2019北京海淀高三二模

物理（反馈卷）

2019.05

13．关于花粉颗粒在液体中的布朗运动，下列说法正确的是

A．布朗运动能反映花粉颗粒内部分子的无规则运动

B．布朗运动就是液体分子的无规则运动

C．花粉颗粒越小，布朗运动越明显

D．温度足够低时，花粉颗粒的布朗运动可能停止

14．下列关于 α 粒子的说法正确的是

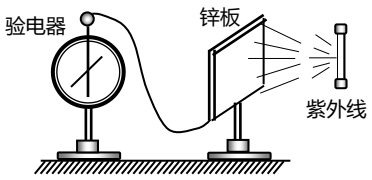
A．卢瑟福的 α 粒子散射实验说明了原子核有结构

B．放射性元素的 α 衰变中，α 粒子来自于原子核内部

C．α 粒子由四个质子和两个电子组成

D．铀 238 的原子核可直接通过放出 α 粒子成为铀 235 的原子核

15．如图所示，把一块不带电的锌板连接在验电器上，再用毛皮摩擦过的橡胶棒接触验电器使其指针张开。当用某频率的紫外线照射锌板时，发现验电器指针先闭合，再张开，下列说法正确的是



A．紫外线照射前验电器带负电，锌板不带电

B．紫外线照射后验电器指针闭合，是因为紫外线中含有正电荷

C．紫外线照射后验电器指针闭合，是因为有电子从锌板表面逸出

D．若改用红光照射锌板，验电器的指针也一定会闭合

16．图 1 所示为一列简谐横波在某时刻的波动图象，图 2 所示为该波中 x=1.5m 处质点 P 的振动图象，下列说法正确的是

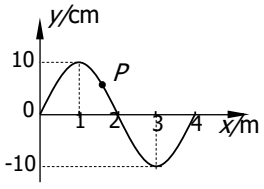


图 1

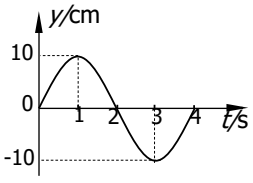


图 2

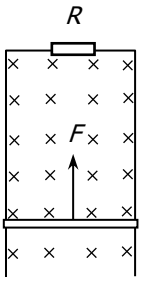
A．该波的波速为 2m/s

B．该波一定沿 x 轴负方向传播

C．t= 1.0s 时，质点 P 的加速度最小，速度最大

D．图 1 所对应的时刻可能是 t=0.5s

17．如图所示，竖直放置的两根平行金属导轨之间接有定值电阻 R，质量不能忽略的金属棒与两导轨始终保持垂直并良好接触，棒与导轨的电阻均不计，整个装置放在水平匀强磁场中，棒在竖直向上的恒力 F 作用下匀速上升的一段时间内，金属棒受恒定大小的滑动摩擦力 f，下列说法正确的是



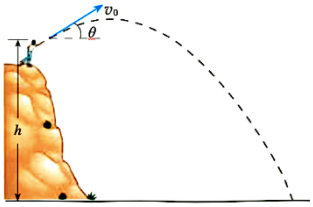
A．通过电阻 R 的电流方向水平向右，棒受到的安培力方向竖直向上

B．通过电阻 R 的电流方向水平向左，棒受到的安培力方向竖直向下

C．棒机械能增加量的大小等于棒克服重力所做的功

D．棒机械能的增加量等于恒力 F 和滑动摩擦力 f 做的总功

18．如图所示，把石块从高处抛出，初速度大小 v_0，抛出高度为 h，方向与水平方向夹角为 （0 ≤ <90°），石块最终落在水平地面上。若空气阻力可忽略，下列说法正确的是



