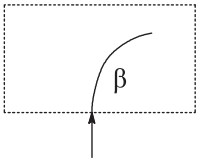
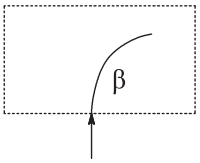
2006 年上海

1. **A**．如图所示，一束 β 粒子自下而上进入一水平方向的匀强电场后发生偏转，则电场方向向左，进入电场后，β 粒子的动能增加（填“增加”、“减少”或“不变”）。



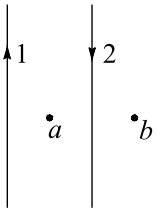
B．如图所示，一束 β 粒子自下而上进入一垂直纸面的匀强磁场后发生偏转，则磁场方向向内，进入磁场后，β 粒子的动能不变（填“增加”、“减少”或“不变”）。



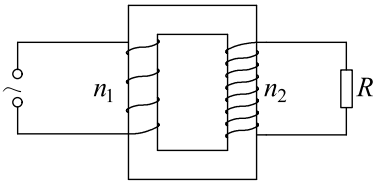
> **A**．左，增加。
>
> **B**．内，不变。

> **A**．由图可知，β 粒子（带负电）所受电场力方向水平向右，故电场方向向左。由于电场力做正功，由动能定理可知粒子在电场中动能增加。
>
> **B**．β 粒子（带负电）沿纸面向左偏转，由左手定则判断出磁场方向垂直纸面向（内）里，又洛伦兹力不做功，故粒子的动能不变。

2. **A**．如图所示，同一平面内有两根互相平行的长直导线 1 和 2，通有大小相等、方向相反的恒定电流，a、b 两点与两导线共面，a 点在两导线的中间，与两导线的距离均为 r，b 点在导线 2 右侧，与导线 2 的距离也为 r。现测得 a 点磁感应强度的大小为 B，则去掉导线 1 后，b 点的磁感应强度大小为$\frac{B}{2}$，方向（垂直纸面）向外。



B．如图所示，一理想变压器原、副线圈匝数分别为 n_1 和 n_2，当负载电阻 R 中流过的电流为 I 时，原线圈中流过的电流为$\frac{n_2}{n_1}I$；现减小负载电阻 R 的阻值，则变压器的输入功率将增大（填“增大”、“减小”或“不变”）。



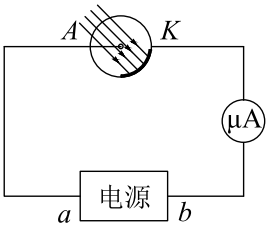
A. $\frac{B}{2}$，（垂直纸面）向外。

B. $\frac{n_2}{n_1}I$，增大。

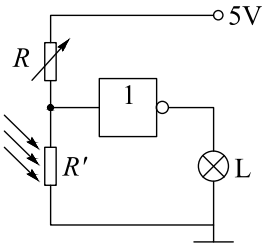
A. 由安培定则可知，1、2 两根导线在 a 点的磁感应强度大小相等、方向相同，都为 $\frac{B}{2}$，而导线 2 在 a、b 两处的磁感应强度等大反向，故去掉导线 1 后，b 点的磁感应强度大小为 $\frac{B}{2}$，方向垂直两导线所在平面向外。

B. 由变压器的电流比可知，$\frac{I_1}{I}=\frac{n_2}{n_1}$，故 $I_1=\frac{n_2}{n_1}I$。由题意知原、副线圈的电压不变，由 $P_2=\frac{U_2^2}{R}$ 和 $P_1=P_2$ 可知，R 减小时，则 P_2、P_1 均增大。

3. **A.** 利用光电管产生光电流的电路如图所示。电源的正极应接在 a 端（填“a”或“b”）；若电流表读数为 8 μA，则每秒从光电管阴极发射的光电子至少是5×10^{13}个（已知电子电量为 1.6×10^{-19} C）。



B. 右图为包含某逻辑电路的一个简单电路图，L 为小灯泡。光照射电阻 R' 时，其阻值将变得远小于 R。该逻辑电路是非门电路（填“与”、“或”或“非”）。当电阻 R' 受到光照时，小灯泡 L 将发光（填“发光”或“不发光”）。



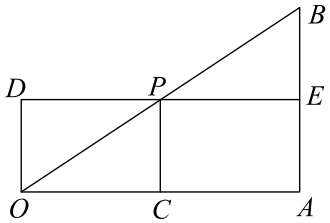
A. a，5×10^{13}。

B. 非，发光。

A. 要使电子加速，应在 A 极接高电势，故 a 端为电源正极；由 $I=\frac{ne}{t}$，得 $n=\frac{It}{e}=5\times10^{13}$。

> **B.** 当电阻 R' 受到光照时，非门输入低电压，输出高电压，故灯泡将发光。

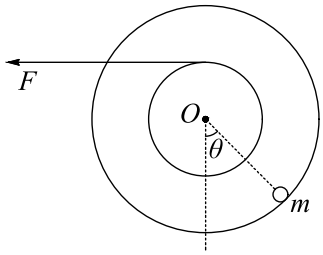
4. 伽利略通过研究自由落体和物块沿光滑斜面的运动，首次发现了匀加速运动规律。伽利略假设物块沿斜面运动与物块自由下落遵从同样的法则，他在斜面上用刻度表示物块滑下的路程，并测出物块通过相应路程的时间，然后用图线表示整个运动过程，如图所示。图中 OA 表示测得的时间，矩形 OAED 的面积表示该时间内物块经过的路程，则图中 OD 的长度表示平均速度。P 为 DE 的中点，连接 OP 且延长交 AE 的延长线于 B 点，则 AB 的长度表示末速度。



