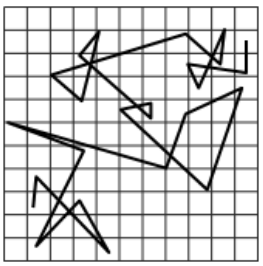
# 2009 年北京理综

1. 做布朗运动实验，得到某个观察记录如图，图中记录的是 ( D )



A. 分子无规则运动的情况

B. 某个微粒做布朗运动的轨迹

C. 某个微粒做布朗运动的速度-时间图线

D. 按等时间间隔依次记录的某个运动微粒位置的连线

> 布朗运动是悬浮在液体中的固体小颗粒的无规则运动，而非分子的运动，故 A 项错误；既然运动是无规则的，所以微粒没有固定的运动轨迹，故 B 项错误；对于某个微粒而言在不同时刻的速度大小和方向均是不确定的，所以无法确定其在某一个时刻的速度，故也就无法描绘其速度—时间图线，故 C 项错误；只有 D 项正确。

2. 下列现象中，与原子核内部变化有关的是 ( B )

A. $\alpha$ 粒子散射现象　B. 天然放射现象　C. 光电效应现象　D. 原子发光现象

> $\alpha$ 粒子散射实验表明了原子内部有一个很小的核，并没有涉及核内部的变化，故 A 项错误；天然放射现象是原子核内部发生变化自发地放射出 $\alpha$ 粒子或电子，从而发生 $\alpha$ 衰变或 $\beta$ 衰变，故 B 项正确；光电效应是原子核外层电子获得光子能量脱离原子核的束缚而逸出，没有涉及原子核的变化，故 C 项错误；原子发光是原子跃迁形成的，也没有涉及原子核的变化，故 D 项错误。

3. 类比是一种有效的学习方法，通过归纳和比较，有助于掌握新知识，提高学习效率。在类比过程中，既要找出共同之处，又要抓住不同之处。某同学对机械波和电磁波进行类比，总结出下列内容，其中不正确的是 ( D )

A. 机械波的频率、波长和波速三者满足的关系，对电磁波也适用

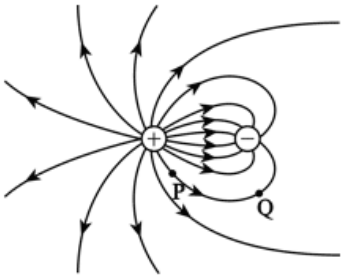
B. 机械波和电磁波都能产生干涉和衍射现象

C. 机械波的传播依赖于介质，而电磁波可以在真空中传播

D. 机械波既有横波又有纵波，而电磁波只有纵波

> 波长、波速、频率的关系对任何波都是成立的，对电磁波当然成立，故 A 项正确；干涉和衍射是波的特性，机械波、电磁波都是波，这些特性都具有，故 B 项正确；机械波是机械振动在介质中传播形成的，所以机械波的传播需要介质，而电磁波是交替变化的电场和磁场由近及远的传播形成的，所以电磁波传播不需要介质，故 C 项正确；机械波既有横波又有纵波，但是电磁波只能是横波，其证据就是电磁波能够发生偏振现象，而偏振现象是横波才有的，D 项错误。故正确答案应为 D。

4. 某静电场的电场线分布如图所示，图中 P、Q 两点的电场强度分别为 $E_P$ 和 $E_Q$，电势分别为 $U_P$ 和 $U_Q$。则 ( A )

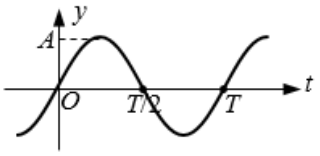


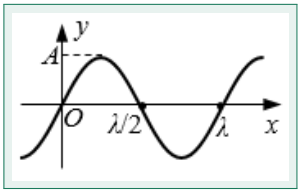

A. $E_P > E_Q$，$U_P > U_Q$　　B. $E_P > E_Q$，$U_P < U_Q$

C. $E_P < E_Q$，$U_P > U_Q$　　D. $E_P < E_Q$，$U_P < U_Q$

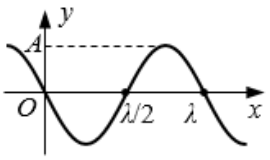
> 从图可以看出 P 点的电场线的密集程度大于 Q 点的密集程度，故 P 点的场强大于 Q 点的场强，因电场线的方向由 P 指向 Q，而沿电场线的方向电势逐渐降低，P 点的电势高于 Q 点的电势，故 A 项正确。

