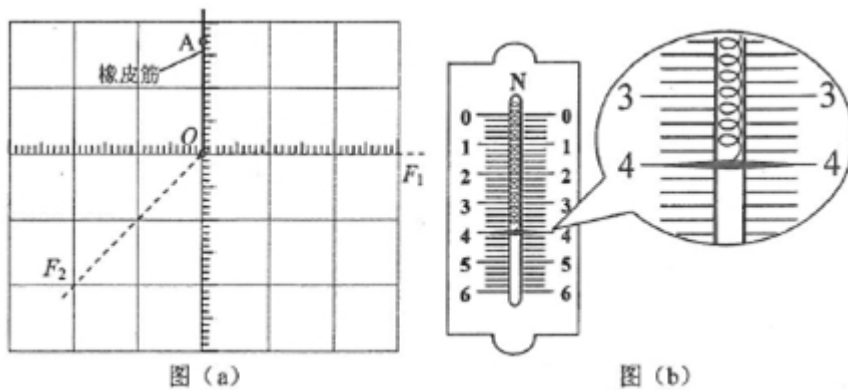
(2) 撤去 (1) 中的拉力, 橡皮筋 P 端回到 A 点; 现使用两个测力计同时拉橡皮筋, 再次将 P 端拉至 O 点, 此时观察到两个拉力分别沿图 (a) 中两条虚线所示的方向, 由测力计的示数读出两个拉力的大小分别为  $F_1 = 4.2\text{N}$  和  $F_2 = 5.6\text{N}$ 。

(i) 用 5mm 长度的线段表示 1N 的力, 以 O 点为作用点, 在图 (a) 中画出力  $F_1$ 、 $F_2$  的图示, 然后按平行四边形定则画出它们的合力  $F_{\text{合}}$ ;

(ii)  $F_{\text{合}}$  的大小为 4.0 N,  $F_{\text{合}}$  与拉力 F 的夹角的正切值为 0.05。

若  $F_{\text{合}}$  与拉力 F 的大小及方向的偏差均在实验所允许的误差范围之内, 则该实验验证了力的平行四边形定则。





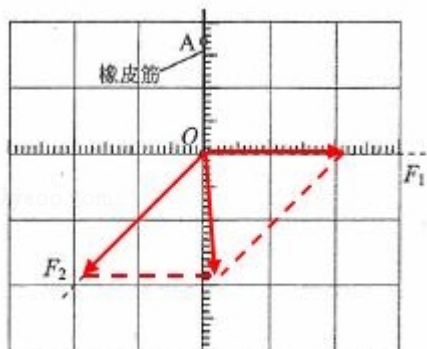
【考点】M3：验证力的平行四边形定则.

【专题】13：实验题；23：实验探究题；31：定性思想；46：实验分析法；526：平行四边形法则图解法专题.

【分析】根据弹簧秤的最小刻度读出  $F$  的读数。

根据图示法作出  $F_1$  和  $F_2$ ，结合平行四边形定则作出合力，得出合力的大小以及  $F_{\text{合}}$  与拉力  $F$  的夹角的正切值。

【解答】解：（1）弹簧测力计的最小刻度为  $0.2\text{N}$ ，由图可知， $F$  的大小为  $4.0\text{N}$ 。  
（2）（i）根据图示法作出力的示意图，根据平行四边形定则得出合力，如图所示。



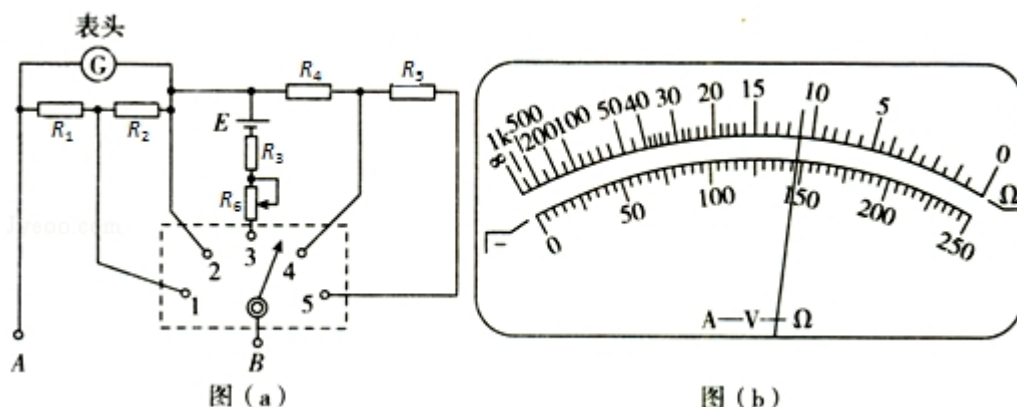
（ii）用刻度尺量出  $F_{\text{合}}$  的线段长为  $20\text{mm}$ ，所以  $F_{\text{合}}$  大小为  $4.0\text{N}$ ，结合图象根据数学几何关系知， $F_{\text{合}}$  与拉力  $F$  的夹角的正切值为  $0.05$ 。