> 平均速度，末速度

> 匀变速直线运动的 $v-t$ 图象所围面积表示位移，中位线表示平均速度，最高点的纵坐标表示末速度。

5. 半径分别为 r 和 $2r$ 的两个质量不计的圆盘，共轴固定连结在一起，可以绕水平轴 O 无摩擦转动，大圆盘的边缘上固定有一个质量为 m 的质点，小圆盘上绕有细绳。开始时圆盘静止，质点处在水平轴 O 的正下方位置。现以水平恒力 F 拉细绳，使两圆盘转动，若恒力 $F=mg$，两圆盘转过的角度 $\theta=$$\frac{\pi}{6}$时，质点 m 的速度最大。若圆盘转过的最大角度 $\theta=\frac{\pi}{3}$，则此时恒力 $F=$$\frac{3mg}{\pi}$。



> $\frac{\pi}{6}$，$\frac{3mg}{\pi}$

> 速度最大的位置就是力矩平衡的位置，则有 $Fr=mg\cdot 2r\sin\theta$，解得 $\theta=\frac{\pi}{6}$；若圆盘转过的最大角度 $\theta=\frac{\pi}{3}$，则质点 m 速度最大时 $\theta=\frac{\pi}{6}$，故可求得 $F=\frac{3mg}{\pi}$。

6. 人类对光的本性的认识经历了曲折的过程。下列关于光的本性的陈述符合科学规律或历史事实的是（BCD）

A. 牛顿的“微粒说”与爱因斯坦的“光子说”本质上是一样的

B. 光的双缝干涉实验显示了光具有波动性

C. 麦克斯韦预言了光是一种电磁波

D. 光具有波粒二象性

> 爱因斯坦的“光子说”和牛顿的“微粒说”除了都是粒子之外，并无任何相同之处，光子不是牛顿所描绘的那种遵循经典力学运动定律的微粒，故 BCD 正确。

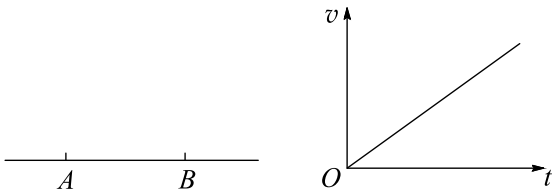
7. 卢瑟福通过对 α 粒子散射实验结果的分析，提出（ A ）

A. 原子的核式结构模型　　B. 原子核内有中子存在

C. 电子是原子的组成部分　　D. 原子核是由质子和中子组成的

> 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

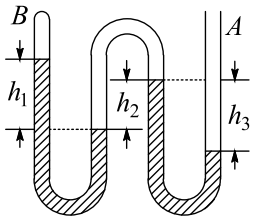
8. A、B 是一条电场线上的两点，若在 A 点释放一初速为零的电子，电子仅受电场力作用，并沿电场线从 A 运动到 B，其速度随时间变化的规律如图所示。设 A、B 两点的电场强度分别为 E_A、E_B，电势分别为 φ_A、φ_B，则（ AD ）



A. $E_A = E_B$　　B. $E_A < E_B$　　C. $\varphi_A = \varphi_B$　　D. $\varphi_A < \varphi_B$

> 由图象可知，电子做匀加速直线运动，故该电场为匀强电场，即 $E_A = E_B$，电子动能增加，电势能减少，电势升高，即 $\varphi_A < \varphi_B$，故 AD 正确。

9. 如图所示，竖直放置的弯曲管 A 端开口，B 端封闭，密度为 ρ 的液体将两段空气封闭在管内，管内液面高度差分别为 h_1、h_2 和 h_3，则 B 端气体的压强为（已知大气压强为 p_0）（ B ）



A. $p_0 - \rho g(h_1 + h_2 - h_3)$　　B. $p_0 - \rho g(h_1 + h_3)$

C. $p_0 - \rho g(h_1 + h_3 - h_2)$　　D. $p_0 - \rho g(h_1 + h_2)$

由图中液面的高度关系知，$p_0 = p_2 + \rho g h_3$ 和 $p_2 = p_1 + \rho g h_1$，联立解得 $p_1 = p_0 - \rho g(h_1 + h_3)$，故 B 正确。

10. 在均匀介质中选取平衡位置在同一直线上的 9 个质点，相邻两质点的距离均为 L，如图 a 所示。一列横波沿该直线向右传播，$t = 0$ 时到达质点 1，质点 1 开始向下运动，经过时间 Δt 第一次出现如图 b 所示的波形。则该波的 (BC)

