2010 年天津理综

1. 下列关于电磁波的说法正确的是（A）

A. 均匀变化的磁场能够在空间产生电场　　B. 电磁波在真空和介质中传播速度相同

C. 只要有电场和磁场，就能产生电磁波　　D. 电磁波在同种介质中只能沿直线传播

> 变化的磁场可以产生电场，变化的电场可以产生磁场。A 正确。电磁波在真空和介质中传播速度不同，B 错误。电磁波是由变化的电场和变化的磁场由近及远的传播形成，C 错误。电磁波可以产生反射、折射、衍射和干涉，D 错误。

2. 下列关于原子和原子核的说法正确的是（B）

A. β 衰变现象说明电子是原子核的组成部分

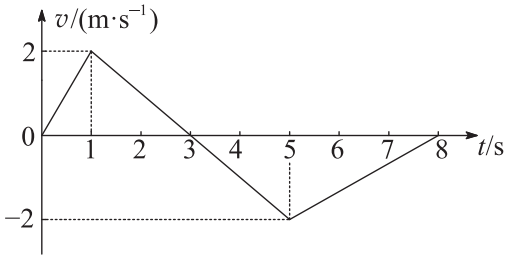
B. 玻尔理论的假设之一是原子能量的量子化

C. 放射性元素的半衰期随温度的升高而变短

D. 比结合能越小表示原子核中的核子结合得越牢固

> β 衰变是原子核中的质子转化为中子和电子，但电子不是原子核的组成部分，A 错误。玻尔理论的假设是把量子化代入到原子能量，B 正确。放射性元素的半衰期不随温度、状态及化学变化而变化，C 错误。比结合能越大表示原子核中的核子结合得越牢固，D 错误。

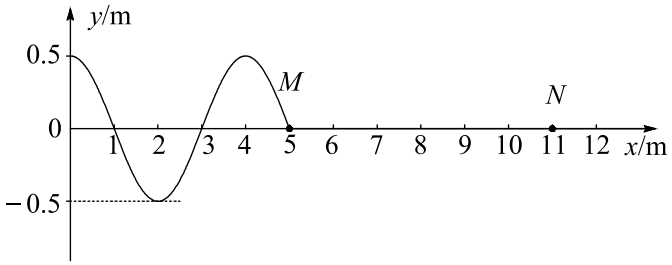
3. 质点做直线运动的 $v-t$ 图像如图所示，规定向右为正方向，则该质点在前 8 s 内平均速度的大小和方向分别为（B）



A. 0.25 m/s，向右　　B. 0.25 m/s，向左　　C. 1 m/s，向右　　D. 1 m/s，向左

> 由题图得前 8 s 内的位移 $x=\frac{1}{2}\times 3\times 2\,\mathrm{m}+\frac{1}{2}\times 5\times(-2)\,\mathrm{m}=-2\,\mathrm{m}$，则平均速度 $\overline{v}=\frac{x}{t}=\frac{-2}{8}\,\mathrm{m/s}=-0.25\,\mathrm{m/s}$，负号表示方向向左。B 正确。

4. 一列简谐横波沿 x 轴正向传播，传到 M 点时波形如图所示，再经 0.6 s，N 点开始振动，则该波的振幅 A 和频率 f 为（D）



A. $A=1\,\mathrm{m}$，$f=5\,\mathrm{Hz}$　　B. $A=0.5\,\mathrm{m}$，$f=5\,\mathrm{Hz}$

C. $A=1\,\mathrm{m}$，$f=2.5\,\mathrm{Hz}$　　D. $A=0.5\,\mathrm{m}$，$f=2.5\,\mathrm{Hz}$

由题图的振幅 $A=0.5\,\mathrm{m}$，波长 $\lambda=4\,\mathrm{m}$。经 0.6 s，N 点开始振动得波速 $v=\frac{11-5}{0.6}\,\mathrm{m/s}=10\,\mathrm{m/s}$，所以频率 $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{10}{4}\,\mathrm{Hz}=2.5\,\mathrm{Hz}$，D 正确。