故答案为：（1） $4.0$ ；（2） $4.0$ ， $0.05$ 。

【点评】本题考查了力的合成法则及平行四边形定则的应用，掌握弹簧测力计的读数方法，是考查基础知识的好题。

10. （9分）图（a）为某同学组装完成的简易多用电表的电路图。图中  $E$  是电

池  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  和  $R_5$  是固定电阻,  $R_6$  是可变电阻 表头  $G$  的满偏电流为  $250\mu\text{A}$ , 内阻为  $480\Omega$ . 虚线方框内为换挡开关,  $A$  端和  $B$  端分别于两表笔相连。该多用电表有 5 个挡位, 5 个挡位为: 直流电压  $1\text{V}$  挡和  $5\text{V}$  挡, 直流电流  $1\text{mA}$  挡和  $2.5\text{mA}$  挡, 欧姆  $\times 100\Omega$  挡。



- (1) 图 (a) 中的  $A$  端与 黑 (填“红”或“黑”) 色表笔相连接。
- (2) 关于  $R_6$  的使用, 下列说法正确的是 B (填正确答案标号)。
- A. 在使用多用电表之前, 调整  $R_6$  使电表指针指在表盘左端电流“0”位置
- B. 使用欧姆挡时, 先将两表笔短接, 调整  $R_6$  使电表指针指在表盘右端电阻“0”位置
- C. 使用电流挡时, 调整  $R_6$  使电表指针尽可能指在表盘右端电流最大位置
- (3) 根据题给条件可得  $R_1+R_2=$  160  $\Omega$ ,  $R_4=$  880  $\Omega$ 。
- (4) 某次测量时该多用电表指针位置如图 (b) 所示。若此时  $B$  端是与“1”连接的, 则多用电表读数为 1.48mA; 若此时  $B$  端是与“3”相连的, 则读数为 1.10K $\Omega$ ; 若此时  $B$  端是与“5”相连的, 则读数为 2.95V。(结果均保留 3 为有效数字)

【考点】B4: 多用电表的原理及其使用; N4: 用多用电表测电阻。

【专题】13: 实验题; 31: 定性思想; 46: 实验分析法; 535: 恒定电流专题。

【分析】(1) 明确欧姆表原理, 知道内部电源的正极接黑表笔, 负极接红表笔;

(2) 明确电路结构, 知道欧姆档中所接滑动变阻器只能进行欧姆调零;

(3) 根据给出的量程和电路进行分析, 再结合串并联电路的规律即可求得各电阻的阻值;

(4) 明确电表的量程, 确定最小分度, 从而得出最终的读数。

【解答】解：（1）根据欧姆表原理可知，内部电源的正极应接黑表笔，这样才能保证在测电阻时电流表中电流“红进黑出”；

（2）由电路图可知， $R_6$  只在测量电阻时才接入电路，故其作用只能进行欧姆调零，不能进行机械调零，同时在使用电流档时也不需要时行调节，故 B 正确，AC 错误；

故选：B；

（3）直流电流档分为 1mA 和 2.5mA，由图可知，当接 2 时应为 1mA；根据串并

$$\text{联电路规律可知，} R_1+R_2=\frac{I_g R_g - \frac{250 \times 10^{-6} \times 480}{1 \times 10^{-3} - 250 \times 10^{-6}}}{1 \times 10^{-3}}=160\Omega;$$

$$\text{总电阻 } R_{\text{总}}=\frac{160 \times 480}{160+480}=120\Omega$$

接 4 时，为电压档，因串入的电阻较小，故应为量程 1V 的电压表；此时电流计与  $R_1$ 、 $R_2$  并联后再与  $R_4$  串联，即改装后的 1mA 电流表与  $R_4$  串联再改装后电压表；

$$\text{根据串联电路规律可知，} R_4=\frac{1-1 \times 10^{-3} \times 120}{1 \times 10^{-3}}=880\Omega;$$

