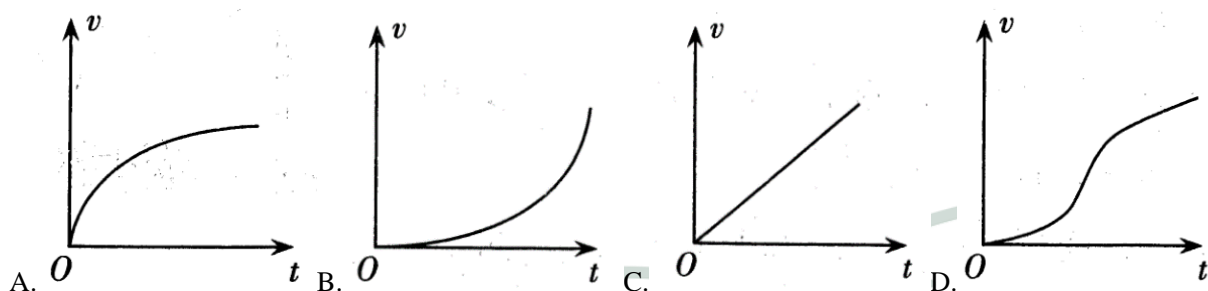


## 2021 太原市高考三模高中物理试卷解析

二、选择题：本题共 8 小题，每小题 6 分。在每小题给出的四个选项中，第 14-18 题只有一项符合题目要求，第 19-21 题有多项符合题目要求。全部选对得 6 分，选对但不全得 3 分，有选错的得 0 分。

14. 从高空坠落的物体受到空气阻力的作用，其大小与速率成正比，则能反映高空坠物运动过程中的  $v-t$  图像是



答案：A，速率越大，空气阻力越大。重力恒定。加速度越来越小，直至趋近于匀速。所以做加速度减小的加速运动。

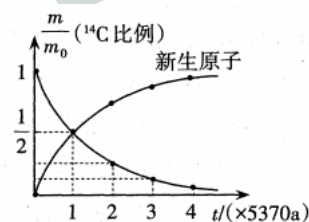
15. 中国，特高压传输系统的世界领导者！已知某交流输电系统原来用 220kV 的高压输电，后来改用 1100kV 的特高压输电，若输电线路的电阻保持不变，且输送同样的电功率，不考虑其他影响，则输电线路上的

- A. 电流增加为原来的 5 倍
- B. 损失的电压减小为原来的  $\frac{1}{5}$
- C. 损失的电压增大为原来的 5 倍
- D. 损失的功率减小为原来的  $\frac{1}{5}$

答案：B 根据输送功率不变  $P_1 = P_2, U_1 I_1 = U_2 I_2$ ，当  $U_2$  增大为原来的 5 倍时，输电线上的电流  $I_2$  减小为原来的  $\frac{1}{5}$ ，损失电压  $\Delta U = I_2 r$ ，可得损失电压减小为原来的  $\frac{1}{5}$ ，故选 B。

16. 4 月 13 日上午，日本政府做出了一项不负责任的决定——从 2022 年起，向太平洋排放福岛第一核电站蓄积的高达 125 万  $m^3$  的高辐射污染水。废水中的高浓度  $^{14}C$ ，可能对人体造成基因损害；放射性物质  $^3H$ ，难免会通过海洋水产进入人体，对人体造成辐射损害。已知  $^3H$  和  $^{14}C$  都发生  $\beta$  衰变， $^3H$  的半衰期为 12.43a， $^{14}C$  的衰变规律如图所示，下列说法正确的是

- A. 衰变前  $^3H$  的质量等于衰变后  $^3He$  和电子的质量之和
- B. 海水温度升高后， $^3H$  的衰变会加快
- C. 图像中横坐标 3 对应的纵坐标为  $\frac{1}{6}$
- D. 图像中的新生原子是  $^{14}N$

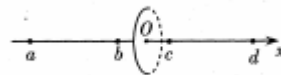


答案：衰变后有质量亏损，质量之和减小，A 错；衰变只与元素本身有关，与温度无关，B 错；经过 3 个半衰期，质量变为原来的  $\frac{1}{8}$ ，C 错。 $^{14}C$  发生  $\beta$  衰变，

