

## 2020年北京市高考物理考试逐题解析

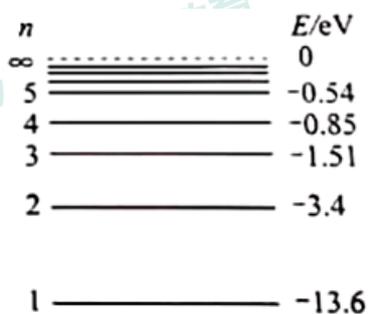
## 一、选择题（本题共 14 小题，共 42 分）

1. 以下现象不属于干涉的是
- A. 白光经过杨氏双缝得到彩色图样
- B. 白光照射肥皂膜呈现彩色图样
- C. 白光经过三棱镜得到彩色图样
- D. 白光照射水面油膜呈现彩色图样

【答案】C

【解析】A 选项属于双缝干涉现象，BD 选项均属于薄膜干涉现象，C 选项属于色散现象。故正确选项为 C。

2. 氢原子能级示意如图。现有大量氢原子处于  $n = 3$  能级上，下列说法正确的是



- A. 这些原子跃迁过程中最多可辐射出 2 种频率的光子
- B. 从  $n = 3$  能级跃迁到  $n = 1$  能级比跃迁到  $n = 2$  能级辐射的光子频率低
- C. 从  $n = 3$  能级跃迁到  $n = 4$  能级需吸收  $0.66eV$  的能量
- D.  $n = 3$  能级的氢原子电离至少需要吸收  $13.6eV$  的能量

【答案】C

【解析】A 选项，最多可以辐射出 3 种频率的光； B 选项， $n = 3$  与  $n = 1$  间的能量差比  $n = 3$  与  $n = 2$  间的能量差大，所以从  $n = 3$  能级跃迁到  $n = 1$  能级辐射的光子频率较高；从  $n = 3$  能级跃迁到  $n = 4$  能级需吸收  $\Delta E = E_4 - E_3 = (-0.85eV) - (-1.51eV) = 0.66 eV$  的能量； D 选项， $n = 3$  能级的氢原子电离至少需要吸收的能量为  $\Delta E = 0 - E_3 =$

$0 - (-1.51\text{eV}) = 1.51\text{eV}$ 的能量。故正确选项为 C。

3. 随着通信技术的更新换代，无线通信使用的电磁波频率更高，频率资源更丰富，在相同时间内能够传输的信息量更大。第 5 代移动通信技术（简称 5G）意味着更快的网速和更大的网络容载能力，“4G 改变生活，5G 改变社会”。与 4G 相比，5G 使用的电磁波

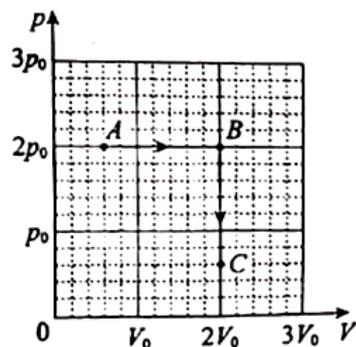
- A. 光子能量更大                      B. 衍射更明显  
C. 传播速度更大                      D. 波长更长

【答案】A

【解析】根据题目 5G 频率比较高。根据  $\varepsilon = h\nu$ ，5G 电磁波的光子光子能量较高，A 选项正确；B 选项频率越高，波长越短，衍射越不明显，B、D 选项错误；C 选项，所有电磁波在真空中传播速度相同，在同种介质中频率高的传播速度小，C 选项错误。故正确选项为 A。

4. 如图所示，一定量的理想气体从状态 A 开始，经历两个过程，先后到达状态 B 和 C。有关 A、B 和 C 三个状态温度  $T_A$ 、 $T_B$  和  $T_C$  的关系，正确的是

- A.  $T_A = T_B$ ,  $T_B = T_C$               B.  $T_A < T_B$ ,  $T_B < T_C$   
C.  $T_A = T_C$ ,  $T_B > T_C$               D.  $T_A = T_C$ ,  $T_B < T_C$