A．对于不同的抛射角 ，石块落地的时间相同

B．对于不同的抛射角 ，石块落地时的水平射程相同

C．对于不同的抛射角 ，石块落地时的机械能相同

D．对于不同的抛射角 ，石块落地时重力的功率相同

19．某同学按如图 1 所示连接电路，利用电压传感器研究电容器的放电过程。先使开关 S 接 1，电容器充电完毕后将开关掷向 2，可视为理想电压表的电压传感器将电压信息传入计算机，屏幕上显示出电压随时间变化的 U-t 曲线，如图 2 所示。电容器的电容 C 已知，且从图中可读出最大放电电压 U_0，图线与坐标轴围成的面积 S、任一点的点切线斜率 k，但电源电动势、内电阻、定值电阻 R 均未知，根据题目所给的信息，下列物理量不能求出的是

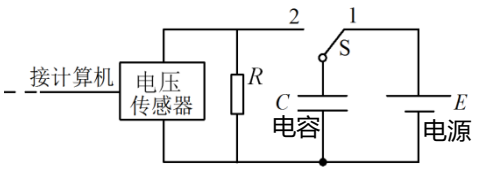


图 1

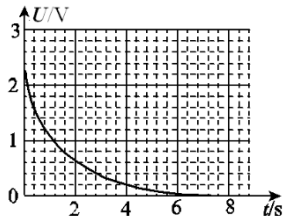


图 2

A．电容器放出的总电荷量　　B．电阻 R 两端的最大电流

C．定值电阻 R　　D．电源的电动势和内电阻

20．“通过观测的结果，间接构建微观世界图景”是现代物理学研究的重要手段，如通过光电效应实验确定了光具有粒子性。

弗兰克-赫兹实验是研究汞原子能量是否具有量子化特点的重要实验。实验原理如图 1 所示，灯丝 K 发射出初速度不计的电子，K 与栅极 G 间的电场使电子加速，GA 间加有 0.5V 电压的反向电场使电子减速，电流表的示数大小间接反映了单位时间内能到达 A 极电子的多少。在原来真空的容器中充入汞蒸汽后，发现 KG 间电压 U 每升高 4.9V 时，电流表的示数 I 就会显著下降，如图 2 所示。科学家猜测电流的变化与电子和汞原子的碰撞有关，玻尔进一步指出该现象应从汞原子能量量子化的角度去解释。下列说法**错误**的是