放出电子和 $^{14}\text{N}$ ，D对，答案选D

17.如图所示，心为o的绝缘细环上均匀分布着正电荷，x为垂直圆环平面的坐标轴，a、b、c、d为坐标轴上的四个点，bo=oc、ao=od。将一个负试探电荷q从a静止释放，若粒子只受电场力作用，则粒子在运动过程中，下列说法正确的是：

- A.电荷一直沿x轴正方向运动
- B.从a到o运动过程中，电荷加速度一直增大
- C.从b到c运动过程中，电荷的电势能先减小后增大
- D.从a到d运动过程中，电荷在o点电势能最大



答案：C

考点：功能关系，电场

解析：粒子先受向右电场力，过o点后受向左电场力，故粒子在ad间往复运动，电势能是否改变与电场力做功有关，电场力做正功，电势能减小，电场力做负功，电势能增加。故C正确D错误。

18.用环氧树脂和碳纤维做的新型复合材料，具有极大的劲度系数。用该复合材料制成的牵引带，发生极小型变即可将质量约为八吨的“东风猛士”拉离地面。将汽车悬吊状态简化为如图的情景，两根长度相同的牵引带栓在猛士相距2.16m的两侧，质量为 $8.0 \times 10^3$ 的汽车悬吊时，每根牵引带的形变量仅为6.0mm。已知两牵引带间的夹角为 $60^\circ$ ，则可估算牵引带的劲度系数为

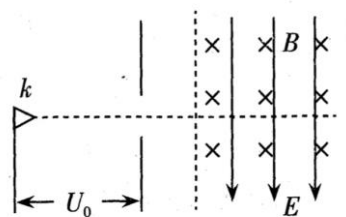
- A.  $1.7 \times 10^6 \text{ N/m}$
- B.  $7.7 \times 10^6 \text{ N/m}$
- C.  $1.5 \times 10^7 \text{ N/m}$
- D.  $2.9 \times 10^7 \text{ N/m}$



答案：B 以车为研究对象受到三个力的作用，两绳的张力相同且夹角为 $60^\circ$ ，根据力的合成有 $2F\cos 30^\circ = mg$   
根据胡克定律 $F = kx$ 得结果为B。

19.如图，两虚线平行边界内存在方向如图的匀强电场E和匀强磁场B。从电子枪k逸出的电子经电场加速后，恰好能以速度 $v_0$ 沿直线垂直虚线通过复合场区，且在场区中运动的时间为 $t_0$ ，下列说法中正确的是

- A.若撤去E，电子在场区内运动的时间一定大于 $t_0$
- B.若撤去B，电子通过场区后的速率将大于 $v_0$
- C.若撤去B，电子在场区内运动的时间可能大于 $t_0$
- D.若撤去E，电子在场区内运动的时间可能小于 $t_0$



考点：电场与磁场的复合场

解析：开始电子在复合场中做直线运动说明电场力和洛伦兹力等大反向。

若撤去E，电子在磁场中做匀速圆周运动，如果从磁场的右边界出去则在磁场中运动的水平位移一定，水平方向的速度分量逐渐减小，运动时间大于 $t_0$ ；如果从磁场的左边界出去，因为时间与B的大小有关，则可能大于、小于、等于 $t_0$ ，所以D正确。

若撤去B，电子在第二个场里做类平抛运动，水平方向匀速直线运动，竖直方向电场力做正功速度增大，所以电子的末速度的合速度大小将大于 $v_0$ ，所以B正确。

答案：BD.

20. 目前, "天问一号"火星探测器在火星表面附近的近圆轨道上绕火运行, 开始对火星表面进行重点测绘。不久后, 着陆器将与探测器分离, 经过一系列过程, 在距离火面  $h$  (约 20m) 高处做一次悬停后关闭发动机, 着陆器自由下落。已知着陆器的质量为  $m$ , 火星质量约为地球质量的 10%, 半径约为地球半径的 50%, 地球表面的重力加速度大小为  $g$ , 人造卫星在近地圆轨道上运行的线速度为  $v_0$ , 则

- A. 探测器在近火圆轨道上运行的线速度约为  $0.2v_0$
- B. 着陆器在着陆前的瞬间, 速度大小约为  $\sqrt{0.8gh}$
- C. 着陆器悬停时受到的反冲作用力约为  $0.4mg$
- D. 从分离后到着陆的过程中, 着陆器克服大气阻力做的功等于其机械能的减少量

