2001 年上海

1. 跳伞运动员在刚跳离飞机、其降落伞尚未打开的一段时间内，下列说法中正确的是 (CD)

A. 空气阻力做正功　B. 重力势能增加　C. 动能增加　D. 空气阻力做负功

> 跳伞运动员跳离飞机，在尚未打开降落伞的这段时间内，运动员向下运动，重力对运动员做正功，重力势能减少，空气阻力对运动员做负功；由于重力大于空气阻力，运动员向下做加速运动，其动能增加，故 AB 错误 CD 正确。

2. 卢瑟福原子核式结构理论的主要内容有 (ACD)

A. 原子的中心有个核，叫做原子核

B. 原子的正电荷均匀分布在整个原子中

C. 原子的全部正电荷和几乎全部质量都集中在原子核里

D. 带负电的电子在核外绕着核旋转

> 由卢瑟福原子核结构理论即可判断本题答案。

3. A、B 两点各放有电量为 $+Q$ 和 $+2Q$ 的点电荷，A、B、C、D 四点在同一直线上，且 $AC=CD=DB$。将一正电荷从 C 点沿直线移到 D 点，则 (B)



A. 电场力一直做正功　B. 电场力先做正功再做负功

C. 电场力一直做负功　D. 电场力先做负功再做正功

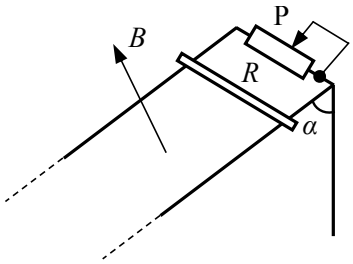
> 由于 A、B 两点均放有带正电的点电荷，在 AB 连线上有一点合场强必定为零，设该点为 P，且距 A 点距离为 x，AB 两点间的距离为 L，由点电荷场强公式和场的叠加原理有 $E_P=k\frac{Q}{x^2}-k\frac{2Q}{(L-x)^2}=0$，解得 $x=(\sqrt{2}-1)L$，可见 P 点在 CD 之间，P 点左侧合场强方向水平向右，P 点右侧合场强方向水平向左，所以将一正电荷从 C 点沿直线移到 D 点的过程中，电场力先做正功再做负功，故 B 正确。

4. 组成星球的物质是靠引力吸引在一起的，这样的星球有一个最大的自转速率，如果超过了该速率，星球的万有引力将不足以维持其赤道附近的物体做圆周运动。由此能得到半径为 R、密度为 ρ、质量为 M 且均匀分布的星球的最小自转周期 T。下列表达式中正确的是 (AD)

A. $T=2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$　B. $T=2\pi\sqrt{\frac{3R^3}{GM}}$　C. $T=\sqrt{\frac{\pi}{G\rho}}$　D. $T=\sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$

该星球对赤道附近物体的万有引力提供向心力，有 $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}R$，得 $T=2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$，故 A 正确；又 $M=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$，代入得 $T=\sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$，故 D 正确。

5. 如图所示，有两根和竖直方向成 α 角的光滑平行的金属轨道，上端接有可变电阻 R，下端足够长，空间有垂直于轨道平面的匀强磁场，磁感强度为 B。一根质量为 m 的金属杆从轨道上由静止滑下。经过足够长的时间后，金属杆的速度会趋近于一个最大速度 v_{max}，则（BC）



A. 如果 B 增大，v_{max} 将变大

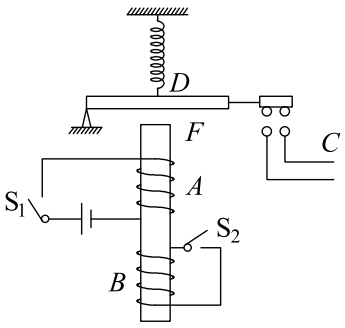
B. 如果 α 变小，v_{max} 将变大

C. 如果 R 变大，v_{max} 将变大

D. 如果 m 变小，v_{max} 将变大

由题意知，金属杆最终做匀速运动，由受力分析知，金属杆受重力、轨道的支持力和安培力的作用，安培力 $F=\frac{B^2L^2v_m}{R}$，由平衡条件得 $mg\cos\alpha=\frac{B^2L^2v_m}{R}$，解得 $v_m=\frac{mg\cos\alpha\cdot R}{B^2L^2}$，由此式可知，$B$ 增大，v_m 减小；α 减小，v_m 增大；R 变大，v_m 变大；m 变小，v_m 变小，故 AD 错误，BC 正确。

6. 如图所示是一种延时开关，当 S_1 闭合时，电磁铁 F 将衔铁 D 吸下，C 线路接通。当 S_1 断开时，由于电磁感应作用，D 将延迟一段时间才被释放。则（BC）



A. 由于 A 线圈的电磁感应作用，才产生延时释放 D 的作用

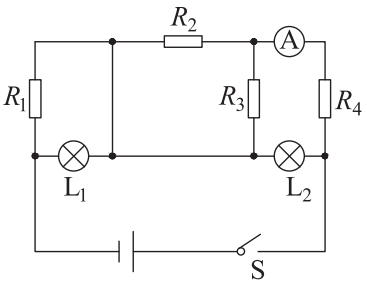
B. 由于 B 线圈的电磁感应作用，才产生延时释放 D 的作用

C. 如果断开 B 线圈的电键 S_2，无延时作用

D. 如果断开 B 线圈的电键 S_2，延时将变长

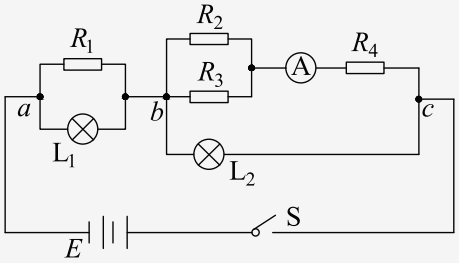
延时开关的工作原理是：当断开 S_1，使 A 线圈中电流变小并消失时，铁芯中的磁通量减小，若 B 线圈闭合则在其中引起感应电流，由楞次定律得，感应电流的磁场阻碍原磁场的减小，因此就使铁芯中磁场减弱得慢些，因此才产生延时释放 D 的作用，可见是由于 B 线圈的电磁感应作用，起到了延时作用，故 BC 正确。