（4）若与 1 连接，则量程为 2.5mA，读数为 1.48mA（1.47– 1.49）；

若与 3 连接，则为欧姆档  $\times 100\Omega$  挡，读数为  $11 \times 100=1100\Omega=1.10k\Omega$ ；

若与 5 连接，则量程为 5V；故读数为 2.95V（2.91– 2.97 均可）；

故答案为：（1）黑；（2）B；（3）160；880；（4）1.48mA；1.10k $\Omega$ ；2.95V。

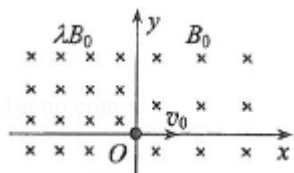
【点评】本题考查了多用电表读数以及内部原理，要注意明确串并联电路的规律应用，同时掌握读数原则，对多用电表读数时，要先确定电表测的是什么量，然后根据选择开关位置确定电表分度值，最后根据指针位置读数；读数时视线要与电表刻度线垂直。

11. （12 分）如图，空间存在方向垂直于纸面（xOy 平面）向里的磁场。在  $x \geq 0$  区域，磁感应强度的大小为  $B_0$ ； $x < 0$  区域，磁感应强度的大小为  $\lambda B_0$ （常数  $\lambda > 1$ ）。一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$ （ $q > 0$ ）的带电粒子以速度  $v_0$  从坐标原点 O 沿 x 轴正向射入磁场，此时开始计时，当粒子的速度方向再次沿 x 轴正向时，

求（不计重力）

（1）粒子运动的时间；

（2）粒子与 O 点间的距离。



【考点】C1：带电粒子在匀强磁场中的运动。

【专题】11：计算题；32：定量思想；43：推理法；536：带电粒子在磁场中的运动专题。

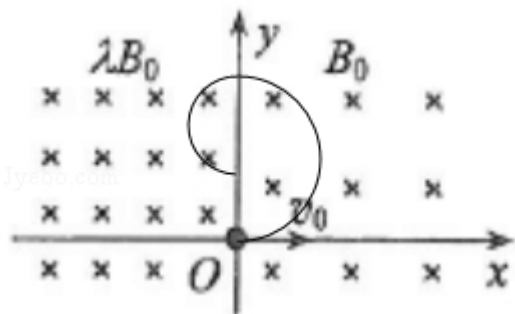
【分析】（1）由磁感应强度大小得到向心力大小进而得到半径和周期的表达式，画出粒子运动轨迹图则得到粒子在两磁场中的运动时间，累加即可；

（2）由洛伦兹力做向心力，求得粒子运动半径，再由几何条件求得距离。

【解答】解：粒子在磁场中做圆周运动，洛伦兹力做向心力，则有， $Bvq = \frac{mv^2}{R}$ ，

$$\text{那么， } R = \frac{mv}{Bq}, \quad T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{Bq};$$

（1）根据左手定则可得：粒子做逆时针圆周运动；故粒子运动轨迹如图所示，



则粒子在  $x \geq 0$  磁场区域运动半个周期，在  $x < 0$  磁场区域运动半个周期；

那么粒子在  $x \geq 0$  磁场区域运动的周期  $T_1 = \frac{2\pi m}{B_0 q}$ ，在  $x < 0$  磁场区域运动的周期

$$T_2 = \frac{2\pi m}{\lambda B_0 q},$$

所以，粒子运动的时间  $t = \frac{1}{2}T_1 + \frac{1}{2}T_2 = (1 + \frac{1}{\lambda}) \frac{\pi m}{B_0 q}$ ；

（2）粒子与 O 点间的距离  $d = 2R_1 - 2R_2 = \frac{2mv_0}{B_0 q} - \frac{2mv_0}{\lambda B_0 q} = (1 - \frac{1}{\lambda}) \frac{2mv_0}{B_0 q}$ ；