答案: BC

考点: 天体综合。

解析: A:近地卫星线速度为  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$  所以火星上的速度是  $v = \sqrt{0.2}v_0$

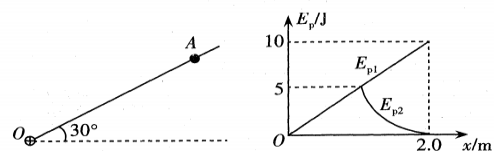
B:由  $g$  的公式:  $g = \frac{GM}{R^2}$ , 所以火星上的  $g$  为地球的  $\frac{2}{5}$ , 由落地速度知  $v = \sqrt{2gh}$ , 所以  $v_{火} = \sqrt{0.8gh}$

C:悬停时着陆器受力平衡,  $F_{火} = mg_{火} = 0.4mg$

D:由能量守恒定律, 刚开始分离时, 发动机对探测器做功, 故其机械能减少量是着陆器克服大气阻力做功及发动机对探测器做功之和。

21. 光滑绝缘细杆倾斜固定, 与水平面的夹角为  $30^\circ$ , O 端固定一正点电荷, 带正电的小球 (可视为点电荷) 串在杆上, 将小球从 A 点静止释放, 小球沿杆运动能达到的最低点为 B, 以 O 为原点, 沿 OA 方向建立 OX 坐标系。取 O 点所在水平面为 0 重力势能面 A 点为 0 电势能点, 测得小球的重力势能为  $E_{p1}$ , 电势能  $E_{p2}$  与  $x$  的关系如图所示, 取  $g = 10m/s^2$ , 可知

- A. 小球的质量为 1.0kg
- B. 小球在 1.5 米处的电势能小于 2.5J
- C. 小球在 1.5 米处的动能最大
- D. 小球返回 A 点处的速度不为 0



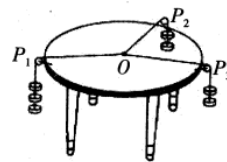
答案: AB

考点: 静电场能量综合。

解析: 初始状态  $E_p = mgh$   $10 = mgh$  所以  $m = 1kg$ . 由图像可知小球在 1.5 米处的电势能一定小于 2.5J. 根据能量的转换小球在 1 米处的动能最大, 小球一定能回到 A 点。

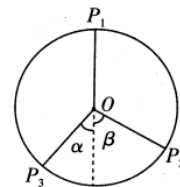
22. (5 分) (一)必考题(129 分)

22.(5分)某同学用图(a)的装置验证“力的平行四边形定则”。在水平圆桌上铺一张白纸,边缘安装三个光滑的滑轮,其中 $P_1$ 固定, $P_2$ 、 $P_3$ 可沿桌边移动。实验步骤如下:



图(a)

A.在三根轻绳下挂上一定数量的相同钩码,并调节滑轮的位置使结点 $O$ 静止;  
B.在白纸上描下 $O$ 点的位置和三根绳子的方向,以 $O$ 点为起点,按相同的标度作出 $OP_1$ 、 $OP_2$ 、 $OP_3$ 三个拉力的图示;



图(b)

C.以 $OP_2$ 、 $OP_3$ 拉力的图示为邻边作平行四边形,测量对角线的长度 $L$ ;  
D.比较 $L$ 与 $OP_1$ 拉力图示线段的长度,若两者近似相等,即可验证平行四边形定则。  
(1)实验中存在严重缺陷的步骤是\_\_\_\_\_ (填步骤前字母),应补充的操作是\_\_\_\_\_。

(2)若 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 下绳端挂的相同钩码数量分别为6、4和5,三根细绳间的关系如图(b)所示,若平行四边形定则成立,则 $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ 的值最接近\_\_\_\_\_ (填选项前字母)

- A.  $\frac{4}{5}$       B.  $\frac{5}{4}$       C.  $\frac{6}{5}$       C.  $\frac{5}{6}$

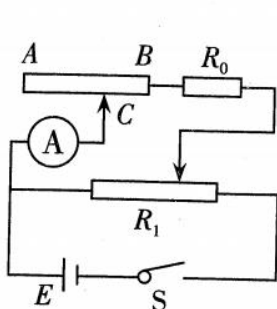
答案: (1) D(BD、CD、BCD 均给分)  
比较 $L$ 与 $OP_1$ 绳拉力是否共线(其他类似说法均正确)