7. 如图所示的电路中，闭合电键，灯 L_1、L_2 正常发光，由于电路出现故障，突然发现灯 L_1 变亮，灯 L_2 变暗，电流表的读数变小，根据分析，发生的故障可能是 (A)



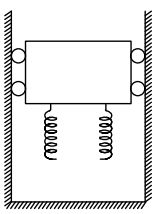
A. R_1 断路　　B. R_2 断路　　C. R_3 短路　　D. R_4 短路

等效电路如图所示。



若 R_1 断路，总外电阻变大，总电流减小，路端电压变大，L_1 两端电压变大，L_1 变亮；bc 部分电路结构没变，电流仍按原比例分配，总电流减小，通过 L_2、电流表的电流都减小，故 A 正确；若 R_2 断路，总外电阻变大，总电流减小，ab 部分电路结构没变，电流仍按原比例分配，L_1 中电流减小，与题意相矛盾，故 B 错误；若 R_3 短路或 R_4 短路，总外电阻减小，总电流增大，电流表中电流变大，与题意相矛盾，故 CD 错误。

8. 一升降机在箱底装有若干个弹簧，设在某次事故中，升降机吊索在空中断裂，忽略摩擦力，则升降机在从弹簧下端触地后直到最低点的一段运动过程中，(CD)



A. 升降机的速度不断减小

B. 升降机的加速度不断变大

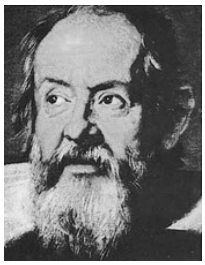
C. 先是弹力做的负功小于重力做的正功，然后是弹力做的负功大于重力做的正功

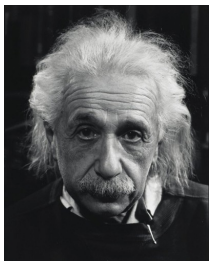
D. 到最低点时，升降机加速度的值一定大于重力加速度的值

> 由胡克定律知，弹簧对升降机的弹力 F 随弹簧的形变量 x 的增大而增大。①在重力大于弹力过程中，由牛顿第二定律得 $mg-kx=ma$，x 增大，弹力变大，合外力变小，加速度变小，升降机做加速度逐渐变小的加速运动，弹力做的负功小于重力做的正功；②当重力等于弹力时，合外力等于零，加速度为零，此时升降机速度达到最大值；③在重力小于弹力过程中，有 $kx-mg=ma$，x 增大，弹力增大，合外力增大，加速度增大，升降机做加速度逐渐变大的减速运动，弹力做的负功大于重力做的正功，故 AB 错误 CD 正确。

9. 请将右面三位科学家的姓名按历史年代先后顺序排列：伽利略、牛顿、爱因斯坦。任选其中二位科学家，简要写出他们在物理学上的主要贡献各一项：伽利略：望远镜的早期发明，将实验方法引进物理学等，牛顿：发现运动定律，万有引力定律等。


牛顿

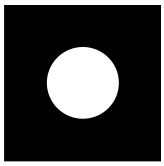

伽利略


爱因斯坦

> 伽利略，牛顿，爱因斯坦。
>
> 伽利略：望远镜的早期发明，将实验方法引进物理学等；
>
> 牛顿：发现运动定律，万有引力定律等；
>
> 爱因斯坦：光电效应，相对论等。

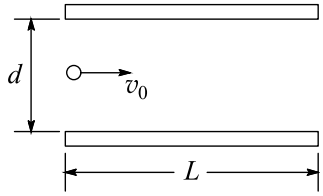
10. （a）、（b）两幅图是由单色光分别射到圆孔而形成的图象，其中图 a 是光的衍射（填干涉或衍射）图象。由此可以判断出图 a 所对应的圆孔的孔径小于（填大于或小于）图 b 所对应的圆孔的孔径。


图 a


图 b

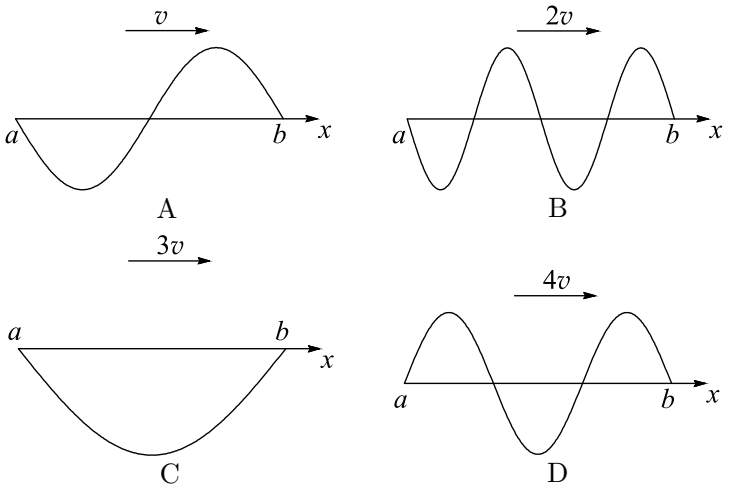
> 图 a 是光的衍射图样，图 b 是小孔成像，由衍射条件知，图 a 所对应的圆孔的孔径小于图 b。

11. 一束质量为 m、电量为 q 的带电粒子以平行于两极板的速度 v_0 进入匀强电场，如图所示，如果两极板间电压为 U，两极板间的距离为 d，板长为 L，设粒子束不会击中极板，则粒子从进入电场到飞出极板时电势能的变化量为$\frac{q^2U^2L^2}{2md^2v_0^2}$（粒子的重力忽略不计）