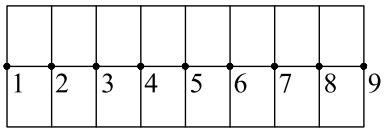


图 a

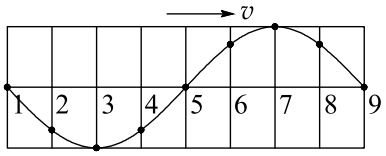


图 b

A. 周期为 Δt，波长为 $8L$

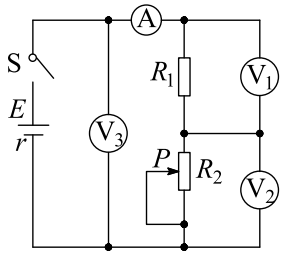
B. 周期为 $\frac{2}{3}\Delta t$，波长为 $8L$

C. 周期为 $\frac{2}{3}\Delta t$，波速为 $\frac{12L}{\Delta t}$

D. 周期为 Δt，波速为 $\frac{8L}{\Delta t}$

由题中波形图可知 $\lambda = 8L$，质点 1 该时刻正向上运动，而 $t = 0$ 时质点 1 开始向下运动，故传播时间 $\Delta t = \left(n + \frac{1}{2}\right) T$，由题意知此时第一次出现题中所示的波形，所以 $n = 1$，传播距离 $x = 1.5\lambda = 12L$，周期 $T = \frac{2}{3}\Delta t$，波速 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{x}{t} = \frac{12L}{\Delta t}$，故 BC 正确。

11. 在如图所示电路中，闭合电键 S，当滑动变阻器的滑动触头 P 向下滑动时，四个理想电表的示数都发生变化，电表的示数分别用 I、U_1、U_2 和 U_3 表示，电表示数变化量的大小分别用 ΔI、ΔU_1、ΔU_2 和 ΔU_3 表示。下列比值正确的是 (ACD)



A. $\frac{U_1}{I}$ 不变，$\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$ 不变

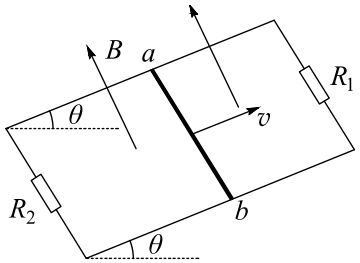
B. $\frac{U_2}{I}$ 变大，$\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$ 变大

C. $\frac{U_2}{I}$ 变大，$\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$ 不变

D. $\frac{U_3}{I}$ 变大，$\frac{\Delta U_3}{\Delta I}$ 不变

由欧姆定律知 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I} = \frac{U_1}{I} = R_1$，由于 R_1 不变，故 $\frac{U_1}{I}$ 不变，$\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$ 不变；同理，$\frac{U_2}{I} = R_2$，由于 R_2 变大，所以 $\frac{U_2}{I}$ 变大，但是 $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = \frac{\Delta I(R_1 + r)}{\Delta I} = R_1 + r$，所以 $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$ 不变；而 $\frac{U_3}{I} = R_2 + R_1$，所以 $\frac{U_3}{I}$ 变大；由于 $\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = \frac{\Delta I r}{\Delta I} = r$，所以 $\frac{\Delta U_3}{\Delta I}$ 不变，故 ACD 正确。

12. 如图所示，平行金属导轨与水平面成 θ 角，导轨与固定电阻 R_1 和 R_2 相连，匀强磁场垂直穿过导轨平面。有一导体棒 ab，质量为 m，导体棒的电阻与固定电阻 R_1 和 R_2 的阻值均相等，与导轨之间的动摩擦因数为 μ，导体棒 ab 沿导轨向上滑动，当上滑的速度为 v 时，受到安培力的大小为 F。此时 (BCD)



A. 电阻 R_1 消耗的热功率为 $\frac{Fv}{3}$

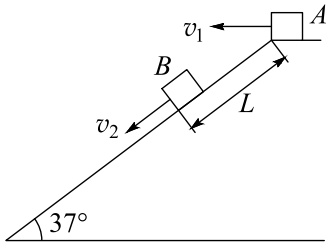
B. 电阻 R_2 消耗的热功率为 $\frac{Fv}{6}$

C. 整个装置因摩擦而消耗的热功率为 $\mu mgv\cos\theta$

D. 整个装置消耗的机械功率为 $(F+\mu mg\cos\theta)v$

由法拉第电磁感应定律得 $E=BLv$，回路总电流 $I=\frac{E}{1.5R}$，安培力 $F=BIL$，所以电阻 R 的功率 $P_1=(0.5I)^2R=\frac{Fv}{6}$，故 B 正确。由于摩擦力 $f=\mu mg\cos\theta$，故因摩擦而消耗的热功率为 $\mu mgv\cos\theta$，整个装置消耗的机械功率为 $(F+\mu mg\cos\theta)v$。