(3) A

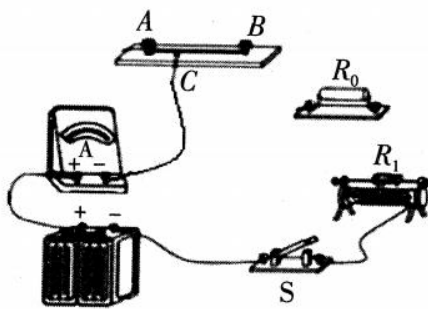
解析: (1)(2) 实验既需要比较大小,又需要比较方法。

(3) 由受力分析,  $F_3 \sin\alpha = F_2 \sin\beta$  的  $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{4}{5}$

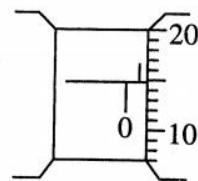
23. 稀土永磁体材料是现代技术的关键组成部分。为测量某稀土材料的电阻率,实验小组用该材料制成一根长度 $L_{AB} = 80.00\text{cm}$ 粗细均匀的电阻丝,之后用图(a)的电路进行了实验。图中 $R_0 = 600\Omega$ 滑动变阻器的总电阻为 $10\Omega$ ;电源的电动势约为 $3\text{V}$ 、内阻很小; $\text{A}$ 是量程为 $5\text{mA}$ 的理想电表。



图(a)

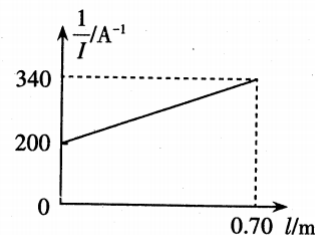


图(b)



图(c)

- 根据图(a),将图(b)连成完整的实验电路;
- 用螺旋测微器测电阻丝直径 $d$ 的示数如图(c),则 $d =$ \_\_\_\_\_  $\text{mm}$ 。
- 闭合开关,将滑动变阻器的滑片调至合适位置,反复调节线夹 $C$ 在电阻丝上的位置,读出 $CB$ 间电阻丝的长度 $l$ 与对应电流表的示数 $I$ ,作出 $\frac{1}{I} - l$ 图线如图(d)所示,可认为该电阻丝的总电阻 $R_{AB} =$ \_\_\_\_\_。
- 可求得该材料的电阻率 $\rho =$ \_\_\_\_\_  $\Omega \cdot \text{m}$  (保留两位有效数字)。
- 为减小误差,在保证安全的条件下,应将图(a)中变阻器的滑动触头尽可能调到\_\_\_\_\_。(选填“左端”、“中间”或“右端”)。

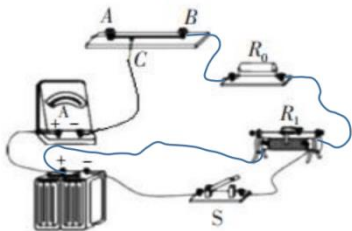


图(d)



答案:

- (1) 如图所示 (2) 0.648 (0.646~0.649) (3) 480 (4)  $2.0 \times 10^{-4}$  (5) 右端



解析: (1) (2) 略

(3) 当  $L=0$  时, 电路中流过电阻丝和  $R_0$  的电压为  $U=IR_0=3V$ , 如图可知, 当  $L=80cm$  时, 对应的  $\frac{1}{I}=360$ , 所以此时的电流  $I=\frac{1}{360}A$ ,  $I(R_{AB} + R_0)=3V$ , 可得到  $R_{AB}=480\Omega$ 。

(4) 由公式  $R=\rho \frac{L}{S}$  可知  $\rho=\frac{RS}{L}=\frac{\pi Ud^2}{4IL}$ , 当  $L=80cm$  时, 电阻为  $480\Omega$  可得,  $\rho$  约等于  $2.0 \times 10^{-4} \Omega \cdot m$

(5) 为保证电压  $3V$  不变, 滑动触头应调至右端, 这样才能保证调节电阻丝电阻的时候, 电压不变。

24. (12 分) 磁悬浮列车进站时的电磁制动可借助如图的模型来理解: 水平直轨道下方安装一励磁线圈, 通电后在两轨间形成方向竖直向上、长度为  $L$  的匀强磁场, 磁感应强度大小为  $B$ ; 列车的水平底板下方, 固定有匝数为  $n$  的矩形闭合线圈, 其总电阻为  $R$ 、长为  $L$ 、宽为  $d$ 。某次实验中, 线圈进入磁场时列车的速度为  $v_0$ , 线圈未完全离开磁场时列车停止运动。已知列车的质量为  $m$ , 不考虑列车所受的其它阻力, 求:

- (1) 线圈进入磁场时列车加速度的大小;  
 (2) 线圈进入磁场的过程中, 通过线圈的电荷量。



考点: 电磁感应

答案: (1)  $a = \frac{n^2 d^2 B^2 v_0}{mR}$  (2)  $q = \frac{nBLd}{R}$

解析: (1) 当线圈进入磁场时, 线圈中的感应电动势为  $E$ , 感应电流为  $I$ , 线圈所受安培力为  $F$ , 列车加速度为  $a$ .  
 $E = nBdv_0$  (1 分)

$I = \frac{E}{R}$  (1 分)

$F = nBIL$  (1 分)

$F = ma$  (2 分)

解得:  $a = \frac{n^2 d^2 B^2 v_0}{mR}$

(2) 线框进入磁场的过程中, 线框中的平均感应电动势为  $E_{均}$ , 平均感应电流为  $I_{均}$ , 通过线框的电荷量为  $q$

$E_{均} = nB \frac{Ld}{\Delta t}$  (2 分)

$I_{均} = \frac{E_{均}}{R}$  (1 分)

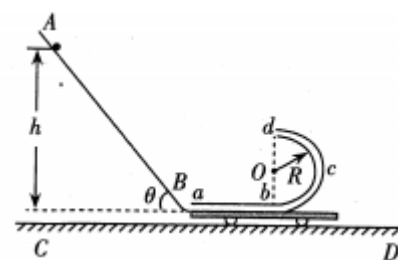
$q = I_{均} \Delta t$  (1 分)

解得:  $q = \frac{nBLd}{R}$

25. (20分) 如图, 平板小车位于光滑水平面 CD 上, 其上固定有“L”形细管 abcd, ab 部分为内壁粗糙的水平直管, 长  $L = 0.9\text{ m}$ , bcd 部分为内壁光滑的竖直半圆管, 半径  $R = 0.425\text{ m}$ . 小车连同细管的总质量为  $m$ . AB 是倾角  $\theta = 53^\circ$  的固定光滑斜面, 末端水平(该处长度可忽略)且恰与管口高, AB 与 abcd 处于同一竖直平面内. 现将一质量也为  $m$  的小球(可视为质点)从 AB 上距 A 高  $h = 1.8\text{ m}$  处无初速释放, 小球从 B 处无障碍进入管内. 取  $g = 10\text{ m/s}^2$ ,  $\sin 53^\circ = 0.8, \cos 53^\circ = 0.6$ .

(1) 若固定小车, 小球从 d 飞出后恰好垂直击中斜面, 求小球经过 d 点时的速率及在 ab 段所受阻力与其重力的比值.

(2) 若小车可自由滑动, 判断小球能否离开细管.



解析: (1) 若固定小车, 小球从 d 点抛出时速度的大小为  $v_d$ , 经过时间  $t$ , 小球垂直击中斜面时速度为  $v$ , 竖直方向分速度为  $v_y$ , 该过程水平和竖着方向位移分别为  $x$ 、 $y$

$$\tan\theta = \frac{v_d}{v_y}$$

$$x = v_d t$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_y = g t$$

$$\tan\theta = \frac{2R - y}{x - L}$$

解得:  $v_d = 4\text{ m/s}$

设小球在 ab 段所受阻力为重力的  $k$  倍

$$mg(h - 2R) - kmgL = \frac{1}{2} m v_d^2$$

解得:  $k = \frac{1}{6}$

(2) 小球运动到 B 点时的速度大小为  $v_0$ , 得

$$mgh = \frac{1}{2} m v_0^2$$

解得:  $v_0 = 6\text{ m/s}$

设小球能从 d 处离开滑块, 分离时小球和滑块速度分别为  $v_1$  和  $v_2$ , 对小球与滑块组成的系统

$$m v_0 = m v_1 + m v_2$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2 + kmgL + 2mgR$$

解得:  $v_1 = \frac{6 - \sqrt{6^2 - 40}}{2} \text{ m/s}$ ,  $v_2 = \frac{6 + \sqrt{6^2 - 40}}{2} \text{ m/s}$

由于  $\Delta = 6^2 - 40 < 0$ , 所以小球不能从 d 处离开滑块.

