

2015年北京市高考物理试卷

参考答案与试题解析

一、选择题（共8小题，每小题6分，满分48分，在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。）

1. （6分）下列说法正确的是（ ）

- A. 物体放出热量，其内能一定减小
- B. 物体对外做功，其内能一定减小
- C. 物体吸收热量，同时对外做功，其内能可能增加
- D. 物体放出热量，同时对外做功，其内能可能不变

【考点】8F：热力学第一定律.

【专题】548：热力学定理专题.

【分析】做功和热传递都能改变内能；物体内能的增量等于外界对物体做的功和物体吸收热量的和，即： $\Delta U=Q+W$.

【解答】解：A、物体放出热量，若外界对物体做更多的功大于放出的热量，内能可能增加，故A错误；

B、物体对外做功，如同时从外界吸收的热量大于做功的数值，则内能增加，故B错误；

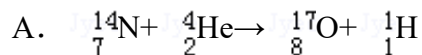
C、物体吸收热量，同时对外做功W，如二者相等，则内能可能不变，若 $Q>W$ ，则内能增加，若 $W>Q$ ，则内能减少，故C正确；

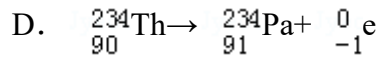
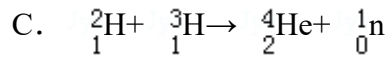
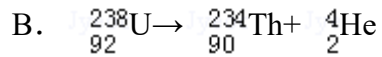
D、物体放出热量， $Q<0$ ，同时对外做功， $W<0$ ，则 $\Delta U<0$ ，故内能一定减少，故D错误。

故选：C。

【点评】热力学第一定律实质是能量守恒定律的特殊情况，要在理解的基础上记住公式： $\Delta U=W+Q$ ，同时要注意符号法则的应用。

2. （6分）下列核反应方程中，属于 α 衰变的是（ ）





【考点】JA：原子核衰变及半衰期、衰变速度。

【专题】54O：衰变和半衰期专题。

【分析】 α 衰变是指原子核分裂并只放射出氦原子核的反应过程，根据这一特定即可判断。

【解答】解：A、方程 ${}_7^{14}\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H}$ ；是人工核反应方程，是发现质子的核反应方程。故 A 错误；

B、方程 ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$ ，是 U 原子核分裂并只放射出氦原子核的反应过程，属于 α 衰变。故 B 正确；

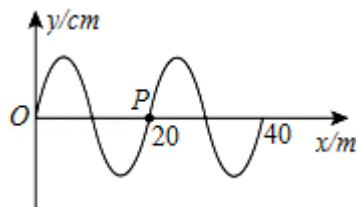
C、方程 ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$ ，是轻核的聚变反应。故 C 错误；

D、方程 ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + {}_{-1}^0\text{e}$ ，释放出一个电子，是 β 衰变的过程。故 D 错误。

故选：B。

【点评】该题考查 α 衰变的本质与常见的核反应方程，比较简单，在平时学习中要掌握衰变，裂变，聚变和几种粒子发现的方程式。

3. (6分) 周期为 2.0s 的简谐横波沿 x 轴传播，该波在某时刻的图象如图所示，此时质点 P 沿 y 轴负方向运动，则该波 ()



- A. 沿 x 轴正方向传播，波速 $v=20\text{m/s}$
- B. 沿 x 轴正方向传播，波速 $v=10\text{m/s}$
- C. 沿 x 轴负方向传播，波速 $v=20\text{m/s}$
- D. 沿 x 轴负方向传播，波速 $v=10\text{m/s}$

【考点】F4：横波的图象；F5：波长、频率和波速的关系。

【专题】51D：振动图像与波动图像专题。

【分析】根据 P 点的速度方向可运用波形平移法判断波的传播方向。由图读出波长，由 $v = \frac{\lambda}{T}$ 求出波速。

【解答】解：由题，此时 P 点向 y 轴负方向运动，根据平移法可知，波形将向右平移，则知，该波沿 x 轴正方向传播。

由图读出波长 $\lambda = 20\text{m}$ ，故波速 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{20}{2.0} = 10\text{m/s}$ 。故 B 正确。

