2015 年北京理综

1. 下列说法正确的是（C）

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

> 改变内能有两种方式——做功和热传递，由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 知，物体放出热量，内能不一定减少，物体对外做功，内能也不一定减少，故 A、B 错误；若物体吸收的热量大于对外做的功，内能可能增加，故 C 正确；物体放出热量，同时对外做功，其内能一定减少，故 D 错误。

2. 下列核反应方程中，属于 α 衰变的是（B）

A. ${}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \longrightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}$

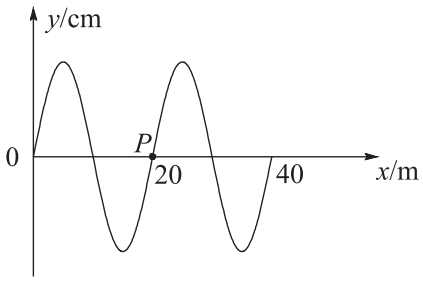
B. ${}^{238}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

C. ${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$

D. ${}^{234}_{90}\mathrm{Th} \longrightarrow {}^{234}_{91}\mathrm{Pa} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$

> 选项 A 是人工核反应，选项 B 是 α 衰变，选项 C 是核聚变反应，选项 D 是 β 衰变。

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



A. 沿 x 轴正方向传播，波速 $v = 20\,\mathrm{m/s}$

B. 沿 x 轴正方向传播，波速 $v = 10\,\mathrm{m/s}$

C. 沿 x 轴负方向传播，波速 $v = 20\,\mathrm{m/s}$

D. 沿 x 轴负方向传播，波速 $v = 10\,\mathrm{m/s}$

> 由前一质点带动后一质点振动的原理知，该波沿 x 轴正方向传播；由图象，这列波的波长为 20 m，所以波速 $v = \frac{\lambda}{T} = 10\,\mathrm{m/s}$，故 B 正确。

4. 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（D）

A. 地球公转周期大于火星的公转周期

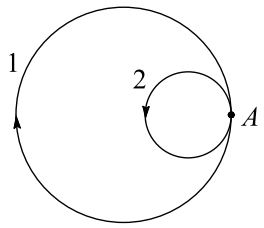
B. 地球公转的线速度小于火星公转的线速度

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

> 万有引力充当地球和火星绕太阳做圆周运动的向心力，则有 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$，$G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，$G\frac{Mm}{r^2}=ma$，$G\frac{Mm}{r^2}=m\omega^2r$，可得 $T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$，$a=\frac{GM}{r^2}$，$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，$\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$。地球到太阳的距离小于火星到太阳的距离，所以地球公转周期小于火星公转周期，地球公转的线速度、加速度、角速度均大于火星公转的线速度、加速度、角速度，故 A、B、C 错误，D 正确。

5. 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如图。则 (D)



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

> 洛伦兹力充当电子和新核做圆周运动的向心力，即 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，$r=\frac{mv}{qB}$。由动量守恒定律知，电子和新核的动量相等，新核的质量大于电子的质量，所以电子的轨迹半径大，轨迹 1 是电子的，轨迹 2 是新核的；由左手定则，磁场方向垂直于纸面向里。综上所述，D 正确。

6. “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)

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

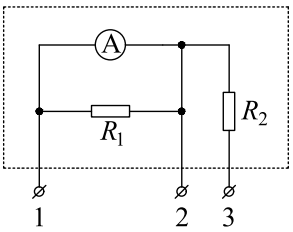
C. 绳恰好伸直时，绳的弹性势能为零，人的动能最大

D. 人在最低点时，绳对人的拉力等于人所受的重力

> 绳刚好伸直时，绳的拉力为零，人还要向下加速，此时人的动能不是最大，故 C 错误；当重力等于绳子拉力时，人的速度最大，之后人做减速运动，绳对人的拉力始终向上，所以绳对人的冲量始终向上，人的动量变化情形与速度变化情形一样，先增大

> 后减小，人的动能也是先增大后减小，故 A 正确、B 错误；人到最低点时，绳对人的拉力大于人所受的重力，故 D 错误。

7. 如图所示，其中电流表 A 的量程为 0.6 A，表盘均匀划分为 30 个小格，每一小格表示 0.02 A；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 (C)