【答案】C

【解析】由图像可知从 A 到 B 是一个等压过程，根据盖-吕萨克定律  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ， $T_A < T_B$ ；B 到 C 是一个等容过程，根据查理定律  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ ， $T_B > T_C$ ；根据理想气体状态方程  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ ，可知  $T_A = T_C$ 。故正确选项为 C。

5. 我国首次火星探测任务被命名为“天问一号”。已知火星质量约为地球质量的 10%，半径约为地球半径的 50%，下列说法正确的是

- A. 火星探测器的发射速度应大于地球的第二宇宙速度

- B. 火星探测器的发射速度应介于地球的第一和第二宇宙速度之间  
 C. 火星的第一宇宙速度大于地球的第一宇宙速度  
 D. 火星表面的重力加速度大于地球表面的重力加速度

【答案】A

【解析】选项 AB，火星探测器要到达火星，其发射速度必须大于第二宇宙速度，这样才能脱离地球的引力范围，故 A 选项正确，B 选项错误；选项 C，第一宇宙速度为物体

在地面附近绕星球做匀速圆周运动的速度，则有  $\frac{GM_{火}m}{R_{火}^2} = \frac{mv^2}{R_{火}}$ ，得  $v_{火} = \sqrt{\frac{GM_{火}}{R_{火}}} =$

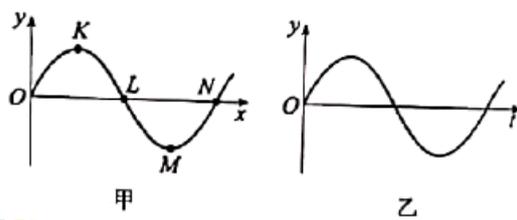
$\sqrt{\frac{G10\%M_{地}}{50\%R_{地}}} = \frac{\sqrt{5}}{5}v_{地}$ ，所以火星的第一宇宙速度小于地球的第一宇宙速度，故 C 选项错误；

选项 D，由于重力等于万有引力  $mg = \frac{GMm}{R^2}$ ， $g = \frac{GM}{R^2}$ ， $g_{火} = \frac{GM_{火}}{R_{火}^2} = \frac{G10\%M_{地}}{(50\%R_{地})^2} = 0.4g$ ，所

以火星表面重力加速度小于地球表面的重力加速度，故 D 选项错误。综上，正确选项为 A。

6. 一列简谐横波某时刻波形如图甲所示。由该时刻开始计时，质点 L 的振动情况如图乙所示。下列说法正确的是

- A. 该横波沿 x 轴负方向传播  
 B. 质点 N 该时刻向 y 轴负方向运动  
 C. 质点 L 经半个周期将沿 x 轴正方向移动  
 D. 该时刻质点 K 与 M 的速度、加速度都相同



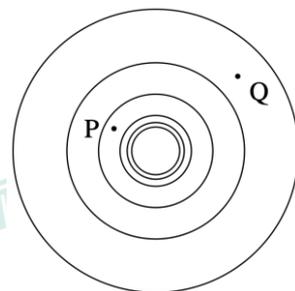
【答案】B

【解析】A 选项，由图乙可知，L 开始时向上运动，而 L 的左侧质点在 x 轴上方，说明波是向 x 轴正方向传播的，故 A 选项错误；B 选项，N 点距 L 点半个波长故速度方向与 L 相反，故 B 选项正确；C 选项，质点 L 只上下振动不会左右移动，故 C 选项错误；D

选项，K 点与 M 点分别处于最高点和最低点，速度相同都是零，但加速度指向平衡位置，方向不同，故 D 选项错误。综上，正确选项为 B。

7. 真空中某点电荷的等势面示意如图，图中相邻等势面间电势差相等。下列说法正确的是

- A. 该点电荷一定为正电荷
- B. P 点的场强一定比 Q 点的场强大
- C. P 点电势一定比 Q 点电势低
- D. 正检验电荷在 P 点比在 Q 点的电势能大