5. 一简谐机械波沿 $x$ 轴正方向传播，周期为 $T$，波长为 $\lambda$，若在 $x = 0$ 处质点的振动图像如右图所示，则该波在 $t = T/2$ 时的波形曲线为 ( A )

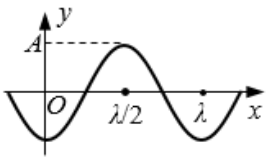


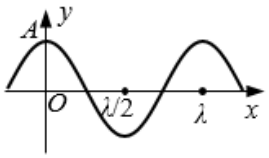

A.




B.



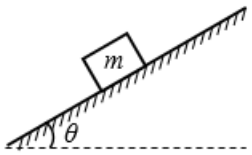

C.




D.

> 从振动图上可以看出 $x=0$ 处的质点在 $t=T/2$ 时刻处于平衡位置，且正在向下振动，四个选项中只有 A 图符合要求，故 A 项正确。

6. 如图所示，将质量为 $m$ 的滑块放在倾角为 $\theta$ 的固定斜面上，滑块与斜面之间的动摩擦因数为 $\mu$，若滑块与斜面之间的最大静摩擦力与滑动摩擦力大小相等，重力加速度为 $g$，则 ( C )




A. 将滑块由静止释放，如果 $\mu>\tan\theta$，滑块将下滑

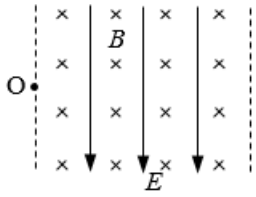
B. 给滑块沿斜面向下的初速度，如果 $\mu<\tan\theta$，滑块将减速下滑

C. 用平行于斜面向上的力拉滑块向上匀速运动，如果 $\mu=\tan\theta$，拉力大小应是 $2mg\sin\theta$

D. 用平行于斜面向下的力拉滑块向下匀速运动，如果 $\mu=\tan\theta$，拉力大小应是 $mg\sin\theta$

> 对处于斜面上的物块受力分析，要使物块沿斜面下滑则 $mg\sin\theta>\mu mg\cos\theta$，故 $\mu<\tan\theta$，故 A、B 错误；若要使物块在平行于斜面向上的拉力 $F$ 的作用下沿斜面匀速上滑，由平衡条件有 $F-mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=0$，故 $F=mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta$，若 $\mu=\tan\theta$，则 $mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$，即 $F=2mg\sin\theta$，故 C 项正确；若要使物块在平行于斜面向下的拉力 $F$ 作用下沿斜面向下匀速滑动，由平衡条件有 $F+mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=0$，则 $F=\mu mg\cos\theta-mg\sin\theta$，若 $\mu=\tan\theta$，则 $mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$，即 $F=0$，故 D 项错误。

7. 如图所示的虚线区域内，充满垂直于纸面向里的匀强磁场和竖直向下的匀强电场，一带电粒子 a（不计重力）以一定的初速度由左边界的 O 点射入磁场、电场区域，恰好沿直线由区域右边界的 $O'$ 点（图中未标出）穿出。若撤去该区域内的磁场，而保留电场不变，另一个同样的粒子 b（不计重力）仍以相同初速度由 O 点射入，从区域右边界穿出，则粒子 b( C )