故选：B。

【点评】本题结合波形图考查波长、波速与周期之间的关系，其中根据质点的振动方向判断波的传播方向、读出波长等是基本能力，要加强训练，熟练掌握。

4. （6分）假设地球和火星都绕太阳做匀速圆周运动，已知地球到太阳的距离小于火星到太阳的距离，那么（ ）
- A. 地球公转周期大于火星的公转周期
 - B. 地球公转的线速度小于火星公转的线速度
 - C. 地球公转的加速度小于火星公转的加速度
 - D. 地球公转的角速度大于火星公转的角速度

【考点】4F：万有引力定律及其应用；4H：人造卫星。

【专题】528：万有引力定律的应用专题。

【分析】根据万有引力提供向心力 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = ma$ ，解出线速度、周期、

向心加速度以及角速度与轨道半径大小的关系，据此讨论即可。

【解答】解：A、B、根据万有引力提供向心力 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ ，得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，

$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ 。由此可知，轨道半径越大，线速度越小、周期越大，由于地球到

太阳的距离小于火星到太阳的距离，所以 $v_{地} > v_{火}$ ， $T_{地} < T_{火}$ 。故 AB 错误。

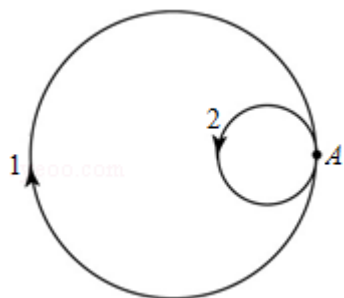
C、据万有引力提供向心加速度，得： $G\frac{Mm}{r^2}=ma$ ，可知轨道半径比较小的地球的向心加速度比较大。故 C 错误；

D、根据： $T=\frac{2\pi}{\omega}$ ，所以： $\omega=\frac{2\pi}{T}=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ，可知轨道半径比较小的地球的公转的角速度比较大。故 D 正确。

故选：D。

【点评】 本题考查万有引力定律的应用，要掌握万有引力提供向心力，并能够根据题意选择不同的向心力的表达式。

5. (6分) 实验观察到，静止在匀强磁场中 A 点的原子核发生 β 衰变，衰变产生的新核与电子恰在纸面内做匀速圆周运动，运动方向和轨迹示意图如图。则 ()



- A. 轨迹 1 是电子的，磁场方向垂直纸面向外
- B. 轨迹 2 是电子的，磁场方向垂直纸面向外
- C. 轨迹 1 是新核的，磁场方向垂直纸面向里
- D. 轨迹 2 是新核的，磁场方向垂直纸面向里

【考点】 CF：洛伦兹力；JA：原子核衰变及半衰期、衰变速度。

【专题】 54O：衰变和半衰期专题。

【分析】 静止的原子核发生 β 衰变，根据动量守恒可知，发生衰变后粒子与反冲核的运动方向相反，动量的方向相反，大小相等。由半径公式 $r=\frac{mv}{qB}=\frac{P}{qB}$ ，P 是动量，分析两个粒子半径轨迹半径之比。

【解答】 解：原子核发生 β 衰变时，根据动量守恒可知两粒子的速度方向相反，

动量的方向相反，大小相等；

由半径公式 $r = \frac{mv}{qB} = \frac{P}{qB}$ (P 是动量)，分析得知， r 与电荷量成反比， β 粒子与新核的电量大小分别为 e 和 ne (n 为新核的电荷数)，则 β 粒子与新核的半径之比为： $ne : e = n : 1$ 。所以半径比较大的轨迹 1 是衰变后 β 粒子的轨迹，轨迹 2 是新核的。

新核沿逆时针方向运动，在 A 点受到的洛伦兹力向左，由左手定则可知，磁场的方向向里。

由以上的分析可知，选项 D 正确，ABC 错误。

故选：D。

【点评】该题即使没有说明是 β 衰变也可根据粒子的速度的方向相反和两个粒子的运动的轨迹由左手定则可以分析判断粒子的带电的情况。

其中要注意的是电子的动量与新核的动量大小相等。

6. (6分) “蹦极”运动中，长弹性绳的一端固定，另一端绑在人身上，人从几十米高处跳下。将蹦极过程简化为人沿竖直方向的运动。从绳恰好伸直，到人第一次下降至最低点的过程中，下列分析正确的是 ()
- A. 绳对人的冲量始终向上，人的动量先增大后减小
 - B. 绳对人的拉力始终做负功，人的动能一直减小
 - C. 绳恰好伸直时，绳的弹性势能为零，人的动能最大
 - D. 人在最低点时，绳对人的拉力等于人所受的重力