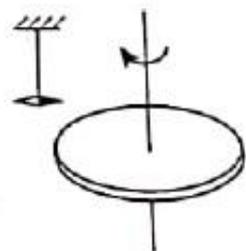


【答案】B

【解析】A 选项，图中只画出了等势面，可能是正点电荷也可能是负点电荷，故 A 选项错误；B 选项，等势面越密集的地方，场强越大，故 B 选项正确；C 选项，由于未知场源电荷的电性，不能判断电势高低，故 C 选项错误；D 选项，由于未知场源电荷的电性，不能判断电势高低，从而不能判断正检验电荷在哪个位置处电势能大，故 D 选项错误。综上，正确选项为 B。

8. 如图所示，在带负电荷的橡胶圆盘附近悬挂一个小磁针。现驱动圆盘绕中心轴高速旋转，小磁针发生偏转。下列说法正确的是

- A. 偏转原因是圆盘周围存在电场
- B. 偏转原因是圆盘周围产生了磁场
- C. 仅改变圆盘的转动方向，偏转方向不变
- D. 仅改变圆盘所带电荷的电性，偏转方向不变

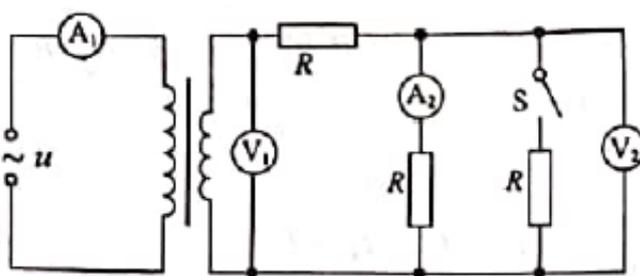


【答案】B

【解析】A 选项，带电圆盘周围存在电场，但是电场对小磁针没有力的作用，不会使得小磁针偏转，故 A 选项错误；B 选项，带电圆盘旋转形成环形电流，其产生的磁场使得空间中的磁场方向发生改变，导致小磁针指向发生偏转，故 B 选项正确；C 选项，若仅

改变圆盘转动的方向，圆盘产生的环形电流方向将反向，由安培定则可知，圆盘产生的磁场方向也会发生改变，所以小磁针的偏转方向与之前不同，故 C 选项错误；D 选项，若仅改变圆盘所带电荷的电性，圆盘产生的环形电流方向将反向，由安培定则可知，圆盘产生的磁场方向也会发生改变，所以小磁针的偏转方向与之前不同，故 D 选项错误；综上所述，正确选项为 B。

9. 如图所示，理想变压器原线圈接在  $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$  的交流电源上，副线圈接三个阻值相同的电阻  $R$ ，不计电表内电阻影响。闭合开关 S 后

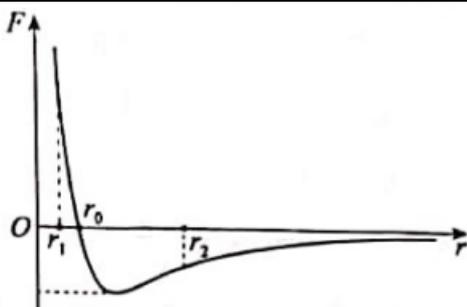


- A. 电流表  $A_2$  的示数减小      B. 电压表  $V_1$  的示数减小  
C. 电压表  $V_2$  的示数不变      D. 电流表  $A_1$  的示数不变

【答案】A

【解析】变压器原线圈电压决定副线圈电压。故闭合 S 后，原线圈电压  $u$  的有效值不变，电压表  $V_1$  测量副线圈电压，其值也不变，故 B 选项错误；闭合 S 后，副线圈总电阻变小，总电流增大，故副线圈中干路电流变大，干路电阻  $R$  分压变大，电压表  $V_2$  示数变小，故 C 选项错误；电压表  $V_2$  示数减小，电流表  $A_2$  示数也减小，故 A 选项正确；副线圈总电流变大，原线圈总电流也变大，故 D 选项错误。综上所述，正确选项为 A。