答：（1）粒子运动的时间为  $(1+\frac{1}{\lambda})\frac{\pi m}{B_0 q}$ ；

（2）粒子与 O 点间的距离为  $(1-\frac{1}{\lambda})\frac{2mv_0}{B_0 q}$ 。

【点评】带电粒子在匀强磁场中运动，一般由洛伦兹力做向心力，推得粒子运动半径，再根据几何关系求得位移，运动轨迹，运动时间等问题。

12. （20 分）如图，两个滑块 A 和 B 的质量分别为  $m_A=1\text{kg}$  和  $m_B=5\text{kg}$ ，放在静止于水平地面上的木板的两端，两者与木板间的动摩擦因数均为  $\mu_1=0.5$ ；木板的质量为  $m=4\text{kg}$ ，与地面间的动摩擦因数为  $\mu_2=0.1$ 。某时刻 A、B 两滑块开始相向滑动，初速度大小均为  $v_0=3\text{m/s}$ 。A、B 相遇时，A 与木板恰好相对静止。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度大小  $g=10\text{m/s}^2$ 。求

（1）B 与木板相对静止时，木板的速度；

（2）A、B 开始运动时，两者之间的距离。



【考点】37：牛顿第二定律。

【专题】11：计算题；22：学科综合题；32：定量思想；43：推理法；522：牛顿运动定律综合专题。

【分析】（1）刚开始运动时，根据牛顿第二定律分别求出 A、B 和木板的加速度大小，结合速度时间公式先求出 B 与木板共速时的速度以及运动的时间，然后 B 与木板保持相对静止，根据牛顿第二定律求出 B 与木板整体的加速度，结合速度时间公式求出三者速度相等经历的时间以及此时的速度。

（2）根据位移公式分别求出 B 与木板共速时木板和 B 的位移，从而得出两者的相对位移，得出此时 A 的位移以及 A 相对木板的位移大小，再结合位移公式分别求出三者速度相等时，A 的位移以及木板的位移，得出 A 再次相对木板的位移，从而得出 A、B 开始运动时，两者之间的距离。

【解答】解：（1）对 A 受力分析，根据牛顿第二定律得： $\mu_1 m_A g = m_A a_A$

代入数据解得： $a_A = 5\text{m/s}^2$ ，方向向右，

对 B 分析，根据牛顿第二定律得： $\mu_1 m_B g = m_B a_B$

代入数据解得： $a_B = 5 \text{ m/s}^2$ ，方向向左。

对木板分析，根据牛顿第二定律得： $\mu_1 m_B g - \mu_1 m_A g - \mu_2 (m + m_A + m_B) g = m a_1$

代入数据解得： $a_1 = 2.5 \text{ m/s}^2$ ，方向向右。

当木板与 B 共速时，有： $v = v_0 - a_B t_1 = a_1 t_1$ ，

代入数据解得： $t_1 = 0.4 \text{ s}$ ， $v = 1 \text{ m/s}$ ，

(2) 此时 B 相对木板静止，突变为静摩擦力，A 受力不变加速度仍为  $5 \text{ m/s}^2$ ，  
方向向右，

对 B 与木板受力分析，有： $\mu_1 m_A g + \mu_2 (m + m_A + m_B) g = (m + m_B) a_2$

代入数据解得： $a_2 = \frac{5}{3} \text{ m/s}^2$ ，方向向左，

当木板与 A 共速时有： $v' = v - a_2 t_2 = -v + a_A t_2$ ，

代入数据解得： $t_2 = 0.3 \text{ s}$ ， $v' = 0.5 \text{ m/s}$ 。

当  $t_1 = 0.4 \text{ s}$ ， $x_B = \frac{v_0 + v}{2} t_1 = \frac{3+1}{2} \times 0.4 \text{ m} = 0.8 \text{ m}$ ， $x_{\text{木}} = \frac{0+v}{2} t_1 = \frac{0+1}{2} \times 0.4 \text{ m} = 0.2 \text{ m}$

$L_{\text{B 板}} = x_B - x_{\text{木}} = 0.8 - 0.2 \text{ m} = 0.6 \text{ m}$ ，

对 A，向左， $x_A = \frac{v_0 + v}{2} t_1 = \frac{3+1}{2} \times 0.4 \text{ m} = 0.8 \text{ m}$ ，

$L_{\text{A1 板}} = x_A + x_{\text{木}} = 0.8 + 0.2 \text{ m} = 1 \text{ m}$ ，

当  $t_2 = 0.3 \text{ s}$ ，对 A，向左， $x_{\text{A1}} = \frac{v + v'}{2} t_1 = \frac{1+0.5}{2} \times 0.3 = \frac{9}{40} \text{ m}$ ，