【考点】 52：动量定理；6B：功能关系。

【专题】 52F：动量定理应用专题。

【分析】从绳子绷紧到人下降到最低点的过程中，开始时人的重力大于弹力，人向下加速；然后再减速，直至速度为零；再反向弹回；根据动量及功的知识可明确动量、动能和弹性势能的变化。

【解答】解：A、由于绳对人的作用力一直向上，故绳对人的冲量始终向上，由于人在下降中速度先增大后减小；故动量先增大后减小；故 A 正确；

B、在该过程中，拉力与运动方向始终相反，绳子的力一直做负功；但由分析可

知，人的动能先增大后减小；故 B 错误；

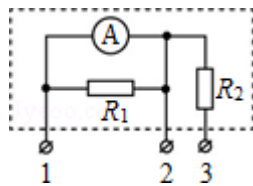
C、绳子恰好伸直时，绳子的形变量为零，弹性势能为零；但此时人的动能不是最大，故 C 错误；

D、人在最低点时，绳子对人的拉力一定大于人受到的重力；故 D 错误。

故选：A。

【点评】 本题考查变力作用下物体的运动情况分析，关键是明确人的运动过程，即可根据动量定理和动能定理进行分析求解。

7. (6分) 如图所示，其中电流表 A 的量程为 0.6A，表盘均匀划分为 30 个小格，每一小格表示 0.02A， R_1 的阻值等于电流表内阻的 $\frac{1}{2}$ ； R_2 的阻值等于电流表内阻的 2 倍。若用电流表 A 的表盘刻度表示流过接线柱 1 的电流值，则下列分析正确的是 ()



- A. 将接线柱 1、2 接入电路时，每一小格表示 0.04A
- B. 将接线柱 1、2 接入电路时，每一小格表示 0.02A
- C. 将接线柱 1、3 接入电路时，每一小格表示 0.06A
- D. 将接线柱 1、3 接入电路时，每一小格表示 0.01A

【考点】 NA：把电流表改装成电压表。

【专题】 535：恒定电流专题。

【分析】 对电路结构进行分析，再根据串并联电路规律即可明确流过 1 的电流大小，再根据比例即可求出每一小格所表示的电流大小。

【解答】 解：AB、当接线柱 1、2 接入电路时，电流表 A 与 R_1 并联，根据串并联电路规律可知， R_1 分流为 1.2A，故量程为 $1.2A+0.6A=1.8A$ ；故每一小格表示 0.06A；故 AB 错误；

CD、当接线柱 1、3 接入电路时，A 与 R_1 并联后与 R_2 串联，电流表的量程仍为 1.8A；故每一小格表示 0.06A；故 C 正确，D 错误；

故选：C。

【点评】 本题考查电表的改装，关键在于明确电路结构；特别是 CD 中要注意 R_2 对电流表的量程没有影响！

8. （6分）利用所学物理知识，可以初步了解常用的公交一卡通（IC卡）的工作原理及相关问题。IC卡内部有一个由电感线圈 L 和电容 C 构成的 LC 振荡电路。公交车上的读卡机（刷卡时“嘀”的响一声的机器）向外发射某一特定频率的电磁波。刷卡时，IC卡内的线圈 L 中产生感应电流，给电容 C 充电，达到一定的电压后，驱动卡内芯片进行数据处理和传输。下列说法正确的是（ ）

- A. IC卡工作所需要的能量来源于卡内的电池
- B. 仅当读卡机发射该特定频率的电磁波时，IC卡才能有效工作
- C. 若读卡机发射的电磁波偏离该特定频率，则线圈 L 中不会产生感应电流