5. 在静电场中，将一正电荷从 a 点移到 b 点，电场力做了负功，则（C）

A. b 点的电场强度一定比 a 点大　　B. 电场线方向一定从 b 指向 a

C. b 点的电势一定比 a 点高　　D. 该电荷的动能一定减小

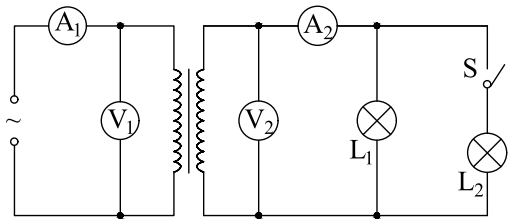
正电荷从 a 移动到 b 点，电场力做了负功，电势能增加，说明 b 点的电势一定比 a 点高，选项 C 正确。电场强度的大小与电势的高低无关，无法确定，A 错误。b 点的电势比 a 点高，即 a、b 在不同的等势面上，但电场线方向不一定从 b 指向 a，B 错误。虽然电荷的电势能增加，如有重力做功，该电荷的动能不一定减小，D 错误。

6. 探测器绕月球做匀速圆周运动，变轨后在周期较小的轨道上仍做匀速圆周运动，则变轨后与变轨前相比（A）

A. 轨道半径变小　　B. 向心加速度变小　　C. 线速度变小　　D. 角速度变小

由于 $G\frac{Mm}{r^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$，所以 $r=\sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$，$T$ 变小，r 变小，A 正确。又 $G\frac{Mm}{r^2}=ma_n$，$a_n=\frac{GM}{r^2}$，r 变小，a_n 增大，B 错误。由 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，$r$ 变小，v 增大，C 错误。由 $G\frac{Mm}{r^2}=m\omega^2 r$，$\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$，$r$ 变小，ω 增大，D 错误。

7. 为探究理想变压器原、副线圈电压、电流的关系，将原线圈接到电压有效值不变的正弦交流电源上，副线圈连接相同的灯泡 L_1、L_2，电路中分别接了理想交流电压表 V_1、V_2 和理想交流电流表 A_1、A_2，导线电阻不计，如图所示。当开关 S 闭合后（AD）



A. A_1 示数变大，A_1 与 A_2 示数的比值不变

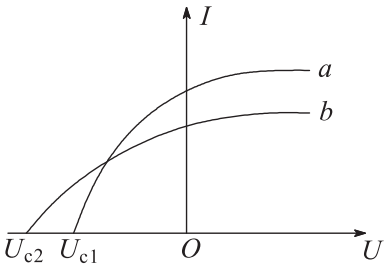
B. A_1 示数变大，A_1 与 A_2 示数的比值变大

C. V_2 示数变小，V_1 与 V_2 示数的比值变大

D. V_2 示数不变，V_1 与 V_2 示数的比值不变

> 由于理想变压器原线圈接到电压有效值不变，则副线圈电压不变，V_2 示数不变，V_1 与 V_2 示数的比值不变，C 错误、D 正确。开关 S 闭合后，变压器副线圈的负载电阻减小，V_2 不变，由欧姆定律可得 A_1 示数变大，由于理想变压器 $P_2 = P_1$，V_1 与 V_2 示数的比值不变，所以 A_1 与 A_2 示数的比值不变，A 正确、B 错误。正确选项 AD。

8. 用同一光电管研究 a、b 两种单色光产生的光电效应，得到光电流 I 与光电管两极间所加电压 U 的关系如图。则这两种光 (BC)