对木板，向右， $x_{\text{木1}} = \frac{v - v'}{2} t_2 = \frac{1-0.5}{2} \times 0.3 = \frac{3}{40} \text{ m}$ ，

$L_{\text{A2 板}} = x_{\text{A1}} + x_{\text{木1}} = \frac{3}{40} + \frac{9}{40} \text{ m} = 0.3 \text{ m}$ ，

可知 AB 相距  $L = L_{\text{B 板}} + L_{\text{A1 板}} + L_{\text{A2 板}} = 0.6 + 1 + 0.3 \text{ m} = 1.9 \text{ m}$ 。

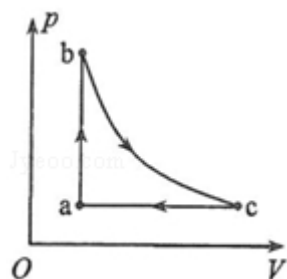
答：(1) B 与木板相对静止时，木板的速度为  $1 \text{ m/s}$ ；

(2) A、B 开始运动时，两者之间的距离为  $1.9 \text{ m}$ 。

**【点评】** 本题考查了牛顿第二定律和运动学公式的综合运用，关键理清整个过程中 A、B 和木板在整个过程中的运动规律，结合运动学公式和牛顿第二定律进行求解。

[物理--选修 3-3] (15 分)

13. (5 分) 如图, 一定质量的理想气体从状态 a 出发, 经过等容过程 ab 到达状态 b, 再经过等温过程 bc 到达状态 c, 最后经等压过程 ca 回到状态 a. 下列说法正确的是 ( )



- A. 在过程 ab 中气体的内能增加
- B. 在过程 ca 中外界对气体做功
- C. 在过程 ab 中气体对外界做功
- D. 在过程 bc 中气体从外界吸收热量
- E. 在过程 ca 中气体从外界吸收热量

【考点】8F: 热力学第一定律; 99: 理想气体的状态方程.

【专题】12: 应用题; 31: 定性思想; 43: 推理法; 54B: 理想气体状态方程专题.

【分析】一定质量的理想气体内能取决于温度, 根据图线分析气体状态变化情况, 根据  $W=p\Delta V$  判断做功情况, 根据内能变化结合热力学第一定律分析吸收或发出热量.

【解答】解: A、从 a 到 b 等容升压, 根据  $\frac{pV}{T}=C$  可知温度升高, 一定质量的理想气体内能决定于气体的温度, 温度升高, 则内能增加, 故 A 正确;

B、在过程 ca 中压强不变, 体积减小, 所以外界对气体做功, 故 B 正确;

C、在过程 ab 中气体体积不变, 根据  $W=p\Delta V$  可知, 气体对外界做功为零, 故 C 错误;

D、在过程 bc 中, 属于等温变化, 气体膨胀对外做功, 而气体的温度不变, 则内能不变; 根据热力学第一定律  $\Delta U=W+Q$  可知, 气体从外界吸收热量, 故 D 正确;



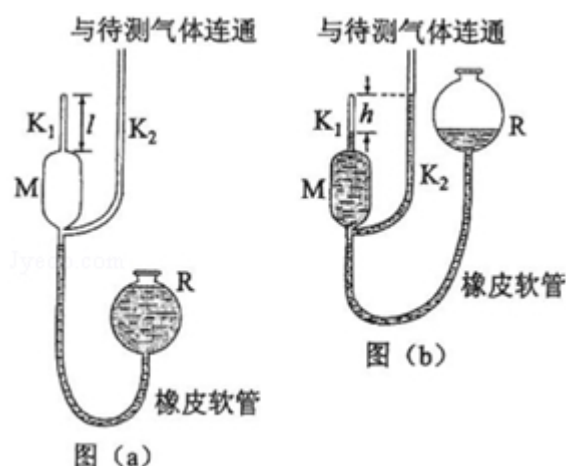
E、在过程 ca 中压强不变，体积减小，所以外界对气体做功，根据  $\frac{pV}{T} = C$  可知温度降低，则内能减小，根据热力学第一定律可知气体一定放出热量，故 E 错误。

故选：ABD。

**【点评】** 本题主要是考查了理想气体的状态方程和热力学第一定律的知识，要能够根据热力学第一定律判断气体内能的变化与哪些因素有关（功和热量）；热力学第一定律在应用时一定要注意各量符号的意义； $\Delta U$  为正表示内能变大， $Q$  为正表示物体吸热； $W$  为正表示外界对物体做功。