13. 如图所示，一足够长的固定斜面与水平面的夹角为 37°，质点 A 以初速度 v_1 从斜面顶端水平抛出，质点 B 在斜面上距顶端 $L=15\,\mathrm{m}$ 处同时以速度 v_2 沿斜面向下匀速运动，经历时间 t 物体 A 和物体 B 在斜面上相遇，则下列各组速度和时间中满足条件的是（ C ）（$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$，$g=10\,\mathrm{m/s^2}$）



A. $v_1=16\,\mathrm{m/s}$，$v_2=15\,\mathrm{m/s}$，$t=3\,\mathrm{s}$

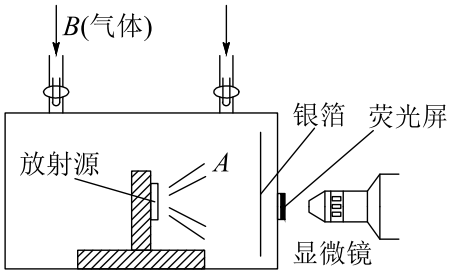
B. $v_1=16\,\mathrm{m/s}$，$v_2=16\,\mathrm{m/s}$，$t=2\,\mathrm{s}$

C. $v_1=20\,\mathrm{m/s}$，$v_2=20\,\mathrm{m/s}$，$t=3\,\mathrm{s}$

D. $v_1=20\,\mathrm{m/s}$，$v_2=16\,\mathrm{m/s}$，$t=2\,\mathrm{s}$

由平抛运动规律可知，$\tan\theta=\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_1t}$，将 $\theta=37°$ 代入解得 $3v_1=20t$，故只有 C 选项满足条件。

14. 1919 年卢瑟福通过如图所示的实验装置，第一次完成了原子核的人工转变，并由此发现质子。图中 A 为放射源发出的α粒子，B 为氮气。完成该实验的下列核反应方程${}^4_2\mathrm{He}+{}^{14}_7\mathrm{N}\to{}^{17}_8\mathrm{O}+{}^1_1\mathrm{H}$。



质子，α，氮，${}_{2}^{4}\mathrm{He}+{}_{7}^{14}\mathrm{N}\rightarrow{}_{8}^{17}\mathrm{O}+{}_{1}^{1}\mathrm{H}$

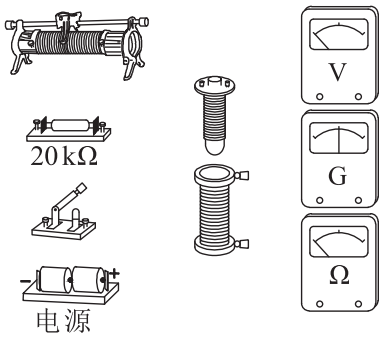
α 粒子轰击氮核，放出同位素氧，并发现质子，是原子核的人工转变的典型例子。

15. 在研究电磁感应现象实验中，

(1) 为了能明显地观察到实验现象，请在如图所示的实验器材中，选择必要的器材，在图中用实线连接成相应的实物电路图；

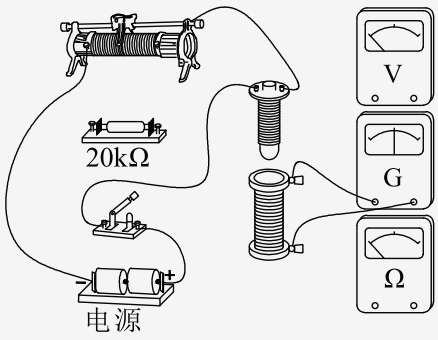
(2) 将原线圈插入副线圈中，闭合电键，副线圈中感应电流与原线圈中电流的绕行方向相反（填“相同”或“相反”）；

(3) 将原线圈拔出时，副线圈中的感应电流与原线圈中电流的绕行方向相同（填“相同”或“相反”）。



(1) 实物电路图连线如图所示。 (2) 相反 (3) 相同

（1）实物电路图连线如图所示。



（2）将原线圈插入副线圈中，闭合电键，副线圈中感应电流与原线圈中电流的绕行方

向相反。

（3）将原线圈拔出时，副线圈中的感应电流与原线圈中电流的绕行方向相同。

16. 为了测试某种安全阀在外界环境为一个大气压时，所能承受的最大内部压强，某同学自行设计制作了一个简易的测试装置。该装置是一个装有电加热器和温度传感器的可密闭容器。测试过程可分为如下操作步骤：

a．记录密闭容器内空气的初始温度 t_1；

b．当安全阀开始漏气时，记录容器内空气的温度 t_2；

c．用电加热器加热容器内的空气；

d．将待测安全阀安装在容器盖上；

e．盖紧装有安全阀的容器盖，将一定量空气密闭在容器内。

(1) 将每一步骤前的字母按正确的操作顺序填写：deacb；

(2) 若测得的温度分别为 $t_1 = 27\,^\circ\mathrm{C}$，$t_2 = 87\,^\circ\mathrm{C}$，已知大气压强为 $1.0 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$，则测试结果是：这个安全阀能承受的最大内部压强是$1.2 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$。