A. 将接线柱 1、2 接入电路时，每一小格表示 0.04 A

B. 将接线柱 1、2 接入电路时，每一小格表示 0.02 A

C. 将接线柱 1、3 接入电路时，每一小格表示 0.06 A

D. 将接线柱 1、3 接入电路时，每一小格表示 0.01 A

> 将接线柱 1、2 接入电路时，通过 R_1 的电流是通过电流表的 2 倍，每一小格表示 $0.02\,\text{A} + 0.04\,\text{A} = 0.06\,\text{A}$，故 A、B 错误；将接线柱 1、3 接入电路时，通过 R_1 的电流仍然是通过电流表的 2 倍，每一小格仍然表示 0.06 A，故 C 正确、D 错误。

8. 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 (B)

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

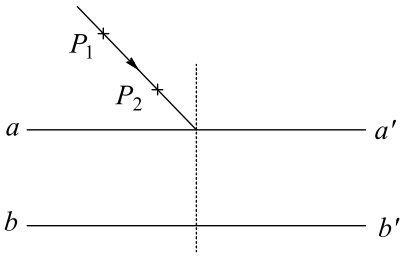
> IC 卡工作所需要的能量来自于读卡机，IC 卡本身没有能量，故 A 错误；由 IC 卡设计原理，只有当读卡机发射特定频率的电磁波时，IC 卡才能有效工作，故 B 正确；若读卡机发射的电磁波频率偏离特定频率，由电磁感应的原理，线圈 L 中也会有感应电流，故 C 错误；IC 卡可以向读卡机传输自身的数据信息，否则读卡机不能正常工作，故 D 错误。

9.（1）“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 甲 所示。在玻璃砖的一侧插上两枚大头针 P_1 和 P_2，用“+”表示大头针的位置，然后在另一侧透过玻璃砖观察，并依次插上大头针 P_3 和 P_4。在插 P_3 和 P_4 时，应使 C（选填选项前的字母）。

（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



图甲

（2）用单摆测定重力加速度的实验装置如图 乙 所示。

① 组装单摆时，应在下列器材中选用 A、D（选填选项前的字母）。

（A）长度为 1 m 左右的细线

（B）长度为 30 cm 左右的细线

（C）直径为 1.8 cm 的塑料球

（D）直径为 1.8 cm 的铁球

② 测出悬点 O 到小球球心的距离（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 $g=\frac{4\pi^2n^2L}{t^2}$（用 L、n、t 表示）。

③ 下表是某同学记录的 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 次全振动所用的时间 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 $T=2.01$ s，$g=9.76$ m/s^2。

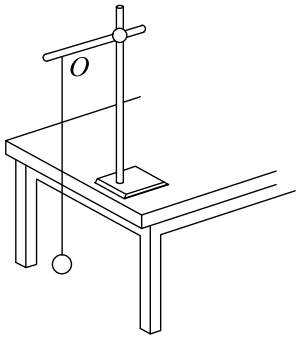
④ 用多组实验数据做出 T^2-L 图像，也可以求出重力加速度 g。已知三位同学做出的 T^2-L 图线的示意图如图 丙 中 a、b、c 所示，其中 a 和 b 平行，b 和 c 都过原点，图线 b 对应的 g 值最接近当地重力加速度的值。则相对于图线 b，下列分析正确的是 B（选填选项前的字母）。