10. 分子力  $F$  随分子间距离  $r$  的变化如图所示。将两分子从相距  $r = r_2$  处释放，仅考虑这两个分子间的作用，下列说法正确的是

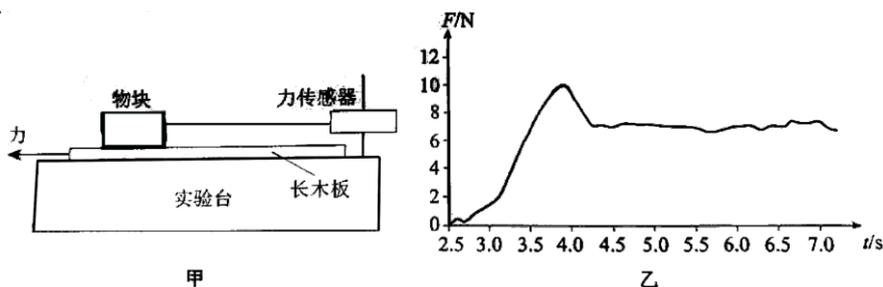


- A. 从  $r = r_2$  到  $r = r_0$  分子间引力、斥力都在减小
- B. 从  $r = r_2$  到  $r = r_1$  分子力的大小先减小后增大
- C. 从  $r = r_2$  到  $r = r_0$  分子势能先减小后增大
- D. 从  $r = r_2$  到  $r = r_1$  分子动能先增大后减小

【答案】D

【解析】A 选项，根据分子间相互作用力的特点，分子间的引力和斥力都随着分子间距离的减小而增大，故 A 选项错误；B 选项，根据图像，从  $r_2$  到  $r_1$  的过程，分子间的作用力是先增大，再减小，再增大，故 B 选项错误；C 选项， $r_2$  到  $r_0$  分子间体现为引力，分子力做正功，分子势能一直减小，故 C 选项错误；D 选项，由  $r_2$  到  $r_0$  的过程中，分子间作用力体现为引力，做正功，经过  $r_0$  之后体现为斥力，做负功，所以分子势能先减小，后增大，再根据能量守恒，分子势能与分子动能的总和不变，所以分子动能先增大后减小，故 D 选项正确。综上，正确选项为 D。

11. 图某同学利用图甲所示装置研究摩擦力的变化情况。实验台上固定一个力传感器，传感器用棉线拉住物块，物块放置在粗糙的长木板上。水平向左拉木板，传感器记录的  $F-t$  图像如图乙所示。下列说法正确的是



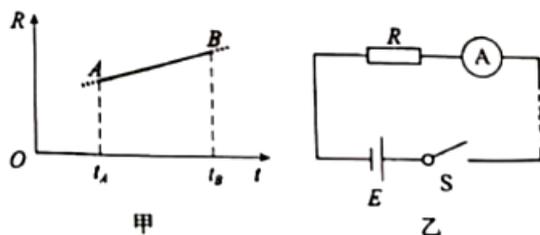
- A. 实验中必须让木板保持匀速运动

- B. 图乙中曲线就是摩擦力随时间的变化曲线
- C. 最大静摩擦力与滑动摩擦力之比约为 10:7
- D. 只用图乙中数据可得出物块与木板间的动摩擦因数

【答案】C

【解析】A 选项，保持物体静止，与木板产生相对运动趋势或相对运动即可，与木板运动状态无关，故 A 选项错误；B 选项，是棉线拉力的图像，故 B 选项错误；C 选项，对物块受力分析，由受力平衡可知  $F = f$ ，且最大值对应最大静摩擦  $f$ ，由图像得，最大静摩擦  $f = 10\text{N}$ ，平稳属于滑动摩擦力，由图像知约为  $7\text{N}$ ，所以最大静摩擦力与滑动摩擦力之比约为 10:7，故 C 选项正确；D 选项，根据  $f_{\text{滑}} = \mu N$ ，由于缺少正压力的相关数据，无法计算物块与木板间的动摩擦因数，故 D 选项错误。综上，正确选项为 C。

12. 图甲表示某金属丝的电阻  $R$  随摄氏温度  $t$  变化的情况。把这段金属丝与电池、电流表串联起来（图乙），用这段金属丝做测温探头，把电流表的刻度改为相应的温度刻度，就得到了一个简易温度计。下列说法正确的是



