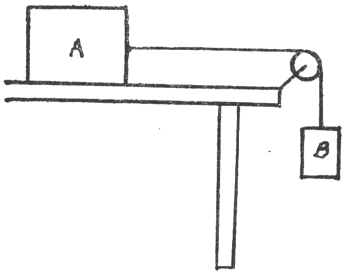
1958 年北京

1. 如图，在光滑的水平桌面上有一物体 A，物体 A 与另一物体 B 由一绳联结，绳绕过一固定在桌边的轻小滑轮。物体 A 的质量是 4 kg，物体 B 的质量是 1 kg。当 A、B 运动时，求物体 A 受到绳子的拉力是多少千克重？



> 7.84 N（0.8 kgf）

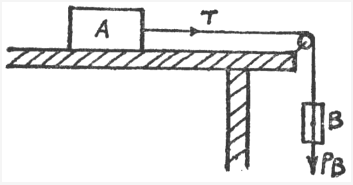
设物体 A 受绳子的拉力为 T。对 A、B 组成的系统，有

$P_B = (M_A + M_B)a$，$T = M_A a$。

解得 $a = \frac{P_B}{M_A+M_B} = \frac{M_B g}{M_A+M_B} = \frac{1\times 9.8}{4+1} = 1.96\,\mathrm{m/s^2}$，

$T = M_A a = \frac{M_A M_B g}{M_A+M_B} = \frac{4\times 1\times 9.8}{4+1} = 7.84\,\mathrm{N} = 0.8\,\mathrm{kgf}$。

受力分析如图所示。



2. 光滑水平桌面上放一质量是 5 kg 的静止木块，有质量是 10 g 的子弹以 501 m/s 的速度水平地射入木块，并留在木块内。问在此过程中：

   (1) 木块获得的机械能是多少尔格？

   (2) 子弹损失的机械能是多少尔格？

> (1) 2.5×10^7 erg　(2) 1.255×10^{10} erg

设子弹的速度为 V_1，射入木块后的共同速度为 V_2，子弹质量为 m_1，木块质量为 m_2。由动量守恒得

$m_1 V_1 = (m_1 + m_2)V_2$，

故 $V_2 = \frac{m_1 V_1}{m_1+m_2} = \frac{10\times 50100}{10+5000} = 100\,\mathrm{cm/s}$。

（1）木块获得的机械能为

$E = \frac{1}{2}m_2V_2^2 = \frac{1}{2} \times 5000 \times 100^2 = 2.5 \times 10^7\,\text{erg}$。

（2）子弹损失的机械能为

$\Delta E = \frac{1}{2}m_1(V_1^2 - V_2^2) = \frac{1}{2} \times 10 \times (50100^2 - 100^2) = 1.255 \times 10^{10}\,\text{erg}$。

3. 频率是 100 Hz 的声波在空气中传播，速度是 340 m/s。

   (1) 求波长；

   (2) 在沿着声波传播方向的一条直线上，在振动过程中运动的方向总是相同的最近的两点彼此相距多远？在振动过程中运动的方向总是相反的最近的两点彼此相距多远？振动恰好相差 $\frac{1}{4}$ 周期的两点相距多远？

(1) 3.4 m　(2) 3.4 m，1.7 m，0.85 m

（1）$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{340}{100} = 3.4\,\text{m}$。

（2）振动方向总是相同的最近两点的距离是波峰与波峰（或波谷与波谷）之间的距离，所以仍然是 3.4 m。

振动方向总是相反的最近两点间的距离是波峰与波谷之间的距离，即半个波长，等于 1.7 m。

相差 $\frac{1}{4}$ 周期的两点间的距离为 $\frac{\lambda}{4} = 0.85\,\text{m}$。

4. 什么是布朗运动？为什么说布朗运动反映了分子的热运动？试加说明。

布朗运动是悬浊液中足够小的物质微粒（如花粉等）永不停息的无规则运动。它是由液体分子的无规则运动撞击固体微粒产生的，温度越高，微粒运动越剧烈，故布朗运动反映了分子的热运动。

在显微镜下，观察到悬浊液中足够小的物质微粒（如花粉等）永不停息的无规则运动，这种运动叫做布朗运动。

悬浊液中微粒的无规则运动，是由于液体分子永在作无规则运动而撞击这些固体微粒所产生的，从而间接地证明了分子永在作无规则运动。温度越高，微粒运动越剧烈，这表明液体分子运动也越剧烈，也就是分子的平均动能随温度的升高而增大，所以说布朗运动反映了分子的热运动。

5. 在质量是 100 g 的铜制量热器中装了 335.7 g、10 °C 的水，然后投入 50 g、−10 °C 的冰块，混合后的平衡温度是 0 °C。问还有多少克冰没有熔解？（铜的比热 0.093 cal/(g · °C)，冰的比热 0.5 cal/(g · °C)，冰的熔解热 80 cal/ g）