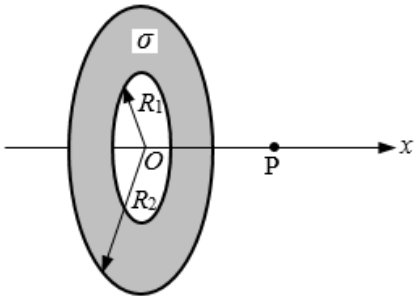


A. 穿出位置一定在 $O'$ 下方　　B. 穿出位置一定在 $O'$ 上方

C. 运动时，在电场中的电势能一定减小　　D. 在电场中运动时，动能一定减小

> a 粒子要在电场、磁场的复合场区内做直线运动，则该粒子一定做匀速直线运动，故对粒子 a 有 $Bqv = Eq$，即只要满足 $E = Bv$，无论粒子带正电还是负电，粒子都可以沿直线穿出复合场区；当撤去磁场只保留电场时，粒子 b 由于电性不确定，故无法判断从 $O'$ 点的上方或下方穿出，故 A、B 错误；粒子 b 在穿过电场区的过程中必然受到电场力的作用而做类平抛运动，电场力做正功，其电势能减小，动能增大，故 C 项正确、D 项错误。

8. 如图所示为一个内、外半径分别为 $R_1$ 和 $R_2$ 的圆环状均匀带电平面，其单位面积带电量为 $\sigma$。取环面中心 O 为坐标原点，以垂直于环面的轴线为 $x$ 轴。设轴上任意点 P 到 O 的距离为 $x$，P 点电场强度的大小为 $E$。下面给出 $E$ 的四个表达式（式中 $k$ 为静电力常量），其中只有一个是合理的。你可能不会求解此处的场强 $E$，但是你可以通过一定的物理分析，对下列表达式的合理性做出判断。根据你的判断，$E$ 的合理表达式应为 ( B )




A. $E = 2\pi\sigma k\left(\frac{R_1}{\sqrt{x^2+R_1^2}} - \frac{R_2}{\sqrt{x^2+R_2^2}}\right)x$　　B. $E = 2\pi\sigma k\left(\frac{1}{\sqrt{x^2+R_1^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2+R_2^2}}\right)x$

C. $E = 2\pi\sigma k\left(\frac{R_1}{\sqrt{x^2+R_1^2}} + \frac{R_2}{\sqrt{x^2+R_2^2}}\right)x$　　D. $E = 2\pi\sigma k\left(\frac{1}{\sqrt{x^2+R_1^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2+R_2^2}}\right)x$

> 当 $R_1 = 0$ 时，对于 A 项而言 $E = 0$，此时带电圆环演变为带电圆面，中心轴线上一点的电场强度 $E > 0$，故 A 项错误；当 $x = 0$ 时，此时要求的场强为 O 点的场强，由对称性可知 $E_0 = 0$，对于 C 项而言，$x = 0$ 时 $E$ 为一定值，故 C 项错误；当 $x \to \infty$ 时 $E \to 0$，而 D 项中 $E \to 4\pi k\sigma$，故 D 项错误；所以正确选项只能为 B。

9. (1) Ⅰ.（4 分）在《用双缝干涉测量光的波长》实验中，将双缝干涉仪按要求安装在光具座上（如图 1），并选用缝间距 $d = 0.2\,\mathrm{mm}$ 的双缝屏。从仪器注明的规格可知，像屏与双缝屏间的距离 $L = 700\,\mathrm{mm}$。然后接通电源使光源正常工作。

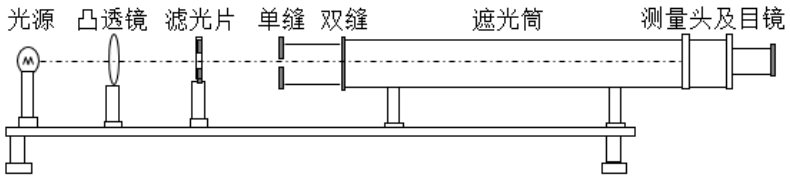



图 1

① 已知测量头主尺的最小刻度是毫米，副尺上有 50 个分度，某同学调整手轮后，从测量头的目镜看去，第一次映入眼帘的干涉条纹如图 2（a）所示，图 2（a）中的数字是该同学给各暗纹的编号，此时图 2（b）中的游标尺上的读数 $x_1 = 1.16\,\mathrm{mm}$，接着再转动手轮，映入眼帘的干涉条纹如图 3（a）所示，此时图 3（b）中的游标尺上的读数 $x_2 =$15.02 mm。