14. （10 分）一种测量稀薄气体压强的仪器如图（a）所示，玻璃泡 M 的上端和下端分别连通两竖直玻璃细管  $K_1$  和  $K_2$ 。  $K_1$  长为  $l$ ，顶端封闭， $K_2$  上端与待测气体连通；M 下端经橡皮软管与充有水银的容器 R 连通。开始测量时，M 与  $K_2$  相通；逐渐提升 R，直到  $K_2$  中水银面与  $K_1$  顶端等高，此时水银已进入  $K_1$ ，且  $K_1$  中水银面比顶端低  $h$ ，如图（b）所示。设测量过程中温度、与  $K_2$  相通的待测气体的压强均保持不变。已知  $K_1$  和  $K_2$  的内径均为  $d$ ，M 的容积为  $V_0$ ，水银的密度为  $\rho$ ，重力加速度大小为  $g$ 。求：

- (i) 待测气体的压强；
- (ii) 该仪器能够测量的最大压强。



**【考点】** 99：理想气体的状态方程。

**【专题】** 12：应用题；22：学科综合题；32：定量思想；4C：方程法；54B：理



想气体状态方程专题.

【分析】(1) 由题意, 水银面升后, 求出气体的状态参量, 然后由玻意耳定律求出压强的表达式;

(2) 根据题意可知,  $M$  的直径不知道, 所以当  $h=l$  时, 则能准确测量的压强最大, 然后代入上式即可求出压强.

【解答】解: (1) 以  $K_1$  和  $M$  容器的气体为研究对象, 设待测气体的压强为  $p$ ,

$$\text{状态 1: } p_1=p, V_1=V_0+\frac{1}{4}\pi d^2 l,$$

$$\text{状态 2: } p_2=p+\rho gh, V_2=\frac{1}{4}\pi d^2 h,$$

$$\text{由玻意耳定律得: } p_1 V_1 = p_2 V_2,$$

$$\text{解得: } p = \frac{\rho g \pi d^2 h^2}{4V_0 + \pi d^2 (1-h)};$$

(2) 由题意可知, 当  $h=l$  时, 则能准确测量的压强最大, 所以:

$$p_m = \frac{\rho g \pi d^2 l^2}{4V_0}$$

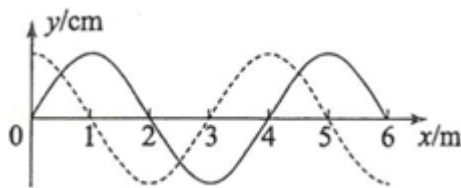
$$\text{答: (i) 待测气体的压强为 } \frac{\rho g \pi d^2 h^2}{4V_0 + \pi d^2 (1-h)};$$

$$\text{(ii) 该仪器能够测量的最大压强 } \frac{\rho g \pi d^2 l^2}{4V_0}.$$

【点评】本题考查了求气体压强, 认真审题理解题意, 确定研究对象, 求出气体的状态参量, 应用玻意耳定律即可正确解题.

[物理--选修 3-4] (15 分)

15. 如图, 一列简谐横波沿  $x$  轴正方向传播, 实线为  $t=0$  时的波形图, 虚线为  $t=0.5s$  时的波形图. 已知该简谐波的周期大于  $0.5s$ . 关于该简谐波, 下列说法正确的是 ( )



- A. 波长为 2 m
- B. 波速为 6 m/s
- C. 频率为 1.5Hz
- D.  $t=1\text{s}$  时,  $x=1\text{m}$  处的质点处于波峰
- E.  $t=2\text{s}$  时,  $x=2\text{m}$  处的质点经过平衡位置

【考点】F5: 波长、频率和波速的关系.

【专题】31: 定性思想; 43: 推理法; 51D: 振动图像与波动图像专题.

【分析】根据图中实线与虚线之间的关系, 得到  $t=0.5\text{s}$  与波的周期关系, 结合  $0.5\text{s} < T$ , 求得周期, 读出波长, 再求得波速. 周期与频率互为倒数, 可求频率. 根据时间与周期的关系分析 P 点的位置, 确定其速度大小和方向. 根据时间与周期的关系分析  $x=1\text{m}$  和  $x=2\text{m}$  处的状态和位置.