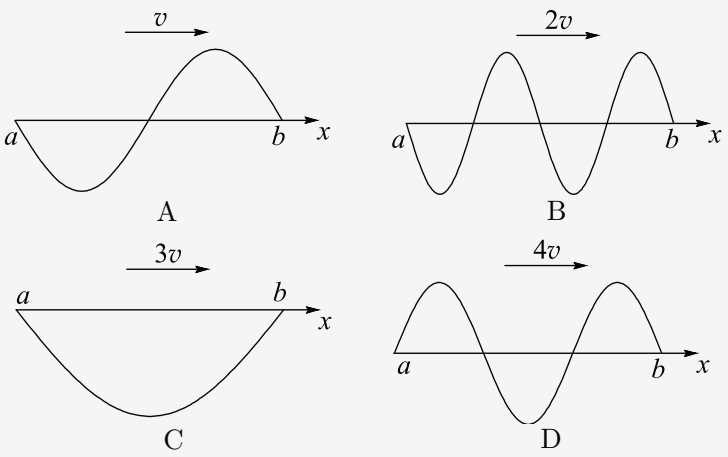


> 带电粒子以 v_0 速度进入匀强电场，在 v_0 方向上做匀速直线运动；在垂直于极板方向上受电场力的作用，做初速度为零的匀加速运动，有加速度 $a=\frac{qU}{dm}$，时间 $t=\frac{L}{v_0}$，末垂直于极板方向的速度 $v=at=\frac{qUL}{dmv_0}$，电场力对粒子做正功，粒子的动能增加，由能量守恒可知，粒子电势能的变化量 ΔE_p 等于粒子动能的增量 ΔE_k，则有 $\Delta E_p=\Delta E_k$，$\Delta E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{q^2U^2L^2}{2md^2v_0^2}$，所以粒子从进入电场到飞出极板时，电势能的变化量为 $\frac{q^2U^2L^2}{2md^2v_0^2}$。

12. 如图所示，有四列简谐波同时沿 x 轴正方向传播，波速分别是 v、$2v$、$3v$ 和 $4v$，a、b 是 x 轴上所给定的两点，且 $ab=l$。在 t 时刻 a、b 两点间四列波的波形分别如图所示，则由该时刻起 a 点出现波峰的先后顺序依次是图 BDCA；频率由高到低的先后顺序依次是图 DBCA。



> 从波形图知 $\lambda_A=1,\lambda_B=\frac{1}{2},\lambda_C=2,\lambda_D=\frac{2}{3}$；由 $v=\lambda f$ 知 $f=\frac{v}{\lambda}$，有 $f_A=1,f_B=4,f_C=\frac{3}{2},f_D=6$，所以频率由高到低的先后顺序依次是图 DBCA。
>
> 把波形图向左延长，如图所示，由图象可以看出，由该时刻起 a 点出现波峰，最少要传播的距离为 $\frac{\lambda_A}{4}$，$\frac{\lambda_B}{4}$，$\frac{\lambda_C}{4}$，$\frac{3\lambda_D}{4}$，也就是该时刻起 a 点出现波峰，最少要传播的时间是 $\frac{T_A}{4}$，$\frac{T_B}{4}$，$\frac{T_C}{4}$，$\frac{3T_D}{4}$，因 $T=\frac{1}{f}$，所以 $T_A=1,T_B=\frac{1}{4},T_C=\frac{2}{3},T_D=\frac{1}{6}$，所以该时刻起 a 点出现波峰，最少要传播的时间是 $\frac{1}{4},\frac{1}{16},\frac{1}{6},\frac{1}{8}$，所以由该时刻起 a 点出现波峰的先后顺序依次是图 BDCA。



13. 图 a 是在高速公路上用超声波测速仪测量车速的示意图，测速仪发出并接收超声波脉冲信号。根据发出和接收到的信号间的时间差，测出被测物体的速度。图 b 中 p_1、p_2 是测速仪发出的超声波信号，n_1、n_2 分别是 p_1、p_2 由汽车反射回来的信号。设测速仪匀速扫描，p_1、p_2 之间的时间间隔 $\Delta t = 1.0\,\mathrm{s}$，超声波在空气中传播的速度是 $v = 340\,\mathrm{m/s}$，若汽车是匀速运动的，则根据图可知，汽车在接收到 p_1、p_2 两个信号之间的时间内前进的距离是 17，汽车的速度是 17.9 m/s。



图 a

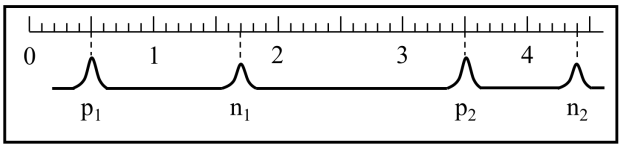
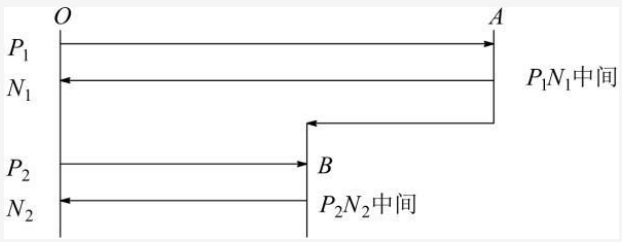


图 b

（1）作运动情景分析示意图，图中，P_1N_1 中间时刻是汽车接收 P_1 时刻发出的超声波信号的时刻，此位置 A 是汽车的初位置；P_2N_2 中间时刻是汽车接收 P_2 时刻发出的超声波信号的时刻，此位置 B 是汽车的末位置，要求的汽车前进的距离就是 A、B 之间的距离。