② 利用上述测量结果，经计算可得两个相邻明纹（或暗纹）间的距离 $\Delta x =$2.31 mm，这种色光的波长 $\lambda =$$6.6 \times 10^2$ nm。

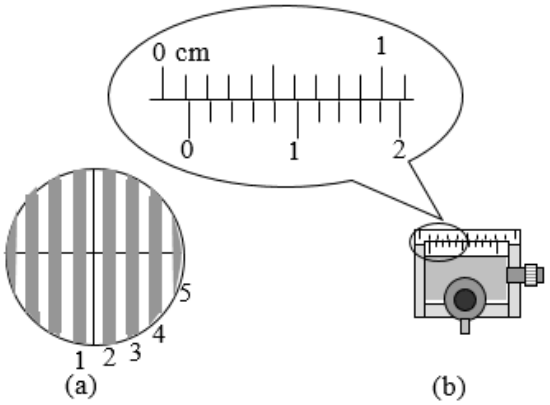



图 2

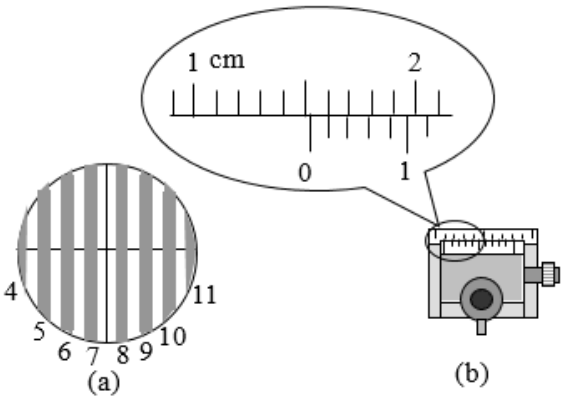



图 3

(2) Ⅱ.（12 分）某同学通过查找资料自己动手制作了一个电池，该同学想测量一下这个电池的电动势 $E$ 和内电阻 $r$。但是从实验室只借到一个开关、一个电阻箱（最大电阻为 999.9 Ω，可当标准电阻用）、一只电流表（量程 $I_A = 0.6\,\mathrm{A}$，内阻 $r_A = 0.1\,\Omega$）和若干导线。

① 请根据测量电动势 $E$ 和内电阻 $r$ 的要求，设计图 1 中器件的连接方式。画线把它们接起来。

② 接通开关，逐次改变电阻箱的阻值 $R$，读出与 $R$ 对应的电流表的示数 $I$，并作记录。当电阻箱的阻值 $R=2.6\,\Omega$ 时，其对应的电流表的示数如图 2 所示。处理实验数据时，首先计算出每个电流值 $I$ 的倒数 $\frac{1}{I}$，再制作 $R-\frac{1}{I}$ 坐标图，如图 3 所示，图中已标出了（$R$，$\frac{1}{I}$）的几个与测量对应的坐标点，请你将与图 2 实验数据对应的坐标点也标在图 3 上。