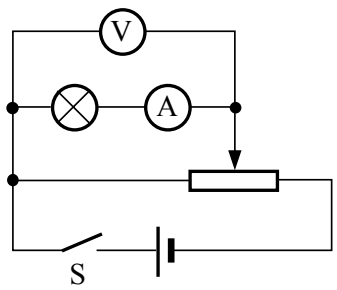
(1) deacb (2) $1.2 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$（或 1.2 个大气压）

（1）按照先安装、再密闭、再加热、最后读数的顺序，正确的操作顺序为 deacb。

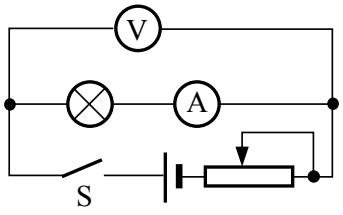
（2）由理想气体状态方程得 $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$，将 $T_1 = 300\,\mathrm{K}$，$T_2 = 360\,\mathrm{K}$，$p_1 = 1.0 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$ 代入，可以解得 $p_2 = 1.2 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$。

17. 表格中所列数据是测量小灯泡 $U - I$ 关系的实验数据：

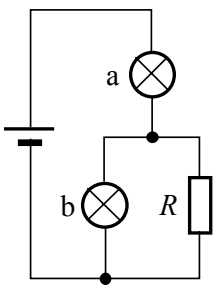
U（V）	0.0	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
I（A）	0.000	0.050	0.100	0.150	0.180	0.195	0.205	0.215



图甲



图乙

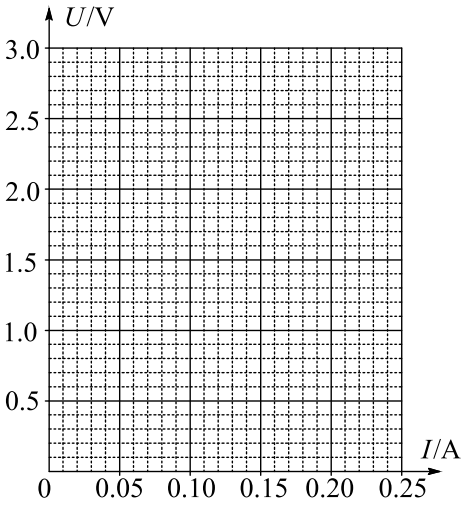


图丙

(1) 分析上表内实验数据可知，应选用的实验电路图是图甲（填“甲”或“乙”）；

(2) 在方格纸内画出小灯泡的 $U-I$ 曲线。分析曲线可知小灯泡的电阻随 I 变大而变大（填“变大”、“变小”或“不变”）；

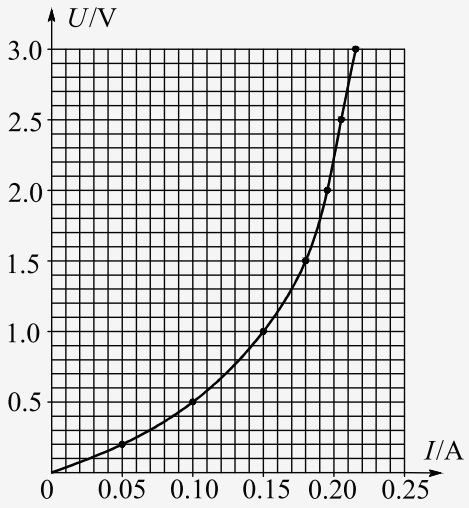
(3) 如图中丙所示，用一个定值电阻 R 和两个上述小灯泡组成串并联电路，连接到内阻不计、电动势为 3 V 的电源上。已知流过电阻 R 的电流是流过灯泡 b 电流的两倍，则流过灯泡 b 的电流约为0.07 A。



(1) 甲　(2) 小灯泡的 $U-I$ 图线如图所示，变大　(3) 0.07 A

（1）因小灯泡两端的电压是从零开始的，所以滑动变阻器应采用分压接法，符合图中数据的要求，故选甲。

（2）将表中数据逐一描点后用平滑曲线连接各点，如图所示，图线的斜率表示小灯泡的电阻，所以小灯泡的电阻随 I 变大而变大。



（3）由电路的连接方式知，流过灯 a 的电流是流过灯 b 的 3 倍，这就相当于同一个灯泡两种不同的工作状态，这两种状态下，灯泡的电压之和为 3 V，电流满足 3 倍的关系，有 $E=U_a+U_b$，$I_a=3I_b$，在灯泡的 $U-I$ 曲线上找这样的两种状态，可确