（2）求解

第 1 步，先读出图 b 中各时刻对应的读数

点	P_1	N_1	P_1N_1 中点	P_2	N_2	P_2N_2 中点
读数（格）	0.5	1.7	1.1	3.5	4.4	3.95
对应的时刻（s）	0.17	0.57	0.37	1.17	1.47	1.32

第 2 步，再算各点对应的时间，算法如下：先算每 1 大格对应的时间，$t_1 = \frac{\Delta t}{P_2 - P_1} = \frac{1.0}{3.5-0.5} = \frac{1}{3}$，再算各点对应的时间，$t = \frac{1}{3}\times$ 格数，填入上表的第 3 行。

第 3 步，算出 A 与 O 的距离

$s_1 = 340 \times (0.37 - 0.17)\,\mathrm{m} = 68\,\mathrm{m}$，

第 4 步，算出 B 与 O 的距离

$s_2 = 340 \times (1.32 - 1.17)\,\mathrm{m} = 51\,\mathrm{m}$，

第 5 步，算出 A 与 B 的距离

$\Delta s = s_1 - s_2 = 68\,\mathrm{m} - 51\,\mathrm{m} = 17\,\mathrm{m}$，

这就是汽车在接收 P_1、P_2 两个时刻发出的超声波信号中间前进的距离。

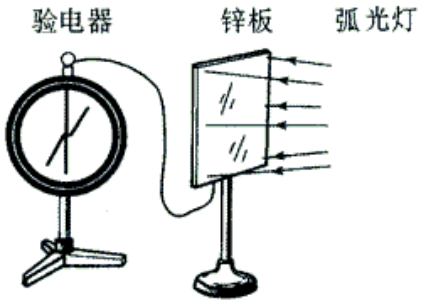
第 6 步，算出汽车从 A 到 B 用的时间为

$\Delta t = 1.32\,\mathrm{s} - 0.37\,\mathrm{s} = 0.95\,\mathrm{s}$，

第 7 步，算出汽车的速度为

$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{17}{0.95} = 17.9\,\mathrm{m/s} = 64\,\mathrm{km/h}$。

14. 光电效应实验的装置如图所示，则下面说法中正确的是（AD）



A. 用紫外光照射锌板，验电器指针会发生偏转

B. 用红色光照射锌板，验电器指针会发生偏转

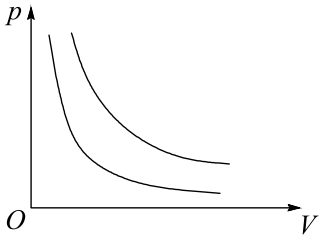
C. 锌板带的是负电荷

D. 使验电器指针发生偏转的是正电荷

AD

将擦得很亮的锌板连接验电器，用弧光灯照射锌板（弧光灯发出紫外线），验电器指针张开一个角度，说明锌板带了电，进一步研究表明锌板带正电，这说明在紫外线的照射下，锌板中有一部分自由电子从表面飞出来，锌板中缺少电子，于是带正电，故 AD 正确。

15. 某同学用同一个注射器做了两次验证玻意耳定律的实验，操作完全正确。根据实验数据却在 $p-V$ 图上画出了两条不同双曲线。造成这种情况的可能原因是（AB）



A. 两次实验中空气质量不同

B. 两次实验中温度不同

C. 两次实验中保持空气质量、温度相同，但所取的气体压强的数据不同

D. 两次实验中保持空气质量、温度相同，但所取的气体体积的数据不同

AB

由理想气体状态方程 $\frac{PV}{T}=C$ 得 $PV=CT$，若 PV 乘积一定，则 $p-V$ 图象为双曲线，且乘积不同，双曲线不同，故题中可能是温度不同，也可能是常数 C 不同，而常数 C 由气体质量决定，即也可能是气体质量不同，故 AB 正确 CD 错误。

16. 要求测量由 2 节干电池串联而成的电池组的电动势 E 和内阻 r（约几欧），提供下列器材：电压表 V（量程 3 V，内阻 1 kΩ）、电压表 V_2（量程 15 V，内阻 2 kΩ）、电阻箱（0 ～ 9999 Ω）、电键、导线若干。

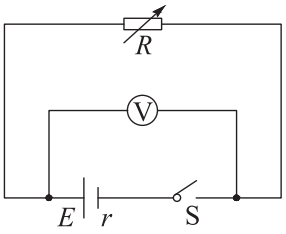
某同学用量程为 15 V 的电压表连接成如图所示的电路，实验步骤如下：

(1) 合上电键 S，将电阻箱 R 阻值调到 $R_1=10\,\Omega$，读得电压表的读数为 U_1。

(2) 将电阻箱 R 阻值调到 $R_2=20\,\Omega$，读得电压表的读数为 U_2。

由方程组 $U_1=E-\frac{U_1}{R_1}r$，$U_2=E-\frac{U_2}{R_2}r$，解出 E、r。

为了减少实验误差，上述实验在选择器材和实验步骤中，应做哪些改进？



(1) 应选用量程为 3 V 的电压表。 (2) 改变电阻箱阻值 R，读取若干个 U 的值，由 $I=\frac{U}{R}$ 计算出电流的值，然后作出 $U-I$ 图线，得到 E、r。

因为 2 节干电池串联而成的电池组的电动势约 3 V，所以应选用量程为 3 V 的电压表。为了减小偶然误差，要采用测量多组数据求平均值的方法，所以改变电阻箱阻值 R，读取若干个 U 的值，由 $I=\frac{U}{R}$ 计算出电流的值，然后作出 $U-I$ 图线，得到 E、r。