③ 在图 3 上把描绘出的坐标点连成图线。

④ 根据图 3 描绘出的图线，可以得出这个电池的电动势 $E$ =1.5 V；内电阻 $r$ =0.3 Ω。

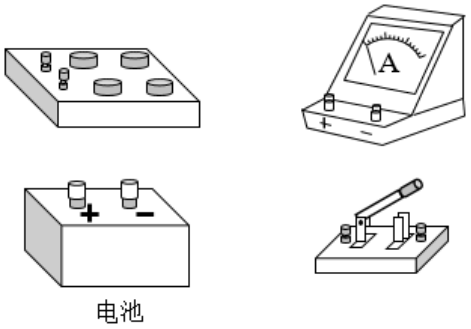



图 1

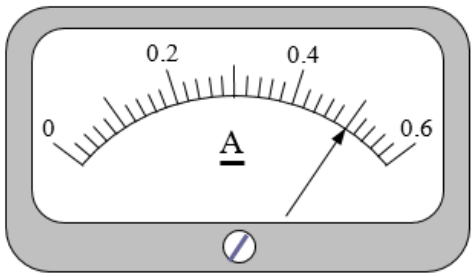



图 2

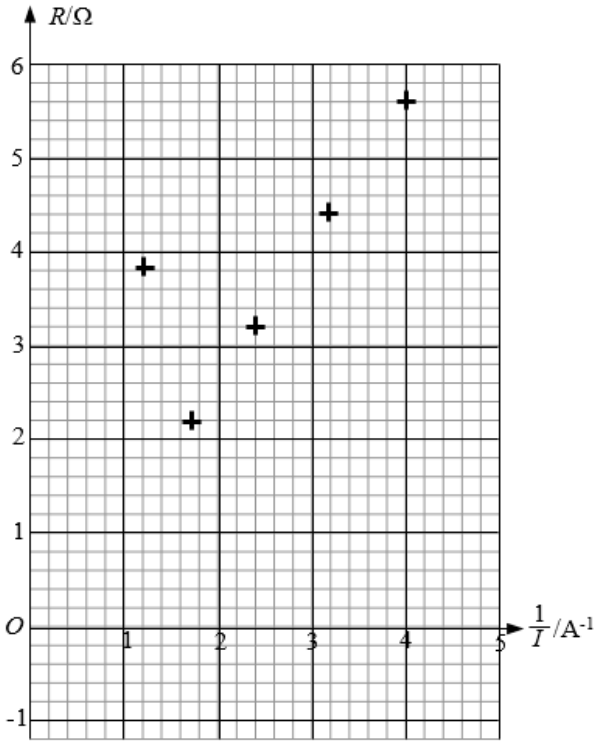


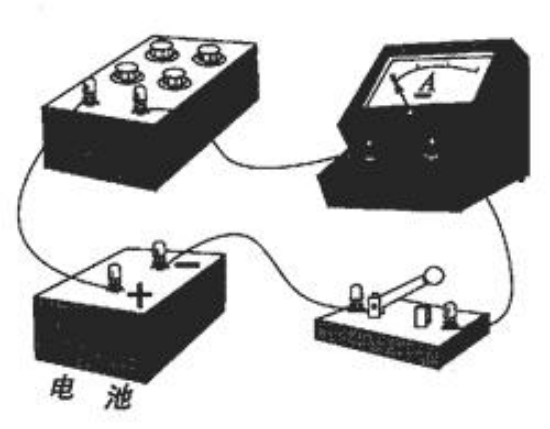

图 3

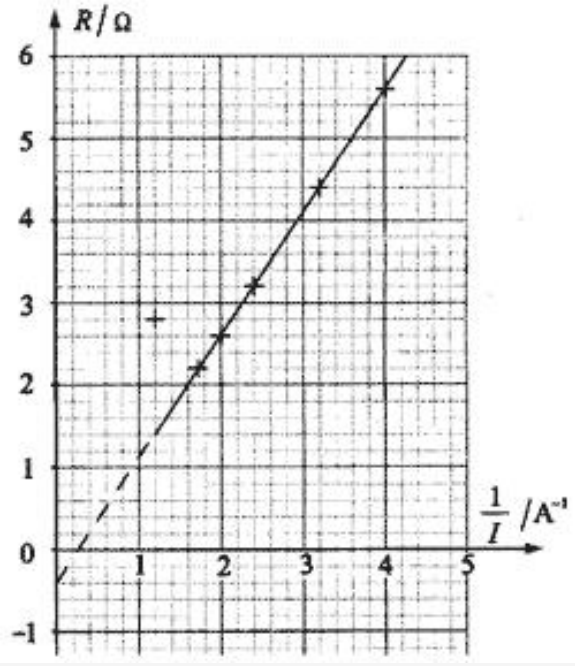
(1) ① 15.02；② 2.31，$6.6\times10^2$　(2) ①图略；②图略；③图略；④ $E=1.5\,\mathrm{V}$，$r=0.3\,\Omega$。