定灯泡的电流值约为 0.07 A。

18. 有一测量微小时间差的装置，由两个摆长略有微小差别的单摆同轴水平悬挂构成，两个单摆摆动平面前后相互平行。

(1) 现测得两单摆完成 50 次全振动的时间分别为 50.0 s 和 49.0 s，则两单摆的周期差 ΔT =0.02 s；

(2) 某同学利用此装置测量小于单摆周期的微小时间差，具体操作如下：把两摆球向右拉至相同的摆角处，先释放长摆摆球，接着再释放短摆摆球，测得短摆经过若干次全振动后，两摆恰好第一次同时同方向通过某位置，由此可得出释放两摆的微小时间差。若测得释放两摆的时间差 $\Delta t = 0.165\,\mathrm{s}$，则在短摆释放8.085 s（填时间）后，两摆恰好第一次同时向左（填方向）通过平衡位置（填位置）；

(3) 为了能更准确地测量微小的时间差，你认为此装置还可做的改进是减小两单摆的摆长差等。

(1) 0.02 s (2) 8.085 s，左，平衡位置 (3) 减小两单摆的摆长差等

（1）$\Delta T = T_1 - T_2 = \frac{50}{50}\,\mathrm{s} - \frac{49}{50}\,\mathrm{s} = 0.02\,\mathrm{s}$。

（2）先释放的是长摆，故有 $nT_1 = nT_2 + \Delta t$，解得 $n = 8.25$，所以短摆释放的时间为 $t = nT_2 = 8.085\,\mathrm{s}$，此时两摆同时向左经过平衡位置。

19. **A**．一轻活塞将一定质量的理想气体封闭在水平固定放置的气缸内，开始时气体体积为 V_0，温度为 27 °C。在活塞上施加压力，将气体体积压缩到 $\frac{2}{3}V_0$，温度升高到 57 °C。设大气压强 $p_0 = 1.0 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$，活塞与气缸壁摩擦不计。

(1) 求此时气体的压强；

(2) 保持温度不变，缓慢减小施加在活塞上的压力使气体体积恢复到 V_0，求此时气体的压强。

B．一轻活塞将一定质量的理想气体封闭在气缸内，初始时气体体积为 $3.0 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}^3$。用 DIS 实验系统测得此时气体的温度和压强分别为 300 K 和 $1.0 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$。推动活塞压缩气体，测得气体的温度和压强分别为 320 K 和 $1.6 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$，活塞与气缸壁摩擦不计。

(1) 求此时气体的体积；

(2) 保持温度不变，缓慢改变作用在活塞上的力，使气体压强变为 $8.0 \times 10^4\,\mathrm{Pa}$，求此时气体的体积。

A. (1) $p_2 = 1.65 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$ (2) $p_3 = 1.1 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$

B. (1) $V_2 = 2.0 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}^3$ (2) $V_3 = 4.0 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}^3$

A.（1）气体从状态 I 到状态 II 的变化符合理想气体状态方程

$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$ ①

由①式 $p_2 = \frac{p_1V_1T_2}{V_2T_1} = \frac{1\times10^5\times V_0\times(273+57)}{(273+27)\times\frac{2}{3}V_0} = 1.65 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$ ②

（2）气体从状态 II 到状态III的变化为等温过程

$p_2V_2 = p_3V_3$ ③

由③式 $p_3 = \frac{p_2V_2}{V_3} = \frac{1.65\times10^5\times\frac{2}{3}V_0}{V_0} = 1.1 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$ ④

B.（1）气体从状态 I 到状态 II 的变化符合理想气体状态方程

$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$ ①

由①式 $V_2 = \frac{p_1V_1T_2}{p_2T_1} = \frac{1\times10^5\times3\times10^{-3}\times320}{1.6\times10^5\times300} = 2.0 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}^3$ ②

（2）气体从状态 II 到状态III的变化为等温过程

$p_2V_2 = p_3V_3$ ③

由③式 $V_3 = \frac{p_2V_2}{p_3} = \frac{1.6\times10^5\times2.0\times10^{-3}}{8.0\times10^4} = 4.0 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}^3$ ④

20. 要求摩托车由静止开始在尽量短的时间内走完一段直道，然后驶入一段半圆形的弯道，但在弯道上行驶时车速不能太快，以免因离心作用而偏出车道，求摩托车在直道上行驶所用的最短时间。有关数据见表格。

启动加速度 a_1	$4\,\mathrm{m/s^2}$
制动加速度 a_2	$8\,\mathrm{m/s^2}$
直道最大速度 v_1	$40\,\mathrm{m/s}$
弯道最大速度 v_2	$20\,\mathrm{m/s}$
直道长度 s	$218\,\mathrm{m}$

某同学是这样解的：要使摩托车所用时间最短，应先由静止加速到最大速度 $v_1 = 40\,\mathrm{m/s}$，然后再减速到 $v_2 = 20\,\mathrm{m/s}$，$t_1 = \frac{v_1}{a_1} = \cdots\cdots$；$t_2 = \frac{v_1-v_2}{a_2} = \cdots\cdots$；$t = t_1 + t_2$。

你认为这位同学的解法是否合理？若合理，请完成计算；若不合理，请说明理由，并用你自己的方法算出正确结果。

不正确。11 s。

该同学的解法不正确，因为摩托车必须在 218 m 的直道上完成变速运动过程，但按照该同学的解法，

$t_1 = \frac{v_1}{a_1} = \frac{40}{4}\,\mathrm{s} = 10\,\mathrm{s}$，$t_2 = \frac{v_1 - v_2}{a_2} = \frac{40-20}{8}\,\mathrm{s} = 2.5\,\mathrm{s}$，