A. 照射该光电管时 a 光使其逸出的光电子最大初动能大

B. 从同种玻璃射入空气发生全反射时，a 光的临界角大

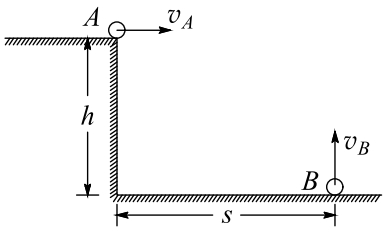
C. 通过同一装置发生双缝干涉，a 光的相邻条纹间距大

D. 通过同一玻璃三棱镜时，a 光的偏折程度大

> 由光电效应方程 $\frac{1}{2}mv_m^2 = h\nu - W_0$，由题图可得 b 光照射光电管时使其逸出的光电子最大初动能大，b 光的频率大，波长小。A 错误。b 光的频率大，在玻璃中的折射率 n_b 大，由 $C = \arcsin\frac{1}{n}$ 从同种玻璃射入空气发生全反射时，b 光的临界角小，a 光大，B 正确。发生双缝干涉时，$\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$，b 光波长小，相邻条纹间距 b 光小，a 光大，C 正确。在玻璃中的折射率 $n_b > n_a$，b 光的偏折程度大，D 错误。正确选项 BC。

9.（18 分）

(1) 如图所示，在高为 h 的平台边缘水平抛出小球 A，同时在水平地面上距台面边缘水平距离为 s 处竖直上抛小球 B，两球运动轨迹在同一竖直平面内，不计空气阻力，重力加速度为 g。若两球能在空中相遇，则小球 A 的初速度 v_A 应大于$s\sqrt{\frac{g}{2h}}$，A、B 两球初速度之比 $\frac{v_A}{v_B}$ 为$\frac{s}{h}$。



(2) 在探究合力的方法时，先将橡皮条的一端固定在水平木板上，另一端系上带有绳套的两根细绳。实验时，需要两次拉伸橡皮条，一次是通过两细绳用两个弹簧秤互成角度地拉橡皮条，另一次是用一个弹簧秤通过细绳拉橡皮条。

① 实验对两次拉伸橡皮条的要求中，下列哪些说法是正确的 _____（填字母代号）

（A）将橡皮条拉伸相同长度即可

（B）将橡皮条沿相同方向拉到相同长度

（C）将弹簧秤都拉伸到相同刻度

（D）将橡皮条和绳的结点拉到相同位置

② 同学们在操作过程中有如下议论,其中对减小实验误差有益的说法是 _____（填字母代号）

（A）两细绳必须等长

（B）弹簧秤、细绳、橡皮条都应与木板平行

（C）用两弹簧秤同时拉细绳时两弹簧秤示数之差应尽可能大

（D）拉橡皮条的细绳要长些，标记同一细绳方向的两点要远些

(3) 要测量电压表 V_1 的内阻 R_V，其量程为 2 V，内阻约 2 kΩ。实验室提供的器材有：

电流表 A，量程 0.6 A，内阻约 0.1 Ω；

电压表 V_2，量程 5 V，内阻为 5 kΩ；

定值电阻 R_1，阻值 30 Ω；

定值电阻 R_2，阻值为 3 kΩ；

滑动变阻器 R_3，最大阻值 100 Ω，额定电流 1.5 A；

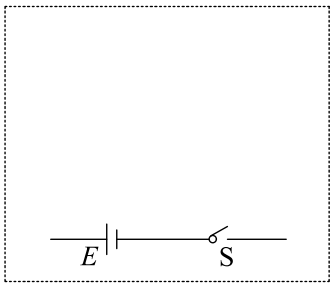
电源 E，电动势 6 V，内阻约 0.5 Ω；

开关 S 一个，导线若干。

① 有人拟将待测电压表 V_1 和电流表 A 串联接入电压合适的测量电路中，测出 V_1 的电压和电流，再计算出 R_V。该方案实际上不可行，其最主要的原因是 _____

② 请从上述器材中选择必要的器材，设计一个测量电压表 V_1 内阻 R_V 的实验电路。要求测量尽量准确，实验必须在同一电路中，且在不增减元件的条件下完成。试画出符合要求的实验电路图（图中电源与开关已连接好），并标出所选元件的相应字母代号：_____