（1）由游标卡尺的读数规则可知 $x_2=15.0\,\mathrm{mm}+1\times0.02\,\mathrm{mm}=15.02\,\mathrm{mm}$；图 2（a）中暗纹与图 3（a）中暗纹间的间隔为 6 个，故 $\Delta x=(x_2-x_1)/6=(15.02-1.16)/6=2.31\,\mathrm{mm}$；由 $\Delta x=L\lambda/d$ 可知 $\lambda=d\Delta x/L=0.20\,\mathrm{mm}\times2.31\,\mathrm{mm}/700\,\mathrm{mm}=6.6\times10^2\,\mathrm{nm}$。

（2）根据闭合电路欧姆定律，测量电源的电动势和内电阻，需要得到电源的路端电压和通过电源的电流，在本实验中没有电压表，但是可以用电阻箱和电流表串联充当电压表，测量电源的路端电压，通过电流表的电流也是通过电源的电流，所以只需要将电流表和电阻箱串联接在电源两端即可。实物图的连接如答图所示。

由闭合电路欧姆定律有 $E=I(R+r+r_g)$，解得 $R=E\cdot\frac{1}{I}-(r+r_g)$，根据 $R-\frac{1}{I}$ 图线可知：电源的电动势等于图线的斜率，内阻为纵轴负方向的截距减去电流表的内阻。




10. 已知地球半径为 $R$，地球表面重力加速度为 $g$，不考虑地球自转的影响。

(1) 推导第一宇宙速度 $v_1$ 的表达式；

(2) 若卫星绕地球做匀速圆周运动，运行轨道距地面高度为 $h$，求卫星的运行周期 $T$。

(1) $v_1=\sqrt{gR}$ (2) $T=\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{(R+h)^3}{g}}$

（1）设卫星的质量为 $m$，地球的质量为 $M$，在地球表面附近满足 $G\frac{Mm}{R^2}=mg$，得 $GM=R^2g$ ①。

卫星做圆周运动的向心力等于它受到的万有引力 $m\frac{v_1^2}{R}=G\frac{Mm}{R^2}$ ②。

①式代入②式，得到 $v_1=\sqrt{Rg}$。

（2）考虑①式，卫星受到的万有引力为 $F=G\frac{Mm}{(R+h)^2}=\frac{mgR^2}{(R+h)^2}$ ③。

由牛顿第二定律 $F=m\frac{4\pi^2}{T^2}(R+h)$ ④。

③、④联立解得 $T=\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{(R+h)^3}{g}}$。

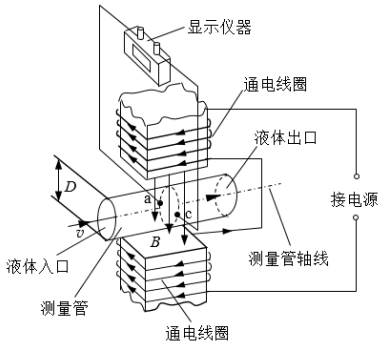
11. 单位时间内流过管道横截面的液体体积叫做液体的体积流量（以下简称流量）。有一种利用电磁原理测量非磁性导电液体（如自来水、啤酒等）流量的装置，称为电磁流量计。它主要由将流量转换为电压信号的传感器和显示仪表两部分组成。

传感器的结构如图所示，圆筒形测量管内壁绝缘，其上装有一对电极 a 和 c，a、c 间的距离等于测量管的直径 $D$，测量管的轴线与 a、c 的连线方向以及通电线圈产生的磁场方向三者相互垂直。当导电液体流过测量管时，在电极 a、c 间出现感应电动势 $E$，并通过与电极连接的仪表显示出液体的流量 $Q$。设磁场均匀恒定，磁感应强度为 $B$。

(1) 已知 $D=0.4\,\mathrm{m}$，$B=2.5\times10^{-3}\,\mathrm{T}$，$Q=0.12\,\mathrm{m^3/s}$，设液体在测量管内各处流速相同，试求 $E$ 的大小（$\pi$ 取 3.0）；