【解答】解: A、由图象可知, 波长为  $\lambda=4\text{m}$ , 故 A 错误;

BC、由题意知:  $(n+\frac{3}{4})T=0.5$ , 所以周期为  $T=\frac{0.5}{n+\frac{3}{4}}=\frac{2}{4n+3}$ , 因为该简谐波的周期大于  $0.5\text{s}$ .  $\frac{2}{4n+3} > 0.5$ , 解得:  $n < \frac{1}{4}$ , 即当  $n=0$  时,  $T=\frac{2}{3}\text{s}$ , 频率  $f=\frac{1}{T}=1.5\text{Hz}$ , 波速为:  $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{4}{\frac{2}{3}}=6\text{m/s}$ , 故 BC 正确;

D、 $t=0$  时  $x=1\text{m}$  处的质点位于波峰, 经  $t=1\text{s}$ , 即经过 1.5 个周期, 该质点位于波谷, 故 D 错误;

E、 $t=0$  时  $x=2\text{m}$  处的质点位于平衡位置正向上运动, 经  $t=2\text{s}$ , 即经过 3 个周期, 质点仍然位于平衡位置正向上运动, 故 E 正确。

故选: BCE。

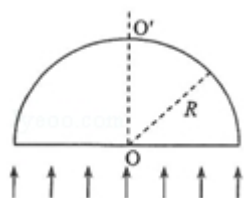
【点评】根据两个时刻的波形, 分析时间与周期的关系或波传播距离与波长的关系是关键, 要抓住波的周期性得到周期或波传播距离的通项, 从而得到周期的特殊值.

16. 如图, 一半径为  $R$  的玻璃半球, O 点是半球的球心, 虚线  $OO'$  表示光轴 (过球心 O 与半球底面垂直的直线). 已知玻璃的折射率为 1.5. 现有一束平行光

垂直入射到半球的底面上，有些光线能从球面射出（不考虑被半球的内表面反射后的光线）。求：

(i) 从球面射出的光线对应的入射光线到光轴距离的最大值；

(ii) 距光轴  $\frac{R}{3}$  的入射光线经球面折射后与光轴的交点到 O 点的距离。



【考点】H3：光的折射定律。

【专题】14：作图题；32：定量思想；43：推理法；54D：光的折射专题。

【分析】（1）由全反射定理得到可从球面射出的光线的范围，进而得到最大距离；

（2）由入射光线的位置得到入射角，进而得到折射光线，从而得到折射光线与光轴的交点到 O 点的距离。

【解答】解：（i）如图，从底面上 A 处射入的光线，在球面上发生折射时的入射角为  $i$ ，当  $i$  等于全反射临界角  $i_c$  时，对应入射光线到光轴的距离最大，设最大距离为  $l$ 。

$$i = i_c$$

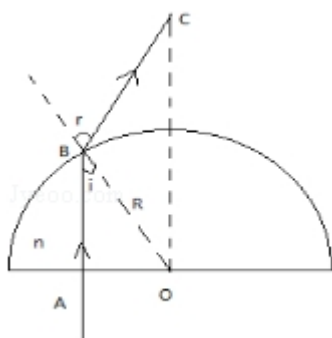
设  $n$  是玻璃的折射率，由全反射临界角的定义有

$$n \sin i_c = 1$$

由几何关系有

$$\sin i = \frac{l}{R}$$

$$\text{联立可得：} l = \frac{2}{3}R$$



(ii) 设与光轴相距  $\frac{R}{3}$  的光线在球面 B 点发生折射时的入射角和折射角分别为  $i_1$

和  $r_1$ ，由折射定律有

$$n \sin i_1 = \sin r_1$$

设折射光线与光轴的交点为 C，在  $\triangle OBC$  中，由正弦定理有

$$\frac{\sin \angle C}{R} = \frac{\sin(180^\circ - r_1)}{OC}$$

由几何关系有

$$\angle C = r_1 - i_1$$

$$\sin i_1 = \frac{1}{3}$$

$$\text{联立可得: } OC = \frac{3(2\sqrt{2} + \sqrt{3})}{5} R \approx 2.74R.$$

答：(i) 从球面射出的光线对应的入射光线到光轴距离的最大值为  $\frac{2}{3}R$ ；

(ii) 距光轴  $\frac{R}{3}$  的入射光线经球面折射后与光轴的交点到 O 点的距离  $2.74R$ 。

**【点评】**光能发生折射，即光不发生全反射，所以，入射角小于临界角，由此得到可发生折射的光线范围。