- A.  $t_A$  应标在电流较大的刻度上，且温度与电流是线性关系
- B.  $t_A$  应标在电流较大的刻度上，且温度与电流是非线性关系
- C.  $t_B$  应标在电流较大的刻度上，且温度与电流是线性关系
- D.  $t_B$  应标在电流较大的刻度上，且温度与电流是非线性关系

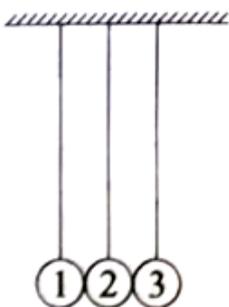
【答案】B

【解析】由甲图可得， $R$  随温度升高而增大。设  $R = kt + R_0$  ①，由乙图得  $I = \frac{E}{R+r+R_A}$

②, ①②联立得  $t = \frac{E}{kI} - \frac{R_0+r+R_A}{k}$ 。所以温度与电流是非线性关系。又因为  $t_A < t_B$ ,  $R_A < R_B$ , 所以  $I_A > I_B$ 。即  $t_A$  对应电流较大的刻度。故正确选项为 B。

13. 在同一竖直平面内, 3 个完全相同的小钢球 (1 号、2 号、3 号) 悬挂于同一高度; 静止时小球恰能接触且悬线平行, 如图所示。在下列实验中, 悬线始终保持绷紧状态, 碰撞均为对心正碰。以下分析正确的是

- A. 将 1 号移至高度  $h$  释放, 碰撞后, 观察到 2 号静止、3 号摆至高度  $h$ 。若 2 号换成质量不同的小钢球, 重复上述实验, 3 号仍能摆至高度  $h$
- B. 将 1、2 号一起移至高度  $h$  释放, 碰撞后, 观察到 1 号静止, 2、3 号一起摆至高度  $h$ , 释放后整个过程机械能和动量都守恒
- C. 将右侧涂胶的 1 号移至高度  $h$  释放, 1、2 号碰撞后粘在一起, 根据机械能守恒, 3 号仍能摆至高度  $h$
- D. 将 1 号和右侧涂胶的 2 号一起移至高度  $h$  释放, 碰撞后, 2、3 号粘在一起向右运动, 未能摆至高度  $h$ , 释放后整个过程机械能和动量都不守恒



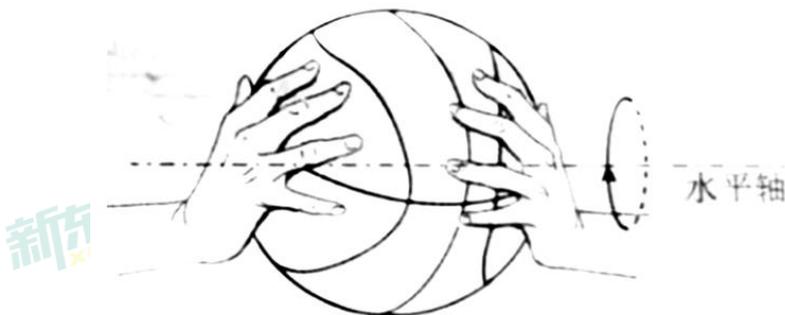
【答案】D

【解析】A 选项, 根据碰撞的重要结论: 弹性碰撞且质量相等, 则速度交换, 若 2 号球质量不同, 则 1、2 号球碰撞后不发生速度交换, 1 号球仍有一定的速度与动能, 根据能量守恒, 3 号球不可能摆到高度  $h$ , 故 A 选项错误; B 选项, 整个过程无机械能损失, 所以机械能守恒, 但小球摆动过程中动量不守恒, 只有碰撞过程动量守恒, 故 B 选项错误; C 选项, 碰撞后粘在一起, 则有机械能损失, 故 3 号球不能摆到高度  $h$ , 故 C 选项错误; D 选项, 碰撞后, 2、3 号小球粘在一起, 所以机械能不守恒, 不能摆到高度