③ 由上问写出 V_1 内阻 R_V 的表达方式，说明式中各测量量的物理意义。



(1) $s\sqrt{\frac{g}{2h}}$，$\frac{s}{h}$

(2) ① BD

② BD

(3) ① 电流表 A 不能准确测量出流过电压表 V_1 的电流

② 实验电路如图所示

③ $R_V=\frac{U_1R_2}{U_2-U_1}$，$U_1$ 表示 V_1 的电压，U_2 表示 V_1 和 R_2 串联的总电压

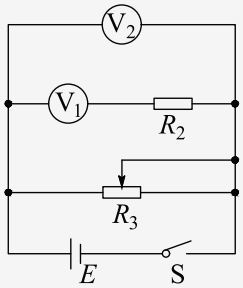
（1）由于 A 做平抛运动有 $s=v_At$，$h=\frac{1}{2}gt^2$，要使两球能在空中相遇，所用时间小于 t，所以 $v_A>s\sqrt{\frac{g}{2h}}$。由 $s=v_At'$，$h-h'=\frac{1}{2}gt'^2$，$h=v_Bt'-\frac{1}{2}gt'^2$，得 $\frac{v_A}{v_B}=\frac{s}{h}$。

（2）①实验中两次拉伸橡皮条要将橡皮条拉伸相同长，即将橡皮条和绳的结点拉到相同位置。

②为了减小实验误差，尽可能使弹簧秤、细绳、橡皮条与木板平行；为了能更好地确定力的方向，细绳要长些，标记同一细绳方向的两点要远些。

（3）①由于电压表的内阻很大，流过的电流较小，待测电压表 V_1 和电流表 A 串联接入电压合适的测量电路中，电流表 A 不能准确测量出流过电压表 V_1 的电流。

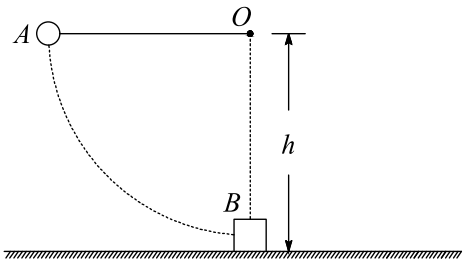
②由于电压表 V_1 接入电路后，由电流通过时其两端电压可以直接读出，因而利用串联分压的特点，选用标准电压表 V_2 和定值电阻 R_2，反复测量通过滑动变阻器 R_3 控制即可。测量电压表 V_1 内阻 R_V 的实验电路如图所示。



③根据串联电路的特点：$\frac{U_1}{R_V}=\frac{U_2-U_1}{R_2}$（式中 U_1 表示 V_1 的电压，U_2 表示 V_1 和 R_2

串联的总电压），所以 $R_V = \frac{U_1 R_2}{U_2 - U_1}$。

10. 如图所示，小球 A 系在细线的一端，线的另一端固定在 O 点，O 点到水平面的距离为 h。物块 B 质量是小球的 5 倍，置于粗糙的水平面上且位于 O 点的正下方，物块与水平面间的动摩擦因数为 μ。现拉动小球使线水平伸直，小球由静止开始释放，运动到最低点时与物块发生正碰（碰撞时间极短），反弹后上升至最高点时到水平面的距离为 $\frac{h}{16}$。小球与物块均视为质点，不计空气阻力，重力加速度为 g，求物块在水平面上滑行的时间 t。