则 $t = t_1 + t_2 = 12.5\,\mathrm{s}$，

摩托车的位移为

$s = s_1 + s_2 = \frac{1}{2}v_1 t_1 + \frac{1}{2}(v_1 + v_2)t_2 = 0.5 \times 40 \times 10 + 0.5(40 + 20) \times 2.5 = 275\,\mathrm{m}$，

已大于直道长度 218 m。

正确的解法如下：摩托车在 t_1 时间内加速到 v_m，再在 t_2 时间内减速到 v_2，总位移 s 为 218 m，

$t_1 = \frac{v_m}{a_1}$ ①

$t_2 = \frac{v_m - v_2}{a_2}$ ②

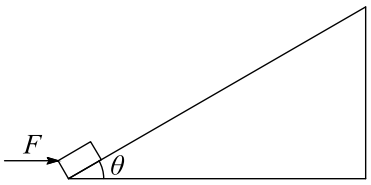
$\frac{1}{2}v_m t_1 + \frac{1}{2}(v_m + v_2)t_2 = s$ ③

由①，②，③式联立解得 $v_m = 36\,\mathrm{m/s}$ ④

最短时间

$t = t_1 + t_2 = \frac{v_m}{a_1} + \frac{v_m - v_2}{a_2} = \frac{36}{4} + \frac{36-20}{8} = 11\,\mathrm{s}$ ⑤

21. 质量为 10 kg 的物体在 $F = 200\,\mathrm{N}$ 的水平推力作用下，从粗糙斜面的底端由静止开始沿斜面运动，斜面固定不动，与水平地面的夹角 $\theta = 37°$。力 F 作用 2 s 后撤去，物体在斜面上继续上滑了 1.25 s 后，速度减为零。求物体与斜面间的动摩擦因数 μ 和物体的总位移 s。（已知 $\sin 37° = 0.6$，$\cos 37° = 0.8$，$g = 10\,\mathrm{m/s^2}$）



$\mu = 0.25$，$s = 16.25\,\mathrm{m}$

物体的整个运动分为两部分，设加速时的加速度为 a_1，减速时的加速度为 a_2，撤去力 F 瞬间物体的速度为 v，则

$v = a_1 t_1$，$0 = v - a_2 t_2$，

得 $a_1 t_1 = a_2 t_2$ 或 $2a_1 = 1.25a_2$ ①

$a_1 = \frac{F\cos\theta - mg\sin\theta - \mu(F\sin\theta + mg\cos\theta)}{m}$ ②

$a_2 = \frac{mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta}{m}$ ③

由①，②，③式联立解得：$\mu = 0.25$ ④

代入②，③得：$a_1 = 5\,\mathrm{m/s^2}$，$a_2 = 8\,\mathrm{m/s^2}$。

物体的总位移为

$s = \frac{1}{2}a_1t_1^2 + \frac{1}{2}a_2t_2^2$ ⑤

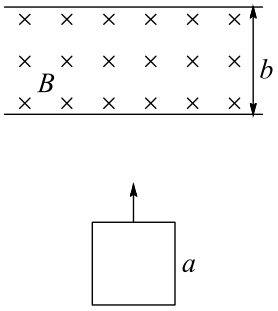
$= 0.5\times5\times2^2 + 0.5\times8\times1.25^2 = 16.25\,\mathrm{m}$ ⑥

22. 如图所示，将边长为 a、质量为 m、电阻为 R 的正方形导线框竖直向上抛出，穿过宽度为 b、磁感应强度为 B 的匀强磁场，磁场的方向垂直纸面向里。线框向上离开磁场时的速度刚好是进入磁场时速度的一半，线框离开磁场后继续上升一段高度，然后落下并匀速进入磁场。整个运动过程中始终存在着大小恒定的空气阻力 f 且线框不发生转动。已知重力加速度为 g，求：

(1) 线框在下落阶段匀速进入磁场时的速度 v_2；

(2) 线框在上升阶段刚离开磁场时的速度 v_1；

(3) 线框在上升阶段通过磁场过程中产生的焦耳热 Q。



(1) $v_2 = \frac{(mg-f)R}{B^2a^2}$　(2) $v_1 = \frac{R\sqrt{(mg)^2-f^2}}{B^2a^2}$　(3) $Q = \frac{3}{2}m[(mg)^2-f^2]\frac{R^2}{B^4a^4} - (mg+f)(a+b)$