**h**，摆动过程中动量不守恒，故 **D** 选项正确。综上，正确选项为 **D**。

14. 在无风的环境，某人在高处释放静止的篮球，篮球竖直下落；如果先让篮球以一定的角速度绕过球心的水平轴转动（如图）再释放，则篮球在向下掉落的过程中偏离竖直方向做曲线运动。其原因是，转动的篮球在运动过程中除受重力外，还受到空气施加的阻力  $f_1$  和偏转力  $f_2$ 。这两个力与篮球速度  $v$  的关系大致为： $f_1 = k_1 v^2$ ，方向与篮球运动方向相反； $f_2 = k_2 v$ ，方向与篮球运动方向垂直。下列说法正确的是

- A.  $k_1$ 、 $k_2$  是与篮球转动角速度无关的常量
- B. 篮球可回到原高度且角速度与释放时的角速度相同
- C. 人站得足够高，落地前篮球有可能向上运动
- D. 释放条件合适，篮球有可能在空中持续一段水平直线运动



**【答案】C**

**【解析】**若篮球不转动,则没有偏转力 $f_2$ ,  $k_2 = 0$ , 所以 $k_2$ 与转动角速度有关, 故 A 选项错误;  $f_1$ 与速度方向相反, 做负功, 机械能有损失, 所以不会回到原来的高度且角速度相同, 故 B 选项错误; 随着篮球下落, 偏转力 $f_2$ 使篮球速度有水平分量,  $f_1$ 与 $f_2$ 的合力在竖直方向的分力增加, 运动过程足够长时, 竖直方向最终可能会有向上的分速度, 故 C 选项正确; 若篮球水平运动, 偏转力 $f_2$ 与重力平衡, 因为有阻力 $f_1$ , 使速度减小, 所以偏转力 $f_2$ 也减小, 不可能持续水平运动, 故 D 选项错误。综上, 正确选项为 C。

## 二、实验题（本题共 2 小题，共 18 分）

15.（9 分）

在“探究加速度与物体受力、物体质量的关系”实验中，做如下探究：

（1）为猜想加速度与质量的关系，可利用图 1 所示装置进行对比实验。两小车放在水平板上，前端通过钩码牵引，后端各系一条细线，用板擦把两条细线按在桌上，使小车静止。抬起板擦，小车同时运动，一段时间后按下板擦，小车同时停下。对比两小车的位移，可知加速度与质量大致成反比。关于实验条件，下列正确的是：\_\_\_\_\_（选填选项前的字母）。

- A. 小车质量相同，钩码质量不同
- B. 小车质量不同，钩码质量相同
- C. 小车质量不同，钩码质量不同

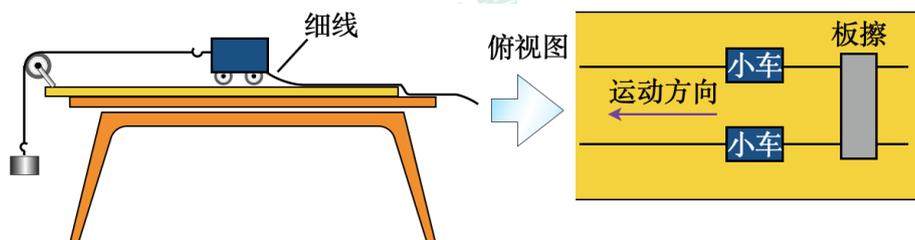


图 1

（2）某同学为了定量验证（1）中得到的初步关系，设计实验并得到小车加速度 $a$ 与质量 $M$ 的 7 组实验数据，如下表所示。在图 2 所示的坐标纸上已经描好了 6 组数据点，请将余下的一组数据描在坐标纸上，并作出 $a - \frac{1}{M}$ 图像。

次数	1	2	3	4	5	6	7
$a/ (m \cdot s^{-2})$	0.62	0.56	0.48	0.40	0.32	0.24	0.15
$M/kg$	0.25	0.29	0.33	0.40	0.50	0.71	1.00