> $10\,\mathrm{g}$

设有 Δm 的冰熔为水。

铜量热器和水温度降为 $0\,^\circ\mathrm{C}$ 时放热：

$Q_{放}=C_1m_1(t_1-0)+C_2m_2(t_1-0)=(C_1m_1+C_2m_2)t_1$。

而 $-10\,^\circ\mathrm{C}$ 的冰变为 $0\,^\circ\mathrm{C}$ 的冰及 Δm 克 $0\,^\circ\mathrm{C}$ 的冰熔为 $0\,^\circ\mathrm{C}$ 水时吸热：

$Q_{吸}=C_3m_3(0-t_3)+\lambda\Delta m=\lambda\Delta m-C_3m_3t_3$。

因为 $Q_{放}=Q_{吸}$，所以

$(C_1m_1+C_2m_2)t_1=\lambda\Delta m-C_3m_3t_3$，

得

$\Delta m=\frac{(C_1m_1+C_2m_2)t_1+C_3m_3t_3}{\lambda}=\frac{(1\times335.7+0.093\times100)\times10+0.5\times50\times(-10)}{80}=40\,\mathrm{g}$。

未熔解的冰为 $m_3-\Delta m=50-40=10\,\mathrm{g}$。

6. A、B 两点的电势差是 100 静电系单位，有一微小的物体质量是 $2\,\mathrm{g}$，带有 4 静电系单位电量，受电场的作用从 A 点移到 B 点。设物体在 A 点的初速度等于零，求它到达 B 点时的速度（其它力不计）。

> $20\,\mathrm{cm/s}$

$W=qU=4\times100=400\,\mathrm{erg}$，

$\frac{1}{2}mV^2=W$，

故 $V=\sqrt{\frac{2W}{m}}=\sqrt{\frac{2\times400}{2}}=20\,\mathrm{cm/s}$。

7. 输电线末端接了 6 盏适用于 $220\,\mathrm{V}$ 的电灯，其中 $100\,\mathrm{W}$ 的两盏，$60\,\mathrm{W}$ 的四盏。已知输电线电阻是 $5\,\Omega$，如果末端电压是 $220\,\mathrm{V}$，问起端电压是多少？

> $230\,\mathrm{V}$

四盏 $60\,\mathrm{W}$ 电灯的电流为

$I'=\frac{4P_1}{U_2}=\frac{4\times60}{220}=\frac{12}{11}\,\mathrm{A}$；

两盏 $100\,\mathrm{W}$ 电灯的电流为

$I''=\frac{2P_2}{U_2}=\frac{2\times100}{220}=\frac{20}{22}\,\mathrm{A}$。

总电流 $I=I'+I''=\frac{12}{11}+\frac{20}{22}=2\,\mathrm{A}$。

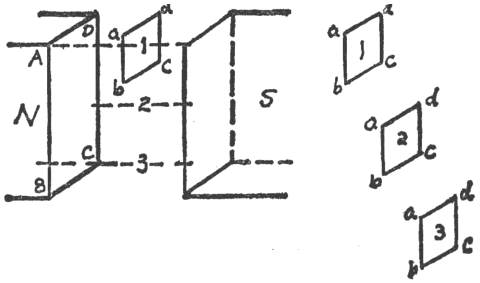
线路上损耗的电压 $\Delta U = Ir = 2 \times 5 = 10\,\mathrm{V}$。

故起端电压 $U_1 = U_2 + \Delta U = 220 + 10 = 230\,\mathrm{V}$。

8. 一方形小金属框 abcd 落进一相当大的电磁铁的两极间，设在下落过程中金属框的平面保持与磁铁的面 ABCD 平行（见图）。

(1) 当金属框中心先后通过 1、2、3 三点时，框上感生电流的方向如何？试在右下方三图中分别画箭头标明。设右下方三图是沿着由 N 极到 S 极的方向看的。

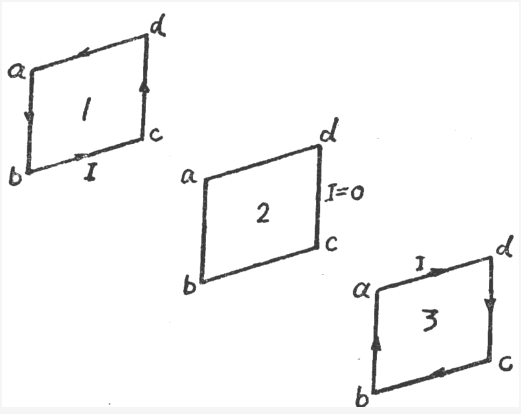
(2) 简单说明理由。



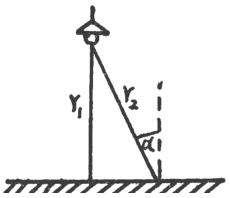
(1) 通过“1”和“3”时有感生电流，方向见解析；通过“2”时没有感生电流。 (2) 通过“1”时 bc 边切割磁力线，通过“3”时 ad 边切割磁力线，均有感生电流；通过“2”时整个框处于匀强磁场中，磁通量不变，故无感生电流。