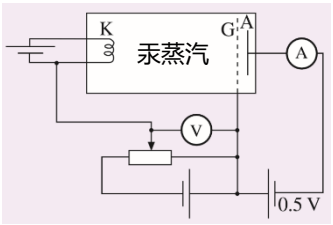


图 1

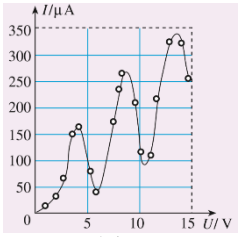


图 2

A．汞原子基态和第一激发态的能级之差可能是 4.9eV

B．KG 间电压低于 4.9V 时，电流随电压增大而上升，是因为电子能量越高，越容易克服反向电压到达 A 极

C．KG 间电压在 5~10V 之间时，出现电流随电压增大而上升的一段图线，是因为单位时间使汞原子发生跃迁的电子个数增加

D．即使 KG 间电压高于 4.9V，电子也存在始终不与汞原子发生碰撞的可能性

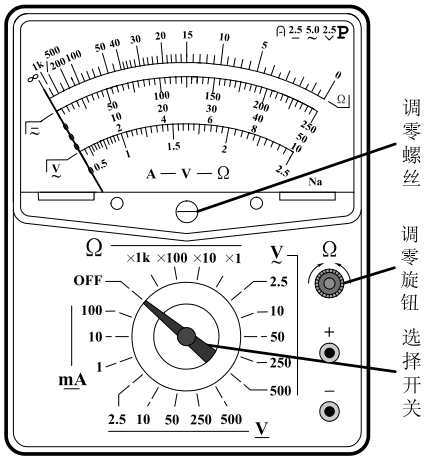
21．（18 分）

（1）如图所示为多用电表的示意图，现用它测量某一待测电阻，具体测量步骤如下：

① 调节_____，使电表指针停在表盘左侧的零刻度线处。

② 将选择开关旋转到“Ω”档的×100位置。

③ 将红、黑表笔分别插入“+”、“－”插孔，将两表笔_____，调节_____，使电表指针指向表盘的_____(填"0刻线"或"∞刻线")。



④将两表笔分别与待测电阻相接，发现指针偏转角度过小。为了得到比较准确的测量结果，请从下列选项中挑出合理的步骤，并按_____的顺序进行操作，再完成读数测量。

A．将*K*旋转到电阻挡"×1k"的位置

B．将*K*旋转到电阻挡"×10"的位置

C．将两表笔的金属部分分别与被测电阻的两根引线相接

D．将两表笔短接，旋动合适部件，对电表进行校准

⑤ 测量完毕，将选择开关旋转到“*OFF*”位置。

（2）某同学用如图1所示装置通过两球碰撞来验证动量守恒定律。实验时先使m_1球从斜槽上某一固定位置*S*由静止开始滚下，落到位于水平地面的记录纸上，留下痕迹。重复上述操作10次，得到10个落点痕迹。再把m_1球放在水平槽上靠近槽末端的地方，让m_1球仍从位置S由静止开始滚下，和m_2球碰撞后，A、B球分别在记录纸上留下各自的落点痕迹。重复这种操作10次，得到了如图所示的三个落地处.

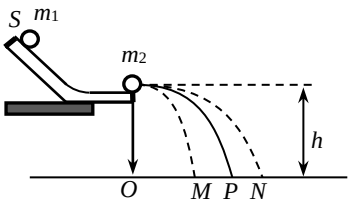


图 1

①请你叙述用什么方法找出落地点的平均位置？

②对于实验的操作要求，下列说法正确的是（　　）

A．m_1 球的质量一定大于 m_2 球的质量，m_1 球的半径可以大于 m_2 球的半径

B．斜槽轨道必须光滑

C．斜槽轨道末端可以不水平

D．将小球静止放在的轨道末端看小球是否滚动来检测斜槽轨道末端是否水平

E．每次实验中，m_A 球必须从同一位置静止释放。

F．本实验必需使用的器材有刻度尺、天平和秒表

③ 在某次实验中，测量出两小球的质量分别为 m_1、m_2，MP 的长度是 L_1，ON 的长度是 L_2，则在实验误差允许范围内，本实验验证动量守恒定律的表达式为_____，即说明两球碰撞遵守动量守恒定律。

④如图 2，将气垫导轨水平放置做“验证动量守恒定律”实验。碰撞时难免有能量损失，只有当某个物理量在能量损失较大和损失较小的碰撞中都不变，它才有可能是我们寻找的不变量。