$\frac{\sqrt{2gh}}{4\mu g}$

设小球的质量为 m，运动到最低点与物块碰撞前的速度大小为 v_1，取小球运动到最低点重力势能为零，根据机械能守恒有：

$mgh = \frac{1}{2}mv_1^2$ ……①

得：$v_1 = \sqrt{2gh}$。

设碰撞后小球反弹的速度大小为 v_1'，同理有：$mg\frac{h}{16} = \frac{1}{2}mv_1'^2$……②

得：$v_1' = \sqrt{\frac{gh}{8}}$。

设碰后物块的速度大小为 v_2，取水平向右为正方向，根据动量守恒定律有

$mv_1 = -mv_1' + 5mv_2$……③

得：$v_2 = \sqrt{\frac{gh}{8}}$……④

物块在水平面上所受摩擦力的大小为：$F = 5\mu mg$……⑤

设物块在水平面上滑行的时间为 t，根据动量定理有：$-Ft = 0 - 5mv_2$……⑥

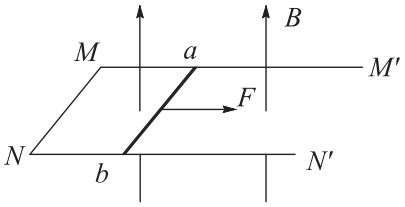
得：$t = \frac{\sqrt{2gh}}{4\mu g}$……⑦

11. 如图所示，质量 $m_1 = 0.1\,\mathrm{kg}$，电阻 $R_1 = 0.3\,\Omega$，长度 $l = 0.4\,\mathrm{m}$ 的导体棒 ab 横放在 U 型金属框架上。框架质量 $m_2 = 0.2\,\mathrm{kg}$，放在绝缘水平面上，与水平面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$，相距 $0.4\,\mathrm{m}$ 的 MM′、NN′ 相互平行，电阻不计且足够长。电阻 $R_2 = 0.1\,\Omega$ 的 MN 垂直于 MM′。整个装置处于竖直向上的匀强磁场中，磁感应强度 $B = 0.5\,\mathrm{T}$。垂直于 ab 施加 $F = 2\,\mathrm{N}$ 的水平恒力，ab 从静止开始无摩擦地运动，始终与 MM′、NN′ 保

持良好接触，当 ab 运动到某处时，框架开始运动。设框架与水平面间最大静摩擦力等于滑动摩擦力，g 取 $10\,\mathrm{m/s^2}$。

(1) 求框架开始运动时 ab 速度 v 的大小；

(2) 从 ab 开始运动到框架开始运动的过程中，MN 上产生的热量 $Q=0.1\,\mathrm{J}$，求该过程 ab 位移 x 的大小。



(1) $v=6\,\mathrm{m/s}$　(2) $x=1.1\,\mathrm{m}$

（1）ab 对框架的压力 $F_1=m_1g$……①

框架受水平面的支持力 $F_N=m_2g+F_1$……②

依题意，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，则框架受到最大静摩擦力 $F_2=\mu F_N$……③

ab 中的感应电动势 $E=Blv$……④

MN 中电流 $I=\frac{E}{R_1+R_2}$……⑤

MN 受到的安培力 $F_{安}=IlB$……⑥

框架开始运动时 $F_{安}=F_2$……⑦

由上述各式代入数据解得 $v=6\,\mathrm{m/s}$……⑧

（2）闭合回路中产生的总热量：$Q_{总}=\frac{R_1+R_2}{R_2}Q$……⑨

由能量守恒定律，得：$Fx=\frac{1}{2}m_1v^2+Q_{总}$……⑩

代入数据解得 $x=1.1\,\mathrm{m}$……⑪

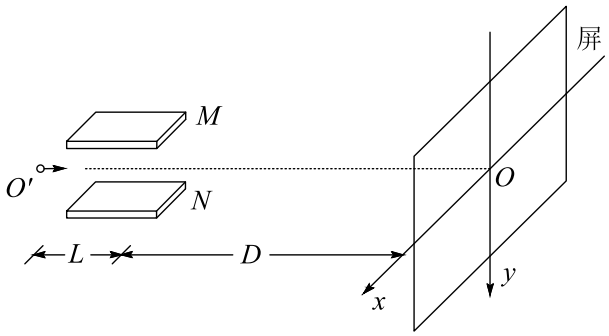
12. 质谱分析技术已广泛应用于各前沿科学领域。汤姆孙发现电子的质谱装置示意如图，M、N 为两块水平放置的平行金属极板，板长为 L，板右端到屏的距离为 D，且 D 远大于 L，O′O 为垂直于屏的中心轴线，不计离子重力和离子在板间偏离 O′O 的距离。以屏中心 O 为原点建立 xOy 直角坐标系，其中 x 轴沿水平方向，y 轴沿竖直方向。