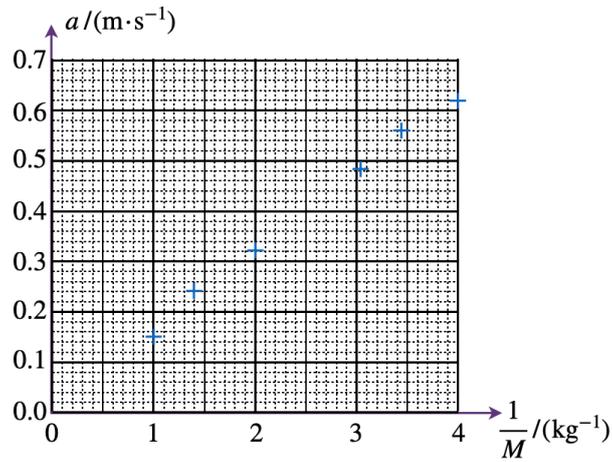


图 2

(3) 在探究加速度与力的关系实验之前，需要思考如何测“力”。请在图 3 中画出小车受力的示意图。为了简化“力”的测量，下列说法正确的是：\_\_\_\_\_（选填选项前的字母）。

- A. 使小车沿倾角合适的斜面运动，小车受力可等效为只受绳的拉力
- B. 若斜面倾角过大，小车所受合力将小于绳的拉力
- C. 无论小车运动的加速度多大，砂和桶的重力都等于绳的拉力
- D. 让小车的运动趋近于匀速运动，砂和桶的重力才近似等于绳的拉力

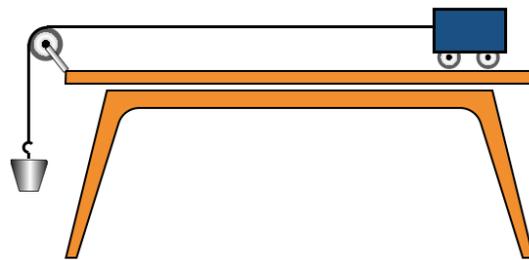
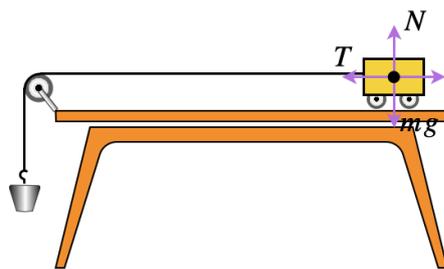
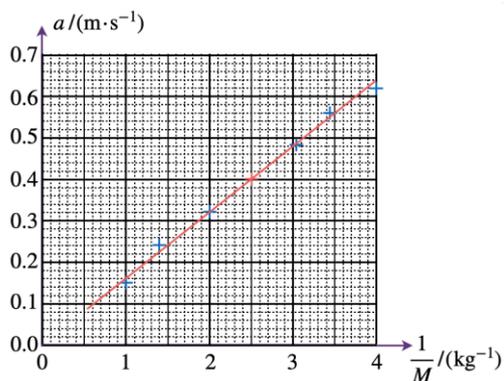


图 3

【答案】(1) B (2) 如下左图所示



(3) 如上右图所示 AD

【解析】(1) 由  $a = F/m$  可知,  $a$  与  $m$  成反比, 则首先  $m$  为自变量, 需不同, 即小车质量不同, 其次  $F$  需相同, 绳上拉力近似为钩码重力。即: 钩码质量应相同。

(2) 解析如图。注意坐标为 (2.5, 0.4)

(3) 受力示意图如上图。A 选项, 斜面倾角合适时, 小车重力分量与摩擦力抵消, 合力为绳子拉力, 即小车受力等效为绳子拉力, 故 A 选项正确; B 选项, 倾角过大, 沿斜面方向, 重力分力大于滑动摩擦力, 则小车合力会大于拉力, 故 B 选项错误; C 选项, 对钩码受力分析, 有  $mg - T = ma$ , 只有在  $a$  较小时,  $T \approx mg$  才成立, 故 C 选项错误; D 选项, 由  $mg - T = ma$ ,  $a$  趋近于 0 时,  $T \approx mg$  成立, 故 D 选项正确。