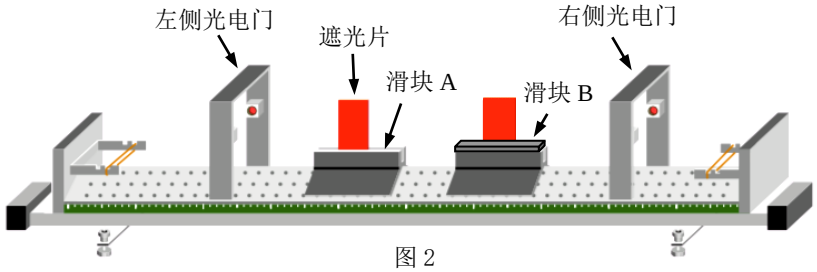


图 2

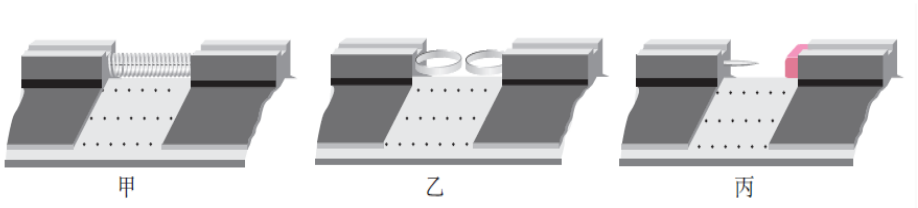


图 3

如图 3 甲所示，用细线将两个滑块拉近，把弹簧压缩，然后烧断细线，弹簧弹开后落下，两个滑块由静止向相反方向运动。如图 3 乙所示，在两滑块相碰的端面装上弹性碰撞架，可以得到能量损失很小的碰撞。在滑块的碰撞端贴胶布，可以增大碰撞时的能量损失。如果在两个滑块的碰撞端分别装上撞针和橡皮泥（图 3 丙），碰撞时撞针插入橡皮泥中，使两个滑块连成一体运动，这样的碰撞中能量损失很大。

若甲、乙、丙图中左侧滑块和右侧滑块的质量都为 m，两遮光片的宽度都为 d，光电门记录的遮光片挡光时间如下表所示。

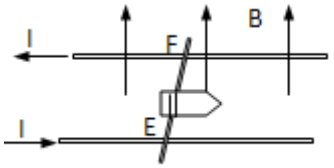
	状态	左侧光电门	右侧光电门
甲图装置	碰前	无	无
	碰后	T_1	T_2
乙图装置	碰前	T_3	无
	碰后	无	T_4
丙图装置	碰前	T_3	无
	碰后	无	T_6、T_6

a．根据实验数据，若采用乙图装置，碰后右侧滑块第一次通过光电门计时装置记录的挡光片挡光时间为 T_4。若采用丙图装置，碰后右侧滑块第一次通过光电门计时装置记录的挡光片挡光时间为 T_6。通过实验验证了这两次碰撞均遵守动量守恒定律，请你判断 T_4 和 T_6 的关系应为 T_4_____T_6（选填“>”、“<”或“=”）。

b．利用图甲所示的实验装置能否测出被压缩弹簧的弹性势能的大小？如果可以，请根据实验中能够测出的物理量写出表达式。

22．（16 分）

电磁轨道炮的加速原理如图所示。金属炮弹静止置于两固定的平行导电导轨之间，并与轨道接触良好。开始时炮弹在导轨的一端，通过电流后炮弹会被安培力加速，最后从导轨另一端的出口高速射出。设两导轨之间的距离 L，导轨长 s，炮弹质量 m。导轨上电流为 I，方向如图中箭头所示。若炮弹出口速度为 v，忽略摩擦力与重力的影响。求：



（1）炮弹在两导轨间的加速度大小 a；

（2）轨道间所加匀强磁场的磁感应强度为多大？

（3）磁场力的最大功率为多大。

23．(18分)

对于一些变化的物理量，平均值是衡量该物理量大小的重要的参数。比如在以弹簧振子为例的简谐运动中，弹簧弹力提供回复力，该力随着时间和位移的变化是周期性变化的，该力在时间上和位移上存在两个不同的平均值。弹力在某段时间内的冲量等于弹力在该时间内的平均力乘以该时间段；弹力在某段位移内做的功等于弹力在该位移内的平均值乘以该段位移。

如图 1 所示，光滑的水平面上，一根轻质弹簧一端和竖直墙面相连，另一端和可视为质点的质量为 m 的物块相连，已知弹簧的劲度系数为 k，O 点为弹簧的原长，重力加速度为 g。

该弹簧振子的振幅为 A。

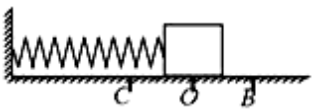


图 1

（1）①求出从 O 点到 B 点的过程中弹簧弹力做的功，以及该过程中弹力关于位移 x 的平均值的大小$\overline{F_x}$；

②弹簧振子的周期公式为$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$，求从 O 点到 B 点的过程中弹簧弹力的冲量以及该过程中弹力关于时间 t 的平均值的大小$\overline{F_t}$；