D. IC卡只能接收读卡机发射的电磁波，而不能向读卡机传输自身的数据信息

【考点】 DB：楞次定律；G2：电磁波的产生。

【分析】 明确题意，根据电磁感应及电谐振规律进行分析，即可明确能量及 IC 卡的工作原理，即可解答本题。

【解答】 解：A、由题意可知，该能量来自于电磁感应，即人刷卡的机械能转化为电能；故 A 错误；

B、为了使 IC 卡中的感应电流达最大，应使 LC 电路产生电谐振，故只有发射特定频率的电磁波时，IC 卡才能有效工作；故 B 正确；

C、若电磁波的频率偏离该频率，L 中仍可出现感应电流，但不会达到电谐振；故 C 错误；

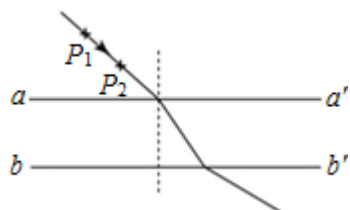
D、IC 卡接收到读卡机发射的电磁波，同时将自身数据信息发送给读卡机进行处理；故 D 错误。

故选：B。

【点评】 本题取材于我们身边最常用的 IC 卡考查电磁感应现象，要注意在学习
中注意掌握物理规律在生活中的应用。

二、非选择题

9. “测定玻璃的折射率”的实验中，在白纸上放好玻璃砖， aa' 和 bb' 分别是玻璃砖与空气的两个界面，如图所示，在玻璃砖的一侧插上两枚大头针 P_1 和 P_2 ，用“ \times ”表示大头针的位置，然后在另一侧透过玻璃砖观察并依次插上 P_3 和 P_4 。在插 P_3 和 P_4 时，应使（ ）



- A. P_3 只挡住 P_1 的像
- B. P_4 只挡住 P_2 的像
- C. P_3 同时挡住 P_1 、 P_2 的像
- D. 在 bb' 下方竖直插针 P_3 、 P_4 ，使 P_1P_2 所在直线与 P_3P_4 所在直线平行

【考点】 O3：测定玻璃的折射率。

【专题】 13：实验题；23：实验探究题；31：定性思想；46：实验分析法；
54D：光的折射专题。

【分析】 根据实验的原理，连接 P_1 、 P_2 表示入射光线，连接 P_3 、 P_4 表示出射光线，连接两光线与玻璃砖的交点，即为折射光线。

【解答】 解：

根据实验的原理，连接 P_1 、 P_2 表示入射光线，连接 P_3 、 P_4 表示出射光线，连接两光线与玻璃砖的交点，即为折射光线。实验的过程中，要先在白纸上放好玻璃砖，在玻璃砖的一侧插上两枚大头针 P_1 和 P_2 ，然后在玻璃砖另一侧观察，调整视线使 P_1 的像被 P_2 的像挡住，接着在眼睛所在一侧相继又插上两枚大头针 P_3 、 P_4 ，使 P_3 挡住 P_1 、 P_2 的像，使 P_4 挡住 P_3 和 P_1 、 P_2 的像。即在 bb' 下方竖直插针 P_3 、 P_4 ，使 P_1P_2 所在直线与 P_3P_4 所在直线平行：故 AB 错误，CD 正确。

故选：CD。

【点评】明确实验原理，知道用插针法测定玻璃砖折射率时，大头针间的距离和入射角都应适当大些，可减小角度引起的相对误差，提高精度。

10. (18分) 用单摆测定重力加速度的实验装置如图1所示。

(1) 组装单摆时，应在下列器材中选用 AD (选填选项前的字母)。

- A. 长度为1m左右的细线
- B. 长度为30cm左右的细线
- C. 直径为1.8cm的塑料球
- D. 直径为1.8cm的铁球

(2) 测出悬点O至小球球心的距离(摆长)L及单摆完成n次全振动所用的时间t，则重力加速度 $g = \frac{4n^2 \pi^2 L}{t^2}$ (用L、n、t表示)。

(3) 如表是某同学记录的3组实验数据，并做了部分计算处理。

组次	1	2	3
摆长 L/cm	80.00	90.00	100.00
50次全振动时间 t/s	90.0	95.5	100.5
振动周期 T/s	1.80	1.91	
重力加速度 g/(m·s ⁻²)	9.74	9.73	