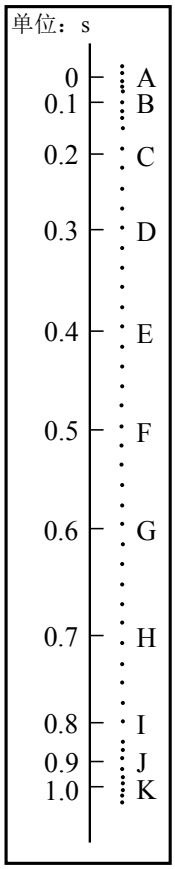
也可以改变电阻箱阻值 R，读取若干个 R 和 U 的值，由 $E=U+\frac{U}{R}r$ 得到 $\frac{1}{U}=\frac{1}{E}+\frac{r}{E}R$，然后作出 $\frac{1}{U}-R$ 图线，得到 E、r。（截距的倒数等于电动势 E，截距的倒数与斜率的乘积等于内阻 r）。

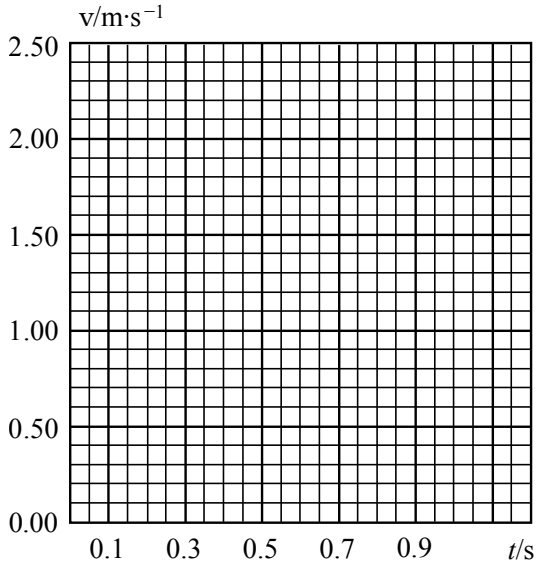
17. 利用打点计时器研究一个约 1.4 m 高的商店卷帘窗的运动。将纸带粘在卷帘底部，纸带通过打点计时器随帘在竖直面内向上运动。打印后的纸带如下图所示，数据如表格所示。纸带中 AB、BC、CD……每两点之间的时间间隔为 0.10 s，根据各间距的长度，可计算出卷帘窗在各间距内的平均速度 $v_{平均}$。可以将 $v_{平均}$ 近似地作为该间距中间时刻的即时速度 v。

卷帘运动的数据	
间隔	间距（cm）
AB	5.0
BC	10.0
CD	15.0
DE	20.0
EF	20.0
FG	20.0
GH	20.0
HI	17.0
IJ	8.0
JK	4.0

(1) 请根据所提供的纸带和数据，绘出卷帘窗运动的 $v-t$ 图像。

(2) AD 段的加速度为 5 m/s^2，AK 段的平均速度为 1.39 m/s。

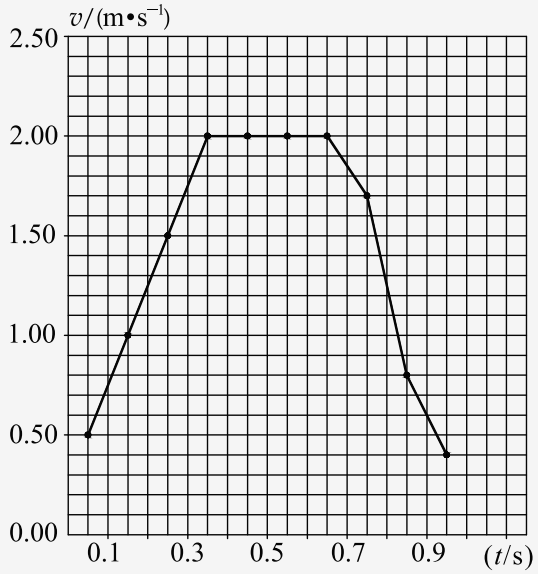




(1) 如图所示　(2) $5\,\mathrm{m/s^2}$，$1.39\,\mathrm{m/s}$

（1）求各间距内的平均速度 $\bar{v}=\frac{s_i}{\Delta t}$（$s_i$ 表示每两计时点间的距离，Δt 表示每两计时点间的时间间隔），由已知条件可确定 $0.5\,\mathrm{s}, 1.5\,\mathrm{s}, 2.5\,\mathrm{s}, \ldots$ 各时刻的计时速度，计算数据列入下面表格中，绘出 $v-t$ 图，参见答案。

时刻（s）	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5
速度（m/s）	0.50	1.00	1.50	2.00	2.00	2.00	2.00	1.70	0.80	0.40



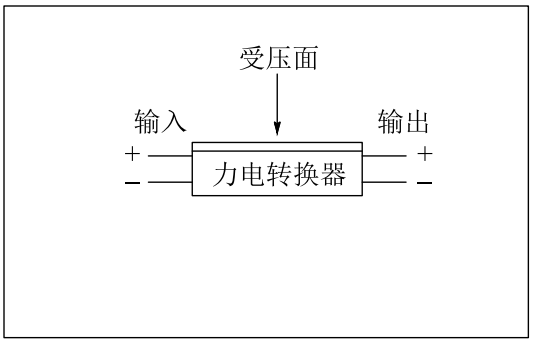
（2）由 $v-t$ 图可见 AD 段卷帘窗做匀加速运动，由公式 $\bar{v}_{DE}-\bar{v}_{AB}=a\cdot 3\Delta t$，或逐差法 $a=\frac{(DE+CD)-(AB+BC)}{(2\Delta t)^2}$ 均可求得 $a=5\,\mathrm{m/s^2}$。AK 段的平均速度 $v_{AK}=\frac{AK}{10\Delta t}=\frac{139\times10^{-2}}{10\times0.1}\,\mathrm{m/s}=1.39\,\mathrm{m/s}$。

18. 某学生为了测量一物体的质量，找到一个力电转换器，该转换器的输出电压正比于受压面的压力（比例系数为 k），如图所示。测量时先调节输入端的电压，使转换器空载时的输出电压为 0；而后在其受压面上放一物体，即可测得与物体的质量成正比的输出电压 U。现有下列器材：力电转换器、质量为 m_0 的砝码、电压表、滑动变阻器、干电池各一个、电键及导线若干、待测物体（可置于力电转换器的受压面上）。请完成对该物体质量的测量。