（2）如图 2 所示，阻值忽略不计，间距为 l 的两金属导轨 MN、PQ 平行固定在水平桌面上，导轨左端连接阻值为 R 的电阻，一阻值为 r 质量为 m 的金属棒 ab 跨在金属导轨上，与导轨接触良好，动摩擦因数为 μ，磁感应强度为 B 的磁场垂直于导轨平面向里，给金属棒一水平向右的初速度 v_0，金属棒运动一段时间后静止，水平位移为 x，导轨足够长，求整个运动过程中，安培力关于时间的平均值的大小$\overline{F_t}$。

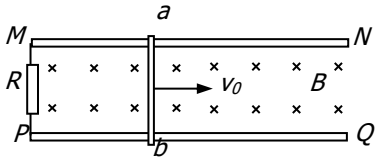


图 2

24-1．（20 分）

利用电场来控制带电粒子的运动,在现代科学实验和技术设备中有广泛的应用。如图 1 所示为电子枪的结构示意图,电子从炽热的金属丝中发射出来,在金属丝和金属板之间加一电压 U_0,发射出的电子在真空中加速后,沿电场方向从金属板的小孔穿出做直线运动。已知电子的质量为 m,电荷量为 e,不计电子重力及电子间的相互作用力。设电子刚刚离开金属丝时的速度为零。

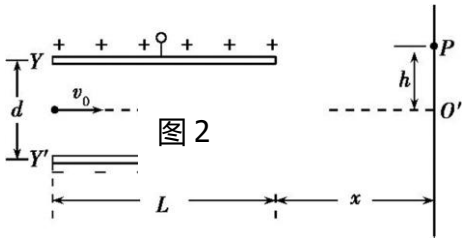


图 2

（1）求电子从金属板小孔穿出时的速度 v_0 的大小;

（2）示波器中的示波管是利用电场来控制带电粒子的运动。如图 2 所示,Y 和 Y' 为间距为 d 的两个偏转电极,两板长度均为 L,极板右侧边缘与屏相距 x,OO' 为两极板间的中线并与屏垂直,O 点为电场区域的中心点。接(1),从金属板小孔穿出的电子束沿 OO' 射入电场中,若两板间不加电场,电子打在屏上的 O' 点。为了使电子打在屏上的 P 点,P 与 O' 相距 h,已知电子离开电场时速度方向的反向延长线过 O 点。则需要在两极板间加多大的电压 U;

（3）某电子枪除了加速电子外，同时对电子束还有会聚作用，其原理可简化为图 3 所示。一球形界面外部空间中各处电势均为 ϕ_1，内部各处电势均为 ϕ_2（$\phi_2 > \phi_1$），球心位于 z 轴上 O 点。一束靠近 z 轴且关于 z 轴对称的电子流以相同的速度 v_1 平行于 z 轴射入该界面，由于电子只受到法线方向的作用力，其运动方向将发生改变，改变前后能量守恒。

①试推导给出电子进入球形界面后速度大小；

②类比光从空气斜射入水中，水相对于空气的折射率计算方法 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，若把上述球形装置称为电子光学聚焦系统，试求该系统球形界面内部相对于外部的折射率。

24-2. （20 分）

电子在电场中会受到电场力，电场力会改变电子的运动状态，电场力做功也对应着能量的转化。已知电子的质量为 m，电荷量为 $-e$，不计重力及电子之间的相互作用力，不考虑相对论效应。

（1）空间中存在竖直向上的匀强电场，一电子由 A 点以初速度 v_0 沿水平方向射入电场，轨迹如图 1 中虚线所示，B 点为其轨迹上的一点。已知电场中 A 点的电势为 ϕ_A，B 点的电势为 ϕ_B，求：