请计算出第3组实验中的 $T = \underline{2.01}$ s, $g = \underline{9.76}$ m/s²。

(4) 用多组实验数据做出 $T^2 - L$ 图象，也可以求出重力加速度g，已知三位同学做出的 $T^2 - L$ 图线的示意图如图2中的a、b、c所示，其中a和b平行，b和c都过原点，图线b对应的g值最接近当地重力加速度的值。则相对于图线b，下列分析正确的是 B (选填选项前的字母)。

- A. 出现图线a的原因可能是误将悬点到小球下端的距离记为摆长L
- B. 出现图线c的原因可能是误将49次全振动记为50次
- C. 图线c对应的g值小于图线b对应的g值

(5) 某同学在家里测重力加速度，他找到细线和铁锁，制成一个单摆，如图3所示，由于家里只有一根量程为30cm的刻度尺，于是他在细线上的A点做

了一个标记，使得悬点 O 到 A 点间的细线长度小于刻度尺量程。保持该标记以下的细线长度不变，通过改变 O、A 间细线长度以改变摆长。实验中，当 O、A 间细线的长度分别为 l_1 、 l_2 时，测得相应单摆的周期为 T_1 、 T_2 。由此可得重力加速度 $g = \frac{4\pi^2(l_1 - l_2)}{T_1^2 - T_2^2}$ （用 l_1 、 l_2 、 T_1 、 T_2 表示）。

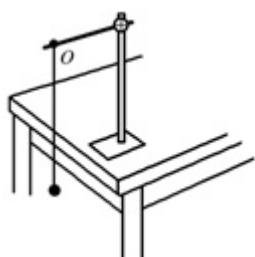


图 1

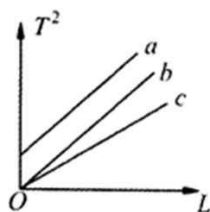


图 2

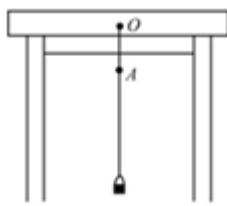


图 3

【考点】 MF：用单摆测定重力加速度。

【专题】 13：实验题。

【分析】 (1) 根据实验要求，摆长 1m 左右，体积较小的实心金属球；

(2) 根据单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 求解 g 的表达式。

(3) 单摆完成 N 次全振动的时间为 t ，所以 $T = \frac{t}{n}$ ，根据 $g = \frac{4n^2\pi^2L}{t^2}$ 即可计算出

重力加速度；

(4) 根据单摆的周期公式变形得出 T^2 与 L 的关系式，再分析 $T^2 - L$ 图象中 g 与斜率的关系，得到 g 的表达式。根据重力加速度的表达式，分析各图线与 b 之间的关系。

(5) 根据单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 分两次列式后联立求解即可。

【解答】 解：(1) 单摆在摆动过程中，阻力要尽量小甚至忽略不计，所以摆球选钢球；摆长不能过小，一般取 1m 左右。故 A、D 正确，B、C 错误。

故选：AD。

(2) 单摆完成 N 次全振动的时间为 t ，所以 $T = \frac{t}{n}$ ，测得悬点 O 至小球球心的距

离（摆长） L ，根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 解得： $g = \frac{4\pi^2L}{T^2} = \frac{4n^2\pi^2L}{t^2}$ ；

(3) 单摆完成 N 次全振动的时间为 t , 所以 $T = \frac{t}{n} = \frac{100.5}{50} = 2.01\text{s}$,

根据公式: $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} = \frac{4 \times 3.14^2 \times 1.0000}{2.01^2} = 9.76\text{m/s}^2$

(4) 根据单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 得, $T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g}$, 根据数学知识可知, $T^2 - L$

图象的斜率 $k = \frac{4\pi^2}{g}$, 当地的重力加速度 $g = \frac{4\pi^2}{k}$.