(1) 设计一个电路，要求力电转换器的输入电压可调，并且使电压的调节范围尽可能大，在方框中画出完整的测量电路图。

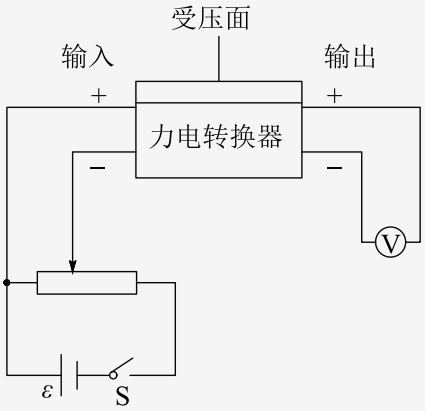
(2) 简要说明测量步骤，求出比例系数 k，并测出待测物体的质量 m。

(3) 请设想实验中可能会出现的一个问题。



(1) 设计的电路图如图所示。 (2) 测量步骤与结果：①调节滑动变阻器，使转换器的输出电压为零；②将砝码放在转换器上，记下输出电压 U_0；③将待测物放在转换器上，记下输出电压 U_1。由 $U_0 = km_0g$，得 $k = \frac{U_0}{m_0g}$；测得 $U = kmg$，所以 $m = \frac{U}{U_0}m_0$。(3) ①因电源电压不够而输出电压调不到零；②待测物体质量超出转换器量程。

（1）设计的电路图如图所示。



（2）测量步骤与结果：

①调节滑动变阻器，使转换器的输出电压为零；

②将砝码放在转换器上，记下输出电压 U_0；

③将待测物放在转换器上，记下输出电压 U_1。

由 $U_0 = km_0g$，得 $k = \frac{U_0}{m_0g}$；测得 $U = kmg$，所以 $m = \frac{m_0U}{U_0}$。

（3）①因电源电压不够而输出电压调不到零；②待测物体质量超出转换器量程。

本题考查包含传感器的实验电路的设计、测试和测量及设计实验能力和创新能力，要求力电转换器的输入电压可调，并且使电压的调节范围尽可能大，所以把滑动变阻器接在输入端并且接成分压电路。

19. 1791 年，米被定义为：在经过巴黎的子午线上，取从赤道到北极长度的一千万分之一。

(1) 请由此估算地球的半径 R。（答案保留二位有效数字）

(2) 太阳与地球的距离为 $1.5 \times 10^{11}\,\mathrm{m}$，太阳光以平行光束入射到地面。地球表面 $\frac{2}{3}$ 的面积被水面所覆盖，太阳在一年中辐射到地球表面水面部分的总能量 W 约为 $1.87 \times 10^{24}\,\mathrm{J}$。设水面对太阳辐射的平均反射率为 7%，而且将吸收到的 35% 能量重新辐射出去。太阳辐射可将水面的水蒸发（设在常温、常压下蒸发 1 kg 水需要 $2.2 \times 10^6\,\mathrm{J}$ 的能量），而后凝结成雨滴降落到地面。

（a）估算整个地球表面的年平均降雨量（以毫米表示，球面积为 $4\pi R^2$）。

（b）太阳辐射到地球的能量中只有约 50% 到达地面，W 只是其中的一部分。太阳辐射到地球的能量没能全部到达地面，这是为什么？请说明二个理由。

(1) $R = 6.37 \times 10^6\,\mathrm{m}$　(2)（a）$1.0 \times 10^3\,\mathrm{mm}$；（b）大气层的吸收，大气层的散射或反射，云层遮挡等。

（1）由题意知 $2\pi R \times \frac{1}{4} = 1.00 \times 10^7$

解得 $R = 6.37 \times 10^6\,\mathrm{m}$ ①

（2）（a）设太阳在一年中辐射到地球水面部分的总能量为 W，有

$W = 1.87 \times 10^{24}\,\mathrm{J}$

凝结成雨滴年降落到地面水的总质量为 m

$m = \frac{W \times (1-7\%) \times (1-35\%)}{2.2 \times 10^6} = 5.14 \times 10^{17}\,\mathrm{kg}$ ②

使地球表面覆盖一层水的厚度为 h

$h = \frac{m}{\rho S_{\text{地球}}}$

解得 $h = 1.01 \times 10^3\,\mathrm{mm}$ ③

整个地球表面年平均降雨量约为 $1.0 \times 10^3\,\mathrm{mm}$。

（b）大气层的吸收，大气层的散射或反射，云层遮挡等。

评分标准：全题 10 分。第（1）小题 3 分，第（2）小题 7 分。其中（1）得出①给 3 分，写出 $R = 6.4 \times 10^6\,\mathrm{m}$，同样给分。（2）（a）得出②给 2 分，得出③给 2 分。（b）写出 1 个原因，得 1 分；2 个或 2 个以上正确的原因，得 3 分；如果写出其它合理的原因，也同样给分。

20. 如图 a 所示，一质量为 m 的物体系于长度分别为 l_1、l_2 的两根细线上，l_1 的一端悬挂在天花板上，与竖直方向夹角为 θ，l_2 水平拉直，物体处于平衡状态。现将 l_2 线剪断，求剪断瞬时物体的加速度。

(1) 下面是某同学对该题的一种解法：

解：设 l_1 线上拉力为 T_1，l_2 线上拉力为 T_2，重力为 mg，物体在三力作用下保持平衡 $T_1 \cos\theta = mg$，$T_1 \sin\theta = T_2$，$T_2 = mg\tan\theta$。剪断线的瞬间，T_2 突然消失，物体即在 T_2 反方向获得加速度。因为 $mg\tan\theta = ma$，所以加速度 $a = g\tan\theta$，方向在 T_2 反方向。你认为这个结果正确吗？请对该解法作出评价并说明理由。