(2) 一新建供水站安装了电磁流量计，在向用户供水时流量本应显示为正值，但实际显示却为负值。经检查，是误将测量管接反了，即液体从测量管出水口流入，入水口流出。因水已加压充满管道，不便再将测量管拆下重装，请你提出使显示仪表的流量示数变为正值的简便方法；

(3) 显示仪表相当于传感器负载电阻，其阻值记为 $R$。a、c 间导电液体的电阻 $r$ 随液体电阻率的变化而变化，从而会影响显示仪表的示数。试以 $E$、$R$、$r$ 为参量给出电极 a、c 间输出电压 $U$ 的表达式，并说明怎样可以降低液体电阻率变化对显示仪表示数的影响？




(1) $E=1.0\times10^{-3}\,\mathrm{V}$　(2) 改变通电线圈中电流的方向，使磁场 $B$ 反向，或将传感器输出端对调接入显示仪表。　(3) $U=\frac{E}{1+r/R}$，见解析。

（1）导电液体通过测量管时，相当于导线做切割磁感线的运动，在电极 a、c 间切割磁感线的液柱长度为 $D$，设液体的流速为 $v$，则产生的感应电动势为 $E=BDv$ ①。

由流量的定义，有 $Q=Sv=\frac{\pi D^2}{4}v$ ②。

①②式联立解得 $E=BD\frac{4Q}{\pi D^2}=\frac{4BQ}{\pi D}$。

代入数据得 $E=\frac{4\times2.5\times10^{-3}\times0.12}{3\times0.4}\,\mathrm{V}=1.0\times10^{-3}\,\mathrm{V}$。

（2）能使仪表显示的流量变为正值的简便方法（合理即可），如：改变通电线圈中电流的方向，使磁场 $B$ 反向，或将传感器输出端对调接入显示仪表。

（3）传感器的显示仪表构成闭合电路，由闭合电路欧姆定律有 $I=\frac{E}{R+r}$，$U=IR=\frac{RE}{R+r}=\frac{E}{1+r/R}$ ③。

输入显示仪表的是 a、c 间的电压 $U$，流量示数和 $U$ 一一对应，$E$ 与液体电阻率无关，而 $r$ 随电阻率的变化而变化，由③式可看出，$r$ 变化相应的 $U$ 也随之变化。在实际流量不变的情况下，仪表显示的流量示数会随 a、c 间的电压 $U$ 的变化而变化，增大 $R$，使 $R\gg r$，则 $U\approx E$，这样就可以降低液体电阻率的变化对显示仪表流量示数的影响。

12. (1) 如图 1 所示，ABC 为一固定在竖直平面内的光滑轨道，BC 段水平，AB 段与 BC 段平滑连接。质量为 $m_1$ 的小球从高为 $h$ 处由静止开始沿轨道下滑，与静止在轨道 BC 段上质量为 $m_2$ 的小球发生碰撞，碰撞前后两球的运动方向处于同一水平线上，且在碰撞过程中无机械能损失，求碰撞后小球 $m_2$ 的速度大小 $v_2$。

(2) 碰撞过程中的能量传递规律在物理学中有着广泛的应用。为了探究这一规律，我们采用多球依次碰撞、碰撞前后速度在同一直线上、且无机械能损失的简化模型。如图 2 所示，在固定光滑水平直轨道上，质量分别为 $m_1$、$m_2$、……$m_{n-1}$、$m_n$、……的若干个球沿直线相间排列，给第一个球初动能 $E_{k1}$，从而引起各球的依次碰撞。定义其中第 $n$ 个球经过一次碰撞后获得的动能 $E_{kn}$ 与 $E_{k1}$ 之比为第一个球对第 $n$