A、若测量摆长时忘了加上摆球的半径, 则摆长变成摆线的长度 l , 则有 $T^2 =$

$\frac{4\pi^2 L}{g} = \frac{4\pi^2(1+r)}{g} = \frac{4\pi^2 l}{g} + \frac{4\pi^2 r}{g}$, 根据数学知识可知, 对 $T^2 - L$ 图象来

说, $T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g} + \frac{4\pi^2 r}{g}$ 与 b 线 $T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g}$ 斜率相等, 两者应该平行, $\frac{4\pi^2 r}{g}$

是截距; 故做出的 $T^2 - L$ 图象中 a 线的原因可能是误将悬点到小球上端的距离记为摆长 L . 故 A 错误;

B、实验中误将 49 次全振动记为 50 次, 则周期的测量值偏小, 导致重力加速度的测量值偏大, 图线的斜率 k 偏小. 故 B 正确;

C、由图可知, 图线 c 对应的斜率 k 偏小, 根据 $T^2 - L$ 图象的斜率 $k = \frac{4\pi^2}{g}$, 当

地的重力加速度 $g = \frac{4\pi^2}{k}$ 可知, g 值大于图线 b 对应的 g 值. 故 C 错误.

故选: B.

(5) 根据单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, 设 A 点到锁头的重心之间的距离为 l_0 , 有:

第一次: $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1 + l_0}{g}}$

第二次: $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2 + l_0}{g}}$

联立解得: $g = \frac{4\pi^2(l_1 - l_2)}{T_1^2 - T_2^2}$

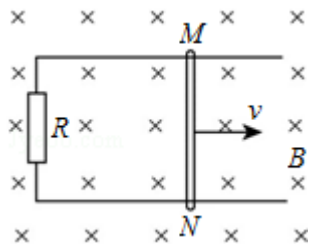
故答案为: (1) AD; (2) $\frac{4n^2\pi^2 L}{t^2}$; (3) 2.01, 9.76; (4) B; (5)

$$\frac{4\pi^2(l_1 - l_2)}{T_1^2 - T_2^2}$$

【点评】该题全面考查重力加速度的测量、数据的处理以及误差的分析，要掌握单摆的周期公式，从而求解重力加速度，摆长、周期等物理量之间的关系。

11. (16分) 如图所示，足够长的平行光滑金属导轨水平放置，宽度 $L=0.4\text{m}$ ，一端连接 $R=1\Omega$ 的电阻。导轨所在空间存在竖直向下的匀强磁场，磁感应强度 $B=1\text{T}$ 。导体棒 MN 放在导轨上，其长度恰好等于导轨间距，与导轨接触良好。导轨和导体棒的电阻均可忽略不计。在平行于导轨的拉力 F 作用下，导体棒沿导轨向右匀速运动，速度 $v=5\text{m/s}$ 。求：

- (1) 感应电动势 E 和感应电流 I ；
- (2) 在 0.1s 时间内，拉力的冲量 I_F 的大小；
- (3) 若将 MN 换为电阻 $r=1\Omega$ 的导体棒，其它条件不变，求导体棒两端的电压 U 。



【考点】BB：闭合电路的欧姆定律；CC：安培力；D9：导体切割磁感线时的感应电动势。

【专题】53C：电磁感应与电路结合。

【分析】(1) 由 $E=BLv$ 求出导体棒切割磁感线产生的感应电动势，由欧姆定律求出感应电流，根据右手定则判断感应电流的方向；

(2) 由 $F=BIL$ 求出导体棒受到的安培力，由左手定则判断出安培力的方向，然后由平衡条件求出拉力，并确定拉力的方向，由 $I=Ft$ 计算出拉力的冲量；

(3) 将 MN 换为电阻 $r=1\Omega$ 的导体棒时，由闭合电路的欧姆定律求出电流，然后由 $U=IR$ 即可求出导体棒两端的电压。

【解答】解：(1) 由法拉第电磁感应定律可得，感应电动势为：

$$E=BLv=1\times 0.4\times 5\text{V}=2.0\text{V}$$

感应电流为：

$$I = \frac{E}{R} = \frac{2.0}{1} \text{A} = 2\text{A}$$

根据右手定则得导体棒 MN 中电流的流向为：N→M；

(2) 由左手定则判断可知，MN 棒所受的安培力方向向左。

导体棒匀速运动，安培力与拉力平衡，则有：

$$F = BIL = 1 \times 2 \times 0.4 \text{N} = 0.8 \text{N},$$

拉力的冲量： $I_F = Ft = 0.8 \times 0.1 = 0.08 \text{N} \cdot \text{s}$

(3) 将 MN 换为电阻 $r = 1 \Omega$ 的导体棒，电路中的电流： $I' = \frac{E}{R+r} = \frac{2}{1+1} \text{A} = 1 \text{A}$