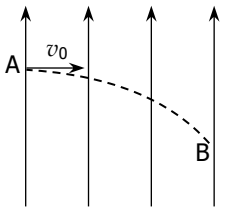


图 1

①电子在由 A 运动到 B 的过程中，电场力做的功 W_{AB};

②电子经过 B 点时，速度方向偏转角 θ 的余弦值 $\cos\theta$（速度方向偏转角是指末速度方向与初速度方向之间的夹角）。

（2）电子枪是示波器、电子显微镜等设备的基本组成部分，除了加速电子外，同时对电子束起到会聚的作用。

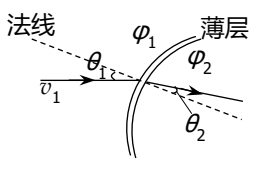


图 2

①电子束会聚的原理如图 2 所示，假设某一厚度极小的薄层左侧空间中各处电势均为 ϕ_1，右侧各处电势均为 ϕ_2（$\phi_2 > \phi_1$），某电子射入该薄层时，由于只受到法线方向的作用力，其运动方向将向法线方向偏折，偏折前后能量守恒。已知电子入射速度为 v_1，方向与法线的夹角为 θ_1，求它射出薄层后的运动方向与法线的夹角 θ_2的正弦值 $\sin\theta_2$。

②电子枪中某部分静电场的分布如图 3 所示，图中虚线 1、2、3、4 表示该电场在某平面内的一簇等势线，等势线形状相对于 z 轴对称。请判断等势面 1 和等势面 4 哪个电势高？对一束平行于 z 轴入射的电子，请结合能量守恒的观点、力与运动的关系简要分析说明该电场如何起到加速的作用？如何起到会聚的作用？

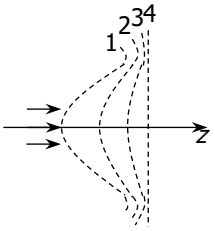


图 3

参考答案

13	14	15	16	17	18	19	20
C	B	C	D	C	C	D	C

21.

（1）①调零螺丝　　③短接　　调零旋钮　"0刻线"　　④ADC

（2）①多做几次试验，用尽可能小的圆把所有的小球落点都圈在里面，其圆心就是小球落点的平均位置

②DE　　③m_1 L_1= m_2 L_2　　④ a.　<　　b. 能，　$E_p=\frac{1}{2}(m\frac{d^2}{T_1^2}+m\frac{d^2}{T_2^2})$

22. （1）弹体在磁场力的作用下做匀加速直线运动，

$v^2-0=2as$　　$a=\frac{v^2}{2S}$

（2）$a=\frac{BIL}{m}$　　$B=\frac{mv^2}{2ILS}$

（3）$P=Fv=ma$　$v=\frac{mv^3}{2S}$

23. （2）①$F-x$ 图像中面积表示功，$W=-\frac{kA^2}{2}$　$F_x=\left|\frac{W}{A}\right|=\frac{KA}{2}$；

②因为 $F=-kx$：所以 $F-t$ 图像如右图所示；

从 O 点到 B 点根据动能定理，$W=-\frac{kA^2}{2}=0-\frac{mv^2}{2}$，$v=\sqrt{\frac{KA^2}{m}}$；

从 O 点到 B 点根据动量定理，$I=-F_t t=-F_t\frac{T}{4}=0-mv$　　$F_t=\frac{2}{\pi}kA$

（3）由动量定理可知，$I_A=\Sigma BlI\Delta t=\Sigma Blq$

$q=\bar{I}t=\frac{\bar{\varepsilon}}{R+r}t=n\frac{\Delta\varphi}{R+r}=\frac{Blx}{R+r}$　　$I_A=\frac{B^2l^2x}{R+r}$

$-\mu mgt-I_A=0-mv_0$　　$t=\frac{mv_0-\frac{B^2l^2x}{R+r}}{\mu mg}$　　$F_t=\frac{I_A}{t}=\frac{B^2l^2x\mu mg}{mv_0(R+r)-B^2l^2x}$

24-1.