上述装置中，保留原电场，再在板间加沿 $-y$ 方向的匀强磁场。现有电荷量相同的两种正离子组成的离子流，仍从 O′ 点沿 O′O 方向射入，屏上出现两条亮线。在两线上取 y 坐标相同的两个光点，对应的 x 坐标分别为 $3.24\,\mathrm{mm}$ 和 $3.00\,\mathrm{mm}$，其中 x 坐标大的光点是碳 12 离子击中屏产生的，另一光点是未知离子产生的。尽管入射离子速度不完全

相同，但入射速度都很大，且在板间运动时 O′O 方向的分速度总是远大于 x 方向和 y 方向的分速度。

(1) 设一个质量为 m_0、电荷量为 q_0 的正离子以速度 v_0 沿 O′O 的方向从 O′ 点射入，板间不加电场和磁场时，离子打在屏上 O 点。若在两极板间加一沿 $+y$ 方向场强为 E 的匀强电场，求离子射到屏上时偏离 O 点的距离 y_0；

(2) 假设你利用该装置探究未知离子，试依照以下实验结果计算未知离子的质量数。



(1) $\frac{q_0ELD}{m_0v_0^2}$ (2) 14

（1）离子在电场中受到的电场力 $F_y = q_0E$……①

离子获得的加速度 $a_y = \frac{F_y}{m_0}$……②

离子在板间运动的时间 $t_0 = \frac{L}{v_0}$……③

到达极板右边缘时，离子在 $+y$ 方向的分速度 $v_y = a_yt_0$……④

离子从板右端到达屏上所需时间 $t_0' = \frac{D}{v_0}$……⑤

离子射到屏上时偏离 O 点的距离 $y_0 = v_yt_0'$

由上述各式，得 $y_0 = \frac{q_0ELD}{m_0v_0^2}$……⑥

（2）设离子电荷量为 q，质量为 m，入射时速度为 v，磁场的磁感应强度为 B，磁场对离子的洛伦兹力 $F_x = qvB$……⑦

已知离子的入射速度都很大，因而离子在磁场中运动时间甚短。所经过的圆弧与圆周相比甚小，且在板间运动时 O′O 方向的分速度总是远大于在 x 方向和 y 方向的分速度，洛伦兹力变化甚微，故可作恒力处理，洛伦兹力产生的加速度 $a_x = \frac{qvB}{m}$……⑧

a_x 是离子在 x 方向的加速度，离子在 x 方向的运动可视为初速度为零的匀加速直线运动，到达极板右端时，离子在 x 方向的分速度 $v_x = a_xt = \frac{qvB}{m}\left(\frac{L}{v}\right) = \frac{qBL}{m}$……⑨

离子飞出极板到达屏时，在 x 方向上偏离 O 点的距离 $x = v_xt' = \frac{qBL}{m}\left(\frac{D}{v}\right) = \frac{qBLD}{mv}$……⑩

当离子的初速度为任意值时，离子到达屏上时的位置在 y 方向上偏离 O 点的距离为 y，考虑到⑥式，得 $y = \frac{qELD}{mv^2}$……⑪

由⑩、⑪ 两式得 $x^2 = \frac{k}{m}y$……⑫

其中 $k = \frac{qB^2LD}{E}$

上式表明，k 是与离子进入板间初速度无关的定值，对两种离子均相同，由题设条件知，x 坐标 3.24 mm 的光点对应的是碳 12 离子，其质量为 $m_1 = 12\,\mathrm{u}$，x 坐标 3.00 mm 的光点对应的是未知离子，设其质量为 m_2，由 ⑫ 式代入数据可得 $m_2 \approx 14\,\mathrm{u}$……⑬

故该未知离子的质量数为 14。