由欧姆定律： $U = I' \cdot R = 1 \times 1 = 1 \text{V}$

答：(1) 感应电动势是 2.0V，感应电流是 2A，方向导体棒 MN 中电流的流向为：N→M；

(2) 在 0.1s 时间内，拉力的冲量 I_F 的大小是 0.08N·s；

(3) 若将 MN 换为电阻 $r = 1 \Omega$ 的导体棒，其它条件不变，导体棒两端的电压是 1V。

【点评】本题是电磁感应知识与力平衡、欧姆定律简单的综合，掌握电磁感应的基本规律：法拉第电磁感应定律、欧姆定律和安培力是关键，会根据右手定则判断感应电流的方向，由左手定则判断安培力的方向。

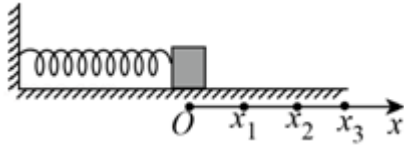
12. (18 分) 如图所示，弹簧的一端固定，另一端连接一个物块，弹簧质量不计，物块（可视为质点）的质量为 m ，在水平桌面上沿 x 轴运动，与桌面间的动摩擦因数为 μ ，以弹簧原长时物块的位置为坐标原点 O ，当弹簧的伸长量为 x 时，物块所受弹簧弹力大小为 $F = kx$ ， k 为常量。

(1) 请画出 F 随 x 变化的示意图；并根据 $F - x$ 图象求物块沿 x 轴从 O 点运动到位置 x 的过程中弹力所做的功。

(2) 物块由 x_1 向右运动到 x_3 ，然后由 x_3 返回到 x_2 ，在这个过程中，

a. 求弹力所做的功，并据此求弹性势能的变化量；

b. 求滑动摩擦力所做的功；并与弹力做功比较，说明为什么不存在与摩擦力对应的“摩擦力势能”的概念。



【考点】 6B: 功能关系.

【分析】 (1) 由胡克定律可得出对应的公式, 则可得出对应的图象; 再根据 $v-t$ 图象中面积表示位移进行迁移应用, 即可求得弹力做功;

(2) a、根据 (1) 中求出功的公式可分别求出两过程中弹力做功, 即可求出总功, 再由功能关系求解弹力做功情况;

b、根据摩擦力的特点求解摩擦力的功, 通过比较可明确能不能引入“摩擦力势能”。

【解答】 解: (1) $F-x$ 图象如图所示;

物块沿 x 轴从 O 点运动到位置 x 的过程中, 弹力做负功: $F-x$ 图线下的面积等于弹力做功大小;

$$\text{故弹力做功为: } W = -\frac{1}{2}kx \cdot x = -\frac{1}{2}kx^2$$

(2) a、物块由 x_1 向右运动到 x_3 的过程中, 弹力做功为:

$$W_{T1} = -\frac{1}{2}(kx_1+kx_3)(x_3-x_1) = \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_3^2;$$

物块由 x_3 运动到 x_2 的过程中, 弹力做功为:

$$W_{T2} = \frac{1}{2}(kx_2+kx_3)(x_3-x_2) = \frac{1}{2}kx_3^2 - \frac{1}{2}kx_2^2;$$

整个过程中弹力做功:

$$W_T = W_{T1} + W_{T2} = \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2;$$

弹性势能的变化量为:

$$\Delta E_p = -W_T = \frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2;$$

b、整个过程中, 摩擦力做功:

$$W_f = -\mu mg(2x_3 - x_1 - x_2)$$

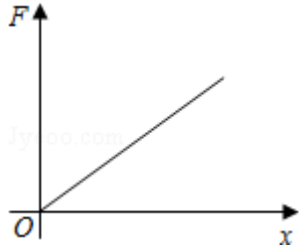
比较两力做功可知, 弹力做功与实际路径无关, 取决于始末两点间的位置; 因此我们可以定义一个由物体之间的相互作用力(弹力)和相对位置决定的能量——弹性势能;

而摩擦力做功与 x_3 有关，即与实际路径有关，因此不能定义与摩擦力对应的“摩擦力势能”。

答：（1）图象如图所示；弹力做功为： $-\frac{1}{2}kx^2$ ；

（2）弹性势能的变化量为 $\frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2$ ；摩擦力做功： $W_f = -\mu mg$