(1)电子在电场中运动,根据动能定理 $eU_0=\frac{1}{2}mv_0^2$

解得电子穿出小孔时的速度 $v_0=\sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$

(2)电子进入偏转电场做类平抛运动,在垂直于极板方向做匀加速直线运动。设电子刚离开电场时垂直于极板方向偏移的距离为 y

根据匀变速直线运动规律 $y=\boxed{\frac{1}{2}gt^2}$

根据牛顿第二定律 $a=\boxed{\frac{Ee}{m}=\frac{Ue}{dm}}$

电子在水平方向做匀速直线运动 $L=v_0 t$

联立解得 $y=\boxed{\frac{UL^2}{4U_0 d}}$

由图可知 $\boxed{\frac{y}{h}=\frac{L/2}{L/2+x}}$ $\boxed{U=\frac{4dhU_0}{L(L+2x)}}$

（3）设电子穿过薄层后的速度为 v_2，电子穿过薄层的过程中，能量守恒：

$$\frac{1}{2}mv_1^2-e\varphi_1=\frac{1}{2}mv_2^2-e\varphi_2$$

可解得 $v_2=\sqrt{v_1^2+\frac{2e(\varphi_2-\varphi_1)}{m}}$

由于电子只受沿法线方向的作用力，其沿薄层方向速度不变，有：

$$v_1\sin\theta_1=v_2\sin\theta_2$$

则 $\sin\theta_2=\frac{v_1\sin\theta_1}{\sqrt{v_1^2+\frac{2e(\varphi_2-\varphi_1)}{m}}}$

球形内部相对于外部的折射率 $\boxed{n=\frac{sin\theta 1}{sin\theta 2}=\frac{\sqrt{v_1^2+\frac{2e(\varphi_2-\varphi_1)}{m}}}{v_1}}$

24-2.

（1）①A、B两点的电势差 $U_{AB}=\phi_A-\phi_B$

在电子由 A 运动到 B 的过程中电场力做的功 $W_{AB}=-eU_{AB}=e(\phi_B-\phi_A)$）

②设电子在 B 点处的速度大小为 v，根据动能定理

$$W_{AB}=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$$

由于 $v\cos\theta=v_0$

可得 $$\cos\theta=\frac{v_0}{v}=\frac{v_0}{\sqrt{v_0^2+\frac{2e(\varphi_B-\varphi_A)}{m}}}$$

（2）设电子穿过薄层后的速度为 v_2，由于电子只受法线方向的作用力，其沿薄层方向速度不变，有：

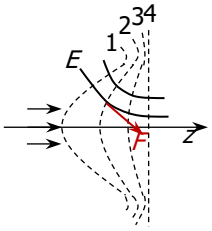
$$v_1\sin\theta_1=v_2\sin\theta_2$$

电子穿过薄层的过程中，能量守恒：

$$\frac{1}{2}mv_1^{\ 2}-e\varphi_1=\frac{1}{2}mv_2^{\ 2}-e\varphi_2$$

可解得： $$v_2=\sqrt{v_1^{\ 2}+\frac{2e\left(\varphi_2-\varphi_1\right)}{m}}$$

则： $$\sin\theta_2=\frac{v_1\sin\theta_1}{\sqrt{v_1^2+\frac{2e(\varphi_2-\varphi_1)}{m}}}$$ （1 分）



答图 1

②等势面 4 电势高（2 分）

电子运动过程中，电势升高，电势能减小，根据能量守恒的观点，电子的动能增加，实现加速。（1 分）

根据等势面的分布，可以画出电场线的分布如答图中实线所示，可以看出，电子在电场力的作用下，向 z 轴偏转，说明电场对电子起到会聚的作用。（1 分）