（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

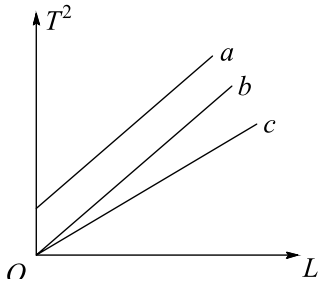
（B）出现图线 c 的原因可能是误将 49 次全振动记为 50 次

（C）图线 c 对应的 g 值小于图线 b 对应的 g 值

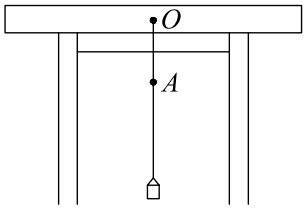
⑤ 某同学在家里测重力加速度。他找到细线和铁锁，制成一个单摆，如图 丁 所示。由于家里只有一根量程为 30 cm 的刻度尺，于是他在细线上的 A 点做了一个标记，使得悬点 O 到 A 点间的细线长度小于刻度尺量程。保持该标记以下的细线长度不变，通过改变 O、A 间细线长度以改变摆长。实验中，当 O、A 间细线的长度分别为 l_1、l_2 时，测得相应单摆的周期为 T_1、T_2。由此可得重力加速度 $g=\frac{4\pi^2(l_1-l_2)}{T_1^2-T_2^2}$（用 l_1、l_2、T_1、T_2 表示）。



图乙



图丙



图丁

(1) C　(2) ① A、D；② $\frac{4\pi^2n^2L}{t^2}$；③ 2.01，9.76；④ B；⑤ $\frac{4\pi^2(l_1-l_2)}{T_1^2-T_2^2}$

（1）由实验原理，插 P_3 时，应该同时挡住 P_1 和 P_2 的像，故 C 正确。

（2）①细线的长度要适当长一些，所以要选择 1 m 长的细线，故 A 正确、B 错误；为了减小相对误差，应该选择密度大的铁球，故 C 错误、D 正确。

②由单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$，可得 $g=\frac{4\pi^2L}{T^2}$，又 $T=\frac{t}{n}$，故 $g=\frac{4\pi^2n^2L}{t^2}$。

③第三组实验中，周期 $T=2.01\,\mathrm{s}$，加速度 $g=\frac{4\pi^2L}{T^2}=9.76\,\mathrm{m/s^2}$。

④出现图线 a 的原因是少记录了摆线的长度，而不是多记录了摆线的长度，故 A 错误；出现图线 c 的原因是周期小了，故 B 正确；图线斜率的倒数与 g 值成正比，c 的斜率小于 b 的斜率，故 c 对应的 g 值大于 b 对应的 g 值，C 错误。

⑤设 A 点以下细线长度与摆球半径之和为 x，由单摆的周期公式

$T_1=2\pi\sqrt{\frac{l_1+x}{g}}$，$T_2=2\pi\sqrt{\frac{l_2+x}{g}}$，

联立可得 $g=\frac{4\pi^2(l_1-l_2)}{T_1^2-T_2^2}$。

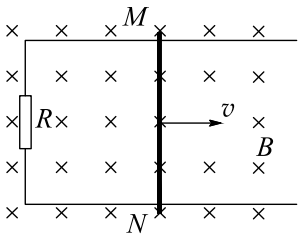
10. 如图所示，足够长的平行光滑金属导轨水平放置，宽度 $L=0.4\,\mathrm{m}$，一端连接 $R=1\,\Omega$ 的电阻。导轨所在空间存在竖直向下的匀强磁场，磁感应强度 $B=1\,\mathrm{T}$。导体棒 MN 放在导轨上，其长度恰好等于导轨间距，与导轨接触良好。导轨和导体棒的电阻均可忽略

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 $v=5\,\mathrm{m/s}$。求：

(1) 感应电动势 E 和感应电流 I；

(2) 在 $0.1\,\mathrm{s}$ 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。



(1) $E=2\,\mathrm{V}$，$I=2\,\mathrm{A}$ (2) $I_F=0.08\,\mathrm{N\cdot s}$ (3) $U=1\,\mathrm{V}$