（1）线框在下落阶段匀速进入磁场瞬间，由受力平衡得

$mg = f + \frac{B^2a^2v_2}{R}$ ①

解得 $v_2 = \frac{(mg-f)R}{B^2a^2}$ ②

（2）线框从离开磁场至上升到最高点的过程，由动能定理得

$(mg+f)h = \frac{1}{2}mv_1^2$ ③

线框从最高点回落至磁场的过程

$(mg-f)h = \frac{1}{2}mv_2^2$ ④

③、④式联立解得

$v_1 = \sqrt{\frac{mg+f}{mg-f}}v_2$ ⑤

$= \frac{R\sqrt{(mg)^2-f^2}}{B^2a^2}$ ⑥

（3）线框在向上通过磁场过程中，由动能定理得

$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = Q + (mg+f)(a+b)$ ⑦

又 $v_0 = 2v_1$，联立解得

$Q = \frac{3}{2}m[(mg)^2 - f^2]\frac{R^2}{B^4a^4} - (mg+f)(a+b)$ ⑧

23. 电偶极子模型是指电量为 q、相距为 l 的一对正负点电荷组成的电结构，O 是中点，电偶极子的方向为从负电荷指向正电荷，用图 a 所示的矢量表示。科学家在描述某类物质的电性质时，认为物质是由大量的电偶极子组成的，平时由于电偶极子的排列方向杂乱无章，因而该物质不显示带电的特性。当加上外电场后，电偶极子绕其中心转动，最后都趋向于沿外电场方向排列，从而使物质中的合电场发生变化。

(1) 如图 b 所示，有一电偶极子放置在电场强度为 E_0 的匀强外电场中，若电偶极子的方向与外电场方向的夹角为 θ，求作用在电偶极子上的电场力绕 O 点的力矩；

(2) 求图 b 中的电偶极子在力矩的作用下转动到外电场方向的过程中，电场力所做的功；

(3) 求电偶极子在外电场中处于力矩平衡时，其方向与外电场方向夹角的可能值及相应的电势能；

(4) 现考察物质中的三个电偶极子，其中心在一条直线上，初始时刻如图 c 排列，它们相互间隔距离恰等于 l。加上外电场 E_0 后，三个电偶极子转到外电场方向，若在图中 A 点处引入一电量为 $+q_0$ 的点电荷（q_0 很小，不影响周围电场的分布），求该点电荷所受电场力的大小。

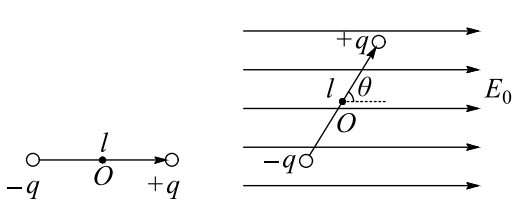


图 a

图 b

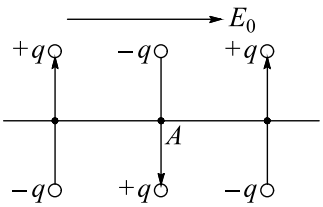


图 c

(1) $M = qE_0l\sin\theta$ (2) $W = qE_0l(1-\cos\theta)$ (3) $\theta_1 = 0$ 时，$E_{p1} = -qE_0l$；$\theta_2 = \pi$ 时，$E_{p2} = qE_0l$ (4) $F = q_0E_0 - \frac{8kq_0q}{9l^2}$

（1）由题意知，$+q$ 所受电场力矩为

$M_1 = qE_0\frac{l}{2}\sin\theta$ ①

$-q$ 所受电场力矩为

$M_2 = qE_0\frac{l}{2}\sin\theta$ ②

电偶极子所受力矩为

$M = M_1 + M_2 = qE_0 l\sin\theta$ ③

（2）电场力对 $+q$ 做功

$W_1 = qE_0\frac{l}{2}(1-\cos\theta)$ ④

电场力对 $-q$ 做功

$W_2 = qE_0\frac{l}{2}(1-\cos\theta)$ ⑤

电场力对电偶极子做功

$W = W_1 + W_2 = qE_0 l(1-\cos\theta)$ ⑥

（3）由③式 $M = qE_0 l\sin\theta = 0$ ⑦

得 $\theta_1 = 0$ 或 $\theta_2 = \pi$。

$\theta_1 = 0$ 时，设此时点电荷所在位置的电势为 φ，电偶极子的电势能为

$E_{\mathrm{p1}} = -q\varphi + q(\varphi - E_0 l) = -qE_0 l$，

$\theta_2 = \pi$ 时，电偶极子的电势能为

$E_{\mathrm{p2}} = -q\varphi + q(\varphi + E_0 l) = qE_0 l$ ⑧

（4）三个电偶极子沿电场方向排列，中间的正负电荷相互抵消，两端的正电荷作用在 A 点处点电荷 q_0 上的电场大小均为 $\frac{kq_0 q}{\left(\frac{3}{2}l\right)^2}$，方向均与外电场相反，三个电偶极子作用在 q_0 上的电场力为

$F' = \frac{2kq_0 q}{\left(\frac{3}{2}l\right)^2} = \frac{8kq_0 q}{9l^2}$ ⑨

外电场作用在 q_0 上的电场力为

$F = q_0 E_0$，

q_0 所受的电场力为

$F = F_0 - F' = q_0 E_0 - \frac{8kq_0 q}{9l^2}$ ⑩