【或：设小球不能从  $d$  处离开滑块，运动到圆弧  $bcd$  中  $e$  处时，小球最终与滑块共速，速度为  $v_e$ ， $e$  处高度为  $h_e$ 。小球从  $a$  运动到  $d$  过程，对小球与滑块组成的系统

$$mv_0 = 2mv_e$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_e^2 + \frac{1}{2}mv_e^2 + kmgL + mgh_e$$

$h_e = 0.75m < 2R$ ，所以小球不能从  $d$  处离开滑块。

设小球能从  $a$  处与滑块分离，分离时小球和滑块速度分别为  $v_3$  和  $v_4$ ，对小球与滑块组成的系统

$$mv_0 = mv_3 + mv_4$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}mv_4^2 + 2kmgL$$

解得： $v_3 = (3 - \sqrt{6})m/s$ ， $v_4 = (3 + \sqrt{6})m/s$

【或：假设小球不能从  $a$  处离开滑块，当小球运动到  $ab$  部分的  $i$  处时，小球与滑块共速，速度为  $v_i$ ， $i$  处与  $a$  距离为  $x$ 。小球从  $a$  运动到  $i$  过程，对小球与滑块组成的系统

$$mv_0 = 2mv_i$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(2m)v_i^2 + kmg(2L - x)$$

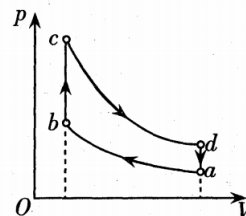
解得： $x = -3.6m$

因为  $x < 0$ ，假设错误，所以小球会从  $a$  处离开滑块。

33. 【物理—选修 3-3】(15 分)

(1)(5 分)如图为一定质量的理想气体所经历的奥托循环，该循环由两个绝热过程和两个等容过程组成。关于该气体，下列说法正确的是\_\_\_。(填写正确答案标号。选对一个得 2 分，选对 2 个得 4 分，选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分，最低得分为 0 分)

- A. 状态  $b$  时的温度与状态  $d$  时的温度相同
- B. 从  $a$  到  $b$ ，气体分子的平均动能减小
- C. 从  $a$  到  $b$ ，外界对气体做的功全部用于增加了气体的内能
- D. 从  $b$  到  $c$ ，气体吸收的热量大于从  $d$  到  $a$  放出的热量
- E. 在一次完整的循环过程中，气体吸收的热量大于放出的热量



答案：CDE

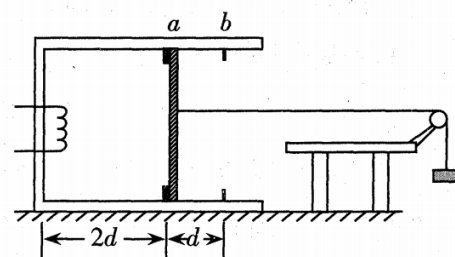
解析：

由图像知  $b$ 、 $d$  两点压强与体积的乘积不相等，所以温度不同，A 错误。

从  $a$  到  $b$  为绝热过程， $Q$  不变，体积减小，外界对气体做正功，气体内能增大，则气体分子的平均动能增大，所以 B 错误、C 正确。

从  $a$  到  $a$  完整的循环过程中，温度不变，内能不变， $a$  到  $b$  外界对气体做的功小于  $c$  到  $d$  气体对外界做的功，则整个过程  $b$  到  $c$  吸收的热量大于  $d$  到  $a$  放出的热量，所以 D、E 正确。

(2)(10 分)如图，一水平固定的汽缸右端开口，汽缸内有卡口  $a$  和  $b$ ， $a$ 、 $b$  间距为  $d$ ， $a$  与缸底的间距为  $2d$ 。光滑活塞只能在  $a$ 、 $b$  间移动，其左方密封有温度为  $T_0$  的理想气体。开始时活塞与重量为  $5mg$  的重物通过一水平轻绳连接，活塞处于静止状态，且活塞与卡口  $a$  间的相互作用大小为  $10mg$ 。已知活塞横截面积为  $S$ ，厚度可忽略，活塞和汽缸壁均绝热，大气压强  $P_0 = \frac{30mg}{S}$ 。现用电热丝缓慢加热气体：