（1）由法拉第电磁感应定律可得，感应电动势 $E=BLv=1\times0.4\times5\,\mathrm{V}=2\,\mathrm{V}$

感应电流 $I=\frac{E}{R}=\frac{2}{1}\,\mathrm{A}=2\,\mathrm{A}$

（2）拉力大小等于安培力大小 $F=BIL=1\times2\times0.4\,\mathrm{N}=0.8\,\mathrm{N}$

冲量大小 $I_F=F\Delta t=0.8\times0.1\,\mathrm{N\cdot s}=0.08\,\mathrm{N\cdot s}$

（3）由闭合电路欧姆定律可得，电路中电流 $I'=\frac{E}{R+r}=\frac{2}{2}\,\mathrm{A}=1\,\mathrm{A}$

由欧姆定律可得，导体棒两端电压 $U=I'R=1\,\mathrm{V}$

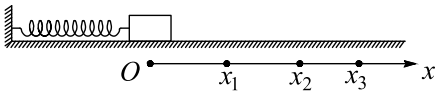
11. 如图所示，弹簧的一端固定，另一端连接一个物块，弹簧质量不计。物块（可视为质点）的质量为 m，在水平桌面上沿 x 轴运动，与桌面间的动摩擦因数为 μ。以弹簧原长时物块的位置为坐标原点 O，当弹簧的伸长量为 x 时，物块所受弹簧弹力大小为 $F=kx$，k 为常量。

(1) 请画出 F 随 x 变化的示意图；并根据 $F-x$ 图像求物块沿 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。

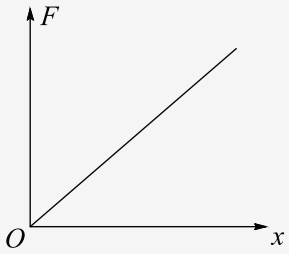


(1) $W=-\frac{1}{2}kx^2$　(2)（A）$\Delta E_p=\frac{1}{2}kx_2^2-\frac{1}{2}kx_1^2$；（B）$W_f=-\mu mg(2x_3-x_1-x_2)$，不存在与摩擦力对应的“摩擦力势能”

（1）$F-x$ 图像如图。

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，弹力做功

$W=-\frac{1}{2}kx\cdot x=-\frac{1}{2}kx^2$



（2）（A）物块由 x_1 向右运动到 x_3 的过程中，弹力做功

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

物块由 x_3 向左运动到 x_2 的过程中，弹力做功

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

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

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

（B）整个过程中，摩擦力做功

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

与弹力做功比较，弹力做功与 x_3 无关，即与实际路径无关，只与始末位置有关，所以，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 有关，即与实际路径有关，所以，不可以定义与摩擦力对应的“摩擦力势能”。

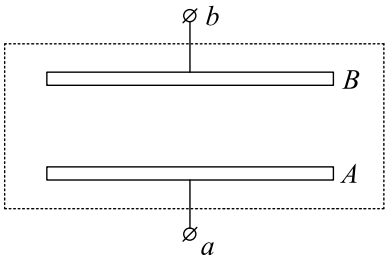
12. 真空中放置的平行金属板可以用作光电转换装置，如图所示。光照前两板都不带电。以光照射 A 板，则板中的电子可能吸收光的能量而逸出。假设所有逸出的电子都垂直于 A 板向 B 板运动，忽略电子之间的相互作用。保持光照条件不变。a 和 b 为接线柱。

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）



(1) $U_m=\frac{E_{km}}{e}$，$I_{短}=Ne$　(2) $E=\frac{E_{km}}{e}$，$r=\frac{E_{km}}{Ne^2}$　(3) 证明过程见详解，$P=\Delta E_k$

（1）由动能定理得：$E_{km}=eU$，可得 $U_m=\frac{E_{km}}{e}$

短路时所有逸出电子都到达 B 板，故短路电流 $I_{短}=Ne$

（2）电源的电动势等于断路时的路端电压，即上面求出的 U_m，所以 $E=U_m=\frac{E_{km}}{e}$

电源内阻：$r=\frac{E}{I_{短}}=\frac{E_{km}}{Ne^2}$

（3）外电阻两端的电压为 U，则电源两端的电压也是 U。

由动能定理，一个电子经电源内部电场后损失的动能为 $\Delta E_{\mathrm{ke}}=eU$

设单位时间内有 N' 个电子到达 B 板，则损失的动能之和 $\Delta E_k=N'\Delta E_{\mathrm{ke}}=N'eU$

根据电流的定义，此时电源内部的电流 $I=N'e$，

此时流过外电阻的电流也是 $I=N'e$，外电阻上消耗的电功率 $P=IU=N'eU$

所以 $P=\Delta E_k$