$(2x_3 - x_1 - x_2)$ ；不能引入“摩擦力势能”。



【点评】 本题考查功能关系的应用及图象的正确应用，在解决物理问题时一定要注意知识的迁移，通过本题可掌握求变力功的一种方法。

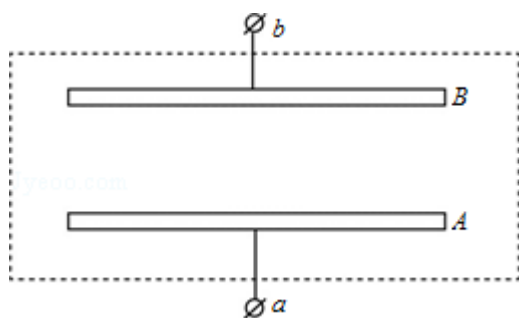
13. （20分）真空中放置的平行金属板可以用作光电转换装置，如图所示。光照前两板都不带电。以光照射 A 板，则板中的电子可能吸收光的能量而逸出。假设所有逸出的电子都垂直于 A 板向 B 板运动，忽略电子之间的相互作用。保持光照条件不变，a 和 b 为接线柱。已知单位时间内从 A 板逸出的电子数为 N ，电子逸出时的最大动能为 E_{km} 。元电荷为 e 。

（1）求 A 板和 B 板之间的最大电势差 U_m ，以及将 a、b 短接时回路中的电流 I 短。

（2）图示装置可看作直流电源，求其电动势 E 和内阻 r 。

（3）在 a 和 b 之间连接一个外电阻时，该电阻两端的电压为 U 。外电阻上消耗的电功率设为 P ；单位时间内到达 B 板的电子，在从 A 板运动到 B 板的过程中损失的动能之和设为 ΔE_k 。请推导证明： $P = \Delta E_k$ 。

（注意：解题过程中需要用到、但题目没有给出的物理量，要在解题中做必要的说明）



【考点】65：动能定理；BB：闭合电路的欧姆定律。

【专题】535：恒定电流专题。

【分析】（1）当电容器的电压达到最大值时，电子到上极板后速度刚好减小为零，根据动能定理列式求解最大电压；短路时单位时间有 N 个电子到达上极板，根据电流的定义求解电流强度；

（2）电源电动势等于断路时的路端电压，根据闭合电路欧姆定律求解电源的内电阻；

（3）根据电流的定义公式求解电流表达式，根据 $P=UI$ 求解外电阻消耗的电功率，根据动能定理求解单位时间内发射的光电子的动能的减小量后比较即可。

【解答】解：（1）由动能定理，有： $E_{km}=eU_m$ ，解得：

$$U_m = \frac{E_{km}}{e}$$

短路时所有溢出电子都到达 B 板，故短路电流：

$$I_{短} = Ne$$

（2）电源电动势等于断路时的路端电压，即上面求出的 U_m ，故：

$$E = U_m = \frac{E_{km}}{e}$$

电源的内电阻：

$$r = \frac{E}{I_{短}} = \frac{E_{km}}{Ne^2}$$

（3）电阻两端的电压为 U ，则电源两端的电压也为 U ；

由动能定理，一个电子经过电源内部电场后损失的动能为：

$$\Delta E_{ke} = eU$$

设单位时间内有 N' 个电子到达 B 板，则损失的动能之和为：

$$\Delta E_k = N'eU$$

根据电流的定义，此时电流：

$$I = N'e$$

此时流过电阻的电流也为 $I = N'e$ ，外电阻上消耗的电功率：

$$P = UI = N'eU$$

故 $P = \Delta E_k$ 。

答：（1）A 板和 B 板之间的最大电势差为 $\frac{E_{km}}{e}$ ，以及将 a、b 短接时回路中的电流为 Ne 。

（2）图示装置可看作直流电源，则其电动势 E 为 $\frac{E_{km}}{e}$ ，内阻 r 为 $\frac{E_{km}}{Ne^2}$ 。

（3）证明如上。

【点评】 本题关键是明确光电转换装置的工作原理，要能够结合电流的定义公式、动能定理和闭合电路欧姆定律列式分析，不难。