(i.) 当活塞刚到达  $b$  处时，求汽缸内气体的温度；

(ii) 加热气体温度至 $3.6T_0$ ，求活塞与卡口**b**间作用力的大小。

考点：气体实验定律。

解析：

(i)对于活塞：

$$P_0S = P_1S + 10mg + 5mg$$

$$P_1 = \frac{15mg}{S}, V_1 = 2dS, T_1 = T_0$$

继续加热活塞刚好运动到卡口**b**

$$P_2 = \frac{25mg}{S}, V_2 = 3dS, T_1 = T_0$$

由理想气体状态方程

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

解得：

$$T_2 = 2.5T_0$$

(ii)从 $T_2$ 加热至 $T_3 = 3.6T_0$ ，气体经历等容过程

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$$

解得：

$$P_2 = 1.2P_0$$

对于活塞：

$$P_0S + F = PS + 5mg$$

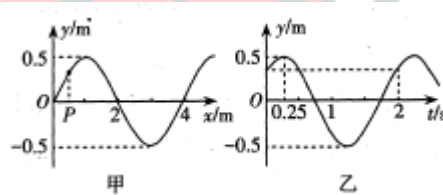
解得：

$$F = 11mg$$

34. 【物理——选修 3-4】(15 分)

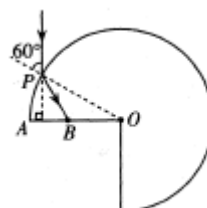
(1) (5 分) 一列简谐横波沿  $x$  轴传播，图甲是  $t=0$  时的波形，图乙是  $x=0.5\text{m}$  处质点  $p$  的振动图像。下列说法正确的是 ( )

- A. 该波沿  $x$  轴正方向传播
- B. 该波的波速为  $2\text{m/s}$
- C.  $0-3\text{s}$ ，质点  $p$  振动的路程为  $(2+\frac{\sqrt{2}}{2})\text{m}$
- D.  $0.5\text{s}$  时， $x=0$  处质点的速率小于质点  $p$  的速率
- E.  $1\text{s}$  时， $x=1.5\text{m}$  处的质点与质点  $p$  的加速度相同



(2) (10 分) 饰品上镶嵌的一块宝石，其截面可看成半径为  $r$  的  $3/4$  圆形， $OA$  为半径。为探究该宝石的光学特性，小张同学将其水平放置，手拿激光笔将红色细光束从  $p$  点垂直  $OA$  射向宝石，且入射角为  $60^\circ$ ，发现光从  $OA$  上的  $B$  点射出， $OB=\frac{\sqrt{3}}{3}r$ ，求：

- (i) 该宝石对红光的折射率；
- (ii) 逐渐减小光在  $p$  点的入射角，求  $OB$  间无光射出的范围。(不考虑多次反射)



答案：

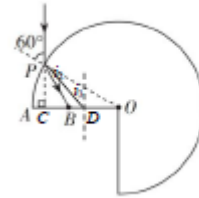
(1) BDE



(2) (i)  $n=\sqrt{3}$

(ii)  $OD=\frac{2\sqrt{3}-\sqrt{2}}{4}r$

解析：(1) 根据同侧法，A 错  
 波长为 4m，周期 2s，所以波速为 2m/s，B 对  
 P 点不是最高最低平衡点，故不等于 4A，C 错  
 0.5s 时  $x=0$  处的点位于最高点，速率为 0，D 正确  
 根据对称性得，E 正确



(2) (i) 入射光线与 OA 相交于 C 点，由题意可知  $i_1=60^\circ$

$n=\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$ ,  $OB\cos 30^\circ = \frac{r}{2} = \frac{OP}{2}$ , 故  $i_2=30^\circ$

解得：  $n=\sqrt{3}$

(iii) 减小入射角，折射角也减小，在 OA 边的入射角增加，当  $i_3$ =临界角时，光在 OA 边发生全发射，设此时入射点为 D

$\sin i_3 = \frac{1}{n}$

OB 间无光射出的长度为 OD

$OD=OC-CB=r\cos 30^\circ - PC\tan i_3$

$OD=\frac{2\sqrt{3}-\sqrt{2}}{4}r$