(2) 若将图 a 中的细线 l_1 改为长度相同、质量不计的轻弹簧，如图 b 所示，其他条件不变，求解的步骤和结果与（1）完全相同，即 $a = g\tan\theta$，你认为这个结果正确吗？请说明理由。

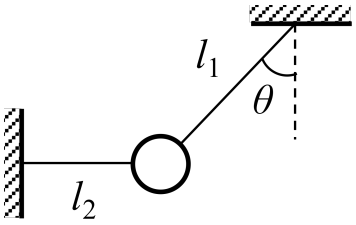


图 a

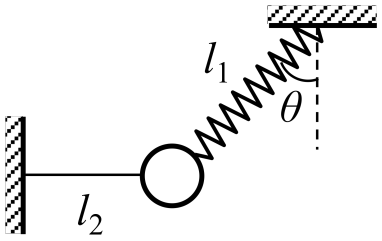


图 b

(1) 不正确。因为当 l_2 被剪断的瞬间，l_1 上的张力 T_1 即刻发生了变化，所以 T_1 与重力 mg 的合力就不再等于 $mg\tan\theta$，所以加速度 $a \neq g\tan\theta$。 (2) 正确。因为 l_2 被剪断的瞬间，弹簧 l_1 的长度未发生变化，T_1 大小和方向都不变，小球的合力大小等于 T_2，方向水平向左，故小球的加速度 $a = g\tan\theta$。

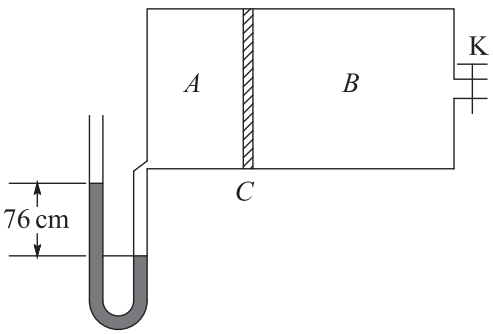
（1）不正确。因为当 l_2 被剪断的瞬间，l_1 上的张力 T_1 即刻发生了变化，所以 T_1 与重力 mg 的合力就不再等于 $mg\tan\theta$，所以加速度 $a \neq g\tan\theta$。

（2）正确。因为 l_2 被剪断的瞬间，弹簧 l_1 的长度未发生变化，T_1 大小和方向都不变，小球的合力大小等于 T_2，方向水平向左，故小球的加速度 $a = g\tan\theta$。

21. 如图所示，一定量气体放在体积为 V_0 的容器中，室温为 $T_0 = 300\,\mathrm{K}$，有一光滑导热活塞 C（不占体积）将容器分成 A、B 两室，B 室的体积是 A 室的两倍，A 室容器上连接有一 U 形管（U 形管内气体的体积忽略不计），两边水银柱高度差为 76 cm，右室容器中连接有一阀门 K，可与大气相通。（外界大气压等于 76 cmHg）求：

(1) 将阀门 K 打开后，A 室的体积变成多少？

(2) 打开阀门 K 后将容器内的气体从 300 K 分别加热到 400 K 和 540 K，U 形管内两边水银面的高度差各为多少？



(1) $V_A = \frac{2}{3}V_0$ (2) 400 K 时，水银柱的高度差为 0；540 K 时，水银高度差为 15.2 cm。

（1）设外界大气压为 $p_0 = 76\,\mathrm{cmHg}$，开始时，A 室气体的体积为 $V_{A0} = \frac{1}{3}V_0$，由气压平衡知

$p_{A0} = p_0 + 76\,\mathrm{cmHg} = 2p_0$，

打开阀门，A 室气体等温变化，$p_A = p_0$，体积 V_A。由玻意耳定律得

$p_{A0}V_{A0} = p_AV_A$ ①

$V_A = \frac{p_{A0}V_{A0}}{p_A} = \frac{2}{3}V_0$ ②

（2）从 $T_0 = 300\,\mathrm{K}$ 升到 T，体积为 V_0，压强为 p_A，是等压过程。

从 $T_0 = 300\,\mathrm{K}$ 升到 T 时活塞恰好运动到容器的最右端，此时体积为 V_0，压强为 $p_{A1} = p_0$，A 室气体做等压变化，由盖-吕萨克定律得

$T = \frac{V_0T_0}{V_A} = \frac{3}{2} \times 300\,\mathrm{K} = 450\,\mathrm{K}$ ③

$T_1 = 400\,\mathrm{K} < 450\,\mathrm{K}$，所以从 $T_0 = 300\,\mathrm{K}$ 升高到 $T_1 = 400\,\mathrm{K}$ 时，A 室气体做等压变化，$p_{A1} = p_{A0} = p_0$，水银柱的高度差为 0。

从 $T = 450\,\mathrm{K}$ 升高到 $T_2 = 540\,\mathrm{K}$，A 室气体做等容变化，压强为 p_{A2}，由查理定律得

$\frac{p_A}{T} = \frac{p_{A2}}{T_2}$ ④

$p_{A2} = \frac{T_2p_A}{T} = 1.2p_0 = 91.2\,\mathrm{cmHg}$ ⑤

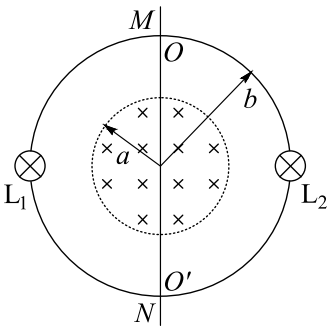
$T_2 = 540\,\mathrm{K}$ 时，水银高度差为 $15.2\,\mathrm{cm}$。

评分标准：全题 12 分。第（1）小题 4 分，第（2）小题 8 分。其中（1）得出①、②各得 2 分。（2）得出③式，得 3 分；结果正确，得 3 分。得出④、⑤式，各得 1 分；结果正确，得 2 分。