（1）当金属框中心通过“1”和“3”时，框上感生电流的方向如图中箭头所示。当金属框中心通过“2”时，框上没有感生电流。

（2）当金属框中心通过“1”时，bc 边切割磁力线，产生感生电流，用右手定则可确定感生电流的方向。当金属框中心通过“2”时，整个框处于匀强磁场中，磁通量不发生变化，故没有感生电流。当金属框中心通过“3”时，因 ad 边切割磁力线，故有感生电流。



9. 一盏电灯悬挂在距离水平桌面 80 cm 高处，在桌面上灯的正下方处的照度是 100 lx。求在桌面上离灯 100 cm 处的照度。



51.2 lx

$E_1 = \frac{I}{r_1^2}$，故 $I = E_1 r_1^2$。

桌面上离灯 100 cm 处，$r_2 = 1\,\mathrm{m}$，$\cos\alpha = \frac{r_1}{r_2}$，故

$E_2 = \frac{I}{r_2^2}\cos\alpha = \frac{E_1 r_1^2}{r_2^2}\cdot\frac{r_1}{r_2} = \frac{E_1 r_1^3}{r_2^3} = \frac{100\times(0.8)^3}{1^3} = 51.2\,\mathrm{lx}$。

10. 距离屏 6 m 的地方放置一个凸透镜，如果要使面积是 $9\,\mathrm{cm}^2$ 的画片在屏上生成面积是 $225\,\mathrm{cm}^2$ 的像。求：

(1) 画片和透镜之间的距离；

(2) 透镜的焦距。

(1) 1.2 m　(2) 1 m

放大率 $K = \frac{v}{u} = \sqrt{\frac{S_v}{S_u}} = \sqrt{\frac{225}{9}} = 5$。

画片和透镜之间的距离 $u = \frac{v}{K} = \frac{6}{5} = 1.2\,\mathrm{m}$。

由 $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ 得透镜的焦距

$f = \frac{uv}{u+v} = \frac{1.2\times6}{1.2+6} = 1\,\mathrm{m}$。

11. 回答下列问题：

(1) 在真空中某单色光的波长是 6000 埃，问在玻璃中该单色光的波长是多少？频率是多少？设玻璃的折射率是 1.5。

(2) 某元素的原子序数是 Z，它的一个原子的质量是 M 克，设一个电子的质量是 m 克，电子电荷是 $-e$ 静电系单位。问该元素的一个原子核带电多少？一个原子核的质量是多少？

(1) 4000 埃，$5\times10^{14}\,\mathrm{Hz}$　(2) $+Ze$ 静电系单位，$(M - Zm)\,\mathrm{g}$

（1）设光在玻璃中的波长为 λ，频率为 f。由 $n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$ 得

$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{6000}{1.5} = 4000$ 埃；

$f=\frac{c_0}{\lambda_0}=\frac{3\times10^{10}}{6000\times10^{-8}}=5\times10^{14}\,\mathrm{Hz}$。

（2）一个原子核带的电量为 $+Ze$ 静电系单位，一个原子核的质量为 $(M-Zm)\,\mathrm{g}$。

12. 应用安培计、电阻箱、电键、导线测定电池的电动势及内电阻：

(1) 试绘出电路图；

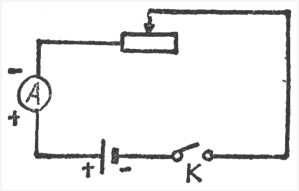
(2) 在图上标出电池的正负极和安培计的正负接头；

(3) 简述实验中的测量步骤，应该记下哪些数据？

(4) 当安培计的量度范围给定时（例如 $0\sim0.5\,\mathrm{A}$），电阻箱的电阻值取得过大或过小各有什么坏处？

(1) 电路图见解析。 (2) 电池和安培计的正负极、接头标注见解析。 (3) 改变电阻箱阻值，分别记下两组电阻值 R_1、R_2 和对应的电流 I_1、I_2，列方程组求解 ε 和 r。 (4) 电阻箱阻值过大时电流太小、读数不准；过小时安培计内阻影响不能忽略，甚至超过量程损坏电表。

（1）（2）电路图及电池正负极、安培计正负接头标注如图所示。



（3）先调整电流表零点，再使电阻箱取某一阻值 R_1，合上开关 K，读出安培计的读数 I_1，然后把开关打开；在电阻箱上选另一阻值 R_2，合上开关 K，读出安培计读数 I_2，然后把开关打开。实验中应记下电阻箱的阻值 R_1 与 R_2 和安培计读数 I_1 与 I_2，最后列出方程组

$$\begin{cases}\varepsilon=I_1R_1+I_1r\\ \varepsilon=I_2R_2+I_2r\end{cases}$$

并解方程组得 ε 和 r。

（4）当安培计的量度范围给定，如 $0\sim0.5\,\mathrm{A}$ 时，如果电阻箱的电阻值取得过大，则电流强度太小，安培计示数太小，难于准确读数；如果电阻箱的电阻值取得过小，这时安培计内的电势降落不能忽略，会影响实验的准确度，或者因为电流过强，安培计的量程不够，不但测不准电流强度，甚至会把表内线圈烧坏、表针打弯。