个球的动能传递系数 $k_{1n}$。

a．求 $k_{1n}$；

b．若 $m_1=4m_0$，$m_3=m_0$，$m_0$ 为确定的已知量，求 $m_2$ 为何值时，$k_{13}$ 最大。

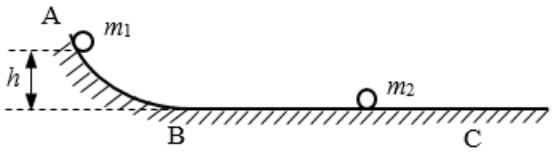



图 1

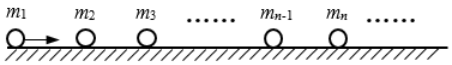



图 2

(1) $v_2=\frac{2m_1\sqrt{2gh}}{m_1+m_2}$ (2) a．$k_{1n}=\frac{4^{n-1}m_1m_2^2m_3^2\cdots m_{n-1}^2m_n}{(m_1+m_2)^2(m_2+m_3)^2\cdots(m_{n-1}+m_n)^2}$；

b．$m_2=2m_0$ 时，$k_{13}$ 最大。

（1）设碰撞前的速度为 $v_{10}$，根据机械能守恒定律 $m_1gh=\frac{1}{2}m_1v_{10}^2$ ①。

设碰撞后 $m_1$ 与 $m_2$ 的速度分别为 $v_1$ 和 $v_2$，根据动量守恒定律 $m_1v_{10}=m_1v_1+m_2v_2$ ②。

由于碰撞过程中无机械能损失，$\frac{1}{2}m_1v_{10}^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$ ③。

②、③式联立解得 $v_2=\frac{2m_1v_{10}}{m_1+m_2}$ ④，将①代入④得 $v_2=\frac{2m_1\sqrt{2gh}}{m_1+m_2}$。

（2）a．由④式，考虑到 $E_{k1}=\frac{1}{2}m_1v_{10}^2$ 和 $E_{k2}=\frac{1}{2}m_2v_2^2$，根据动能传递系数的定义，对于 1、2 两球 $k_{12}=\frac{E_{k2}}{E_{k1}}=\frac{4m_1m_2}{(m_1+m_2)^2}$ ⑤。

同理可得，球 $m_2$ 和球 $m_3$ 碰撞后，动能传递系数 $k_{13}$ 应为 $k_{13}=\frac{E_{k3}}{E_{k1}}=\frac{E_{k2}}{E_{k1}}\cdot\frac{E_{k3}}{E_{k2}}=\frac{4m_1m_2}{(m_1+m_2)^2}\cdot\frac{4m_2m_3}{(m_2+m_3)^2}$ ⑥。

依次类推，动能传递系数 $k_{1n}$ 应为 $k_{1n}=\frac{E_{kn}}{E_{k1}}=\frac{E_{k2}}{E_{k1}}\cdot\frac{E_{k3}}{E_{k2}}\cdots\frac{E_{kn}}{E_{k(n-1)}}=\frac{4m_1m_2}{(m_1+m_2)^2}\cdot\frac{4m_2m_3}{(m_2+m_3)^2}\cdots\frac{4m_{n-1}m_n}{(m_{n-1}+m_n)^2}$。

解得 $k_{1n}=\frac{4^{n-1}m_1m_2^2m_3^2\cdots m_{n-1}^2m_n}{(m_1+m_2)^2(m_2+m_3)^2\cdots(m_{n-1}+m_n)^2}$。

b．将 $m_1=4m_0$、$m_3=m_0$ 代入⑥式可得 $k_{13}=64m_0^2\left[\frac{m_2}{(4m_0+m_2)(m_2+m_0)}\right]^2$。

为使 $k_{13}$ 最大，只需使 $\frac{m_2}{(4m_0+m_2)(m_2+m_0)}=\frac{1}{5m_0+m_2+4m_0^2/m_2}$ 最大，即 $m_2+\frac{4m_0^2}{m_2}$ 取最小值。由 $m_2+\frac{4m_0^2}{m_2}=\left(\sqrt{m_2}-\frac{2m_0}{\sqrt{m_2}}\right)^2+4m_0$ 可知，当 $\sqrt{m_2}=\frac{2m_0}{\sqrt{m_2}}$，即 $m_2=2m_0$ 时，$k_{13}$ 最大。