22. 半径为 a 的圆形区域内有均匀磁场，磁感强度为 $B = 0.2\,\mathrm{T}$，磁场方向垂直纸面向里，半径为 b 的金属圆环与磁场同心地放置，磁场与环面垂直，其中 $a = 0.4\,\mathrm{m}$，$b = 0.6\,\mathrm{m}$，金属环上分别接有灯 L_1、L_2，两灯的电阻均为 $R_0 = 2\,\Omega$，一金属棒 MN 与金属环接触良好，棒与环的电阻均忽略不计。

(1) 若棒以 $v_0 = 5\,\mathrm{m/s}$ 的速率在环上向右匀速滑动，求棒滑过圆环直径 OO' 的瞬时（如图所示）MN 中的电动势和流过灯 L_1 的电流。

(2) 撤去中间的金属棒 MN，将右面的半圆环 OL_2O' 以 OO' 为轴向上翻转 90°，若此时磁场随时间均匀变化，其变化率为 $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{4}{\pi}$（T/s），求 L_1 的功率。



(1) $E_1 = 0.8\,\mathrm{V}$，$I_1 = 0.4\,\mathrm{A}$　(2) $P_1 = 1.28 \times 10^{-2}\,\mathrm{W}$

（1）金属棒运动到 OO' 时，切割产生的电动势为

$E_1 = B \cdot 2av = 0.2 \times 0.8 \times 5\,\mathrm{V} = 0.8\,\mathrm{V}$ ①

流过灯 L_1 的电流为

$I_1 = \frac{E_1}{R} = \frac{0.8}{2}\,\mathrm{A} = 0.4\,\mathrm{A}$ ②

（2）由法拉第电磁感应定律得

$E_2 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0.5 \times \pi a^2 \times \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.32\,\mathrm{V}$ ③

两灯的电阻相等，故灯 L_1 的功率为

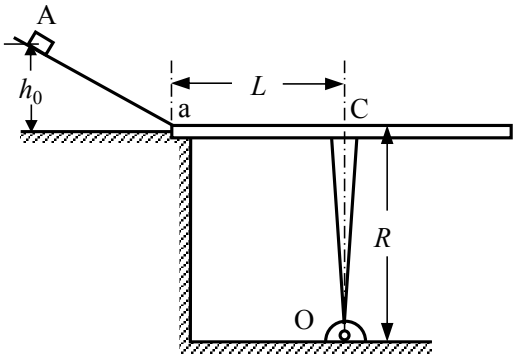
$P_1 = \frac{\left(\frac{E_2}{2}\right)^2}{R} = 1.28 \times 10^{-2}\,\mathrm{W}$ ④

评分标准：全题 13 分。第（1）小题 6 分，第（2）小题 7 分。其中（1）正确得出①式得 3 分，得出②式得 3 分；（2）得出③式 4 分，得出④式得 3 分。

23. 如图所示，光滑斜面的底端 a 与一块质量均匀、水平放置的平板光滑相接，平板长为 $2L$，$L = 1\,\mathrm{m}$，其中心 C 固定在高为 R 的竖直支架上，$R = 1\,\mathrm{m}$，支架的下端与垂直于纸面的固定转轴 O 连接，因此平板可绕转轴 O 沿顺时针方向翻转。问：

(1) 在斜面上离平板高度为 h_0 处放置一滑块 A，使其由静止滑下，滑块与平板间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$，为使平板不翻转，h_0 最大为多少？

(2) 如果斜面上的滑块离平板的高度为 $h_1 = 0.45\,\mathrm{m}$，并在 h_1 处先后由静止释放两块质量相同的滑块 A、B，时间间隔为 $\Delta t = 0.2\,\mathrm{s}$，则 B 滑块滑上平板后多少时间，平板恰好翻转。（重力加速度 g 取 $10\,\mathrm{m/s^2}$）



(1) $h_0 \le 0.16\,\mathrm{m}$　(2) $t = 0.2\,\mathrm{s}$

（1）设 A 滑到 a 处的速度为 $v_0 = \sqrt{2gh_0}$ ①

$f = \mu N$，$N = mg$，$f = ma$，

$a = \mu g$ ②

滑到板上离 a 点的最大距离为 $v_0^2 = 2\mu g s_0$，

$s_0 = \frac{2gh_0}{2\mu g} = \frac{h_0}{\mu}$ ③

A 在板上不翻转应满足条件：摩擦力矩小于正压力力矩，即 $M_{\text{摩擦}} \le M_{\text{压力}}$

$\mu mgR \le mg(L - s_0)$ ④

$h_0 \le \mu(L - \mu R) = 0.2(1 - 0.2) = 0.16\,\mathrm{m}$ ⑤

（2）当 $h = 0.45\,\mathrm{m}$，$v_A = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 0.45} = 3\,\mathrm{m/s}$

$v_A = v_B = 3\,\mathrm{m/s}$ ⑥

设 B 在平板上运动直到平板翻转的时刻为 t，取 $\Delta t = 0.2\,\mathrm{s}$

$s_A = v_A(t + \Delta t) - \frac{1}{2}\mu g(t + \Delta t)^2$ ⑦

$s_B = v_B t - \frac{1}{2}\mu g t^2$ ⑦′

两物体在平板上恰好保持平板不翻转的条件是

$2\mu mgR = mg(L - s_A) + mg(L - s_B)$ ⑧

由⑦ + ⑦′式等于⑧式，得 $t = 0.2\,\mathrm{s}$

评分标准：全题 15 分。第（1）小题 7 分，第（2）小题 8 分。其中（1）得出①、②、③各得 1 分，判断 $M_{\text{摩擦}} \le M_{\text{压力}}$ 正确得 2 分，④、⑤式各得 1 分。（2）得出⑤式得 1 分，①式得 1 分，写出③式得 3 分，最后结果正确得 3 分。