16. (9 分)

用图 1 所示的甲、乙两种方法测量某电源的电动势和内电阻 (约为  $1\ \Omega$ )。其中  $R$  为电阻箱, 电流表的内电阻约为  $0.1\ \Omega$ , 电压表的内电阻约为  $3\text{k}\ \Omega$ 。

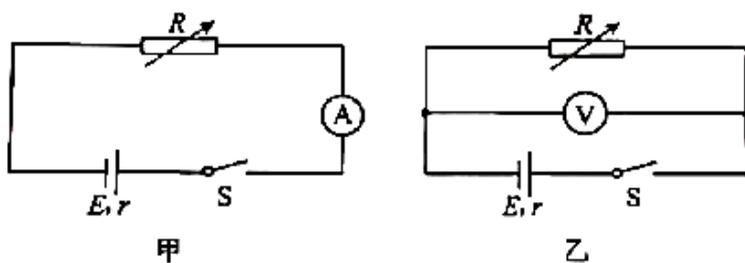


图1

(1) 利用图 1 中甲图实验电路测电源的电动势  $E$  和内电阻  $r$ ，所测量的实际是图 2 中虚线框所示“等效电源”的电动势  $E'$  和内电阻  $r'$ 。若电流表内电阻用  $R_A$  表示，请你用  $E$ 、 $r$  和  $R_A$  表示出  $E'$ 、 $r'$ ，并简要说明理由。

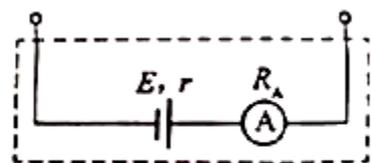
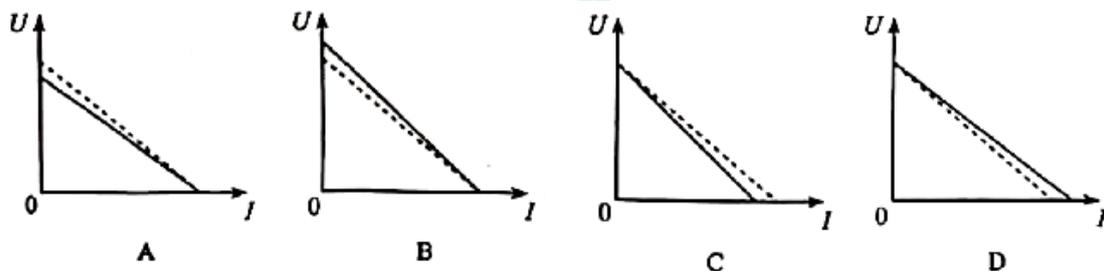


图2

(2) 某同学利用图像分析甲、乙两种方法中由电表内电阻引起的实验误差。在图 3 中，实线是根据实验数据（图甲： $U = IR$ ，图乙： $I = \frac{U}{R}$ ）描点作图得到的  $U - I$  图像；虚线是该电源的路端电压  $U$  随电流  $I$  变化的  $U - I$  图像（没有电表内电阻影响的理想情况）。



在图 3 中，对应图甲电路分析的  $U - I$  图像是：\_\_\_\_\_；对应图乙电路分析的  $U - I$  图像是：\_\_\_\_\_。

(3) 综合上述分析，为了减小由电表内电阻引起的实验误差，本实验应选择图 1 中的（填“甲”或“乙”）。

### 【答案】

(1)  $E' = E$       $r' = r + R_A$

根据闭合电路欧姆定律，当电路断路时，路端电压等于电源电动势，即  $E' = E$ ；

当电路短路时，短路中电流等于电源电动势除以内阻，即  $I_{\text{短}} = \frac{E'}{r'} = \frac{E}{r + R_A}$ ，所以  $r'$

$= r + R_A$ 。

(2) C ; A

(3) 乙

## 【解析】

(1) 见答案

(2)

根据闭合电路欧姆定律  $U = E - Ir$ ，可知  $U - I$  图中的  $U$  轴截距代表电源电动势、斜率的绝对值代表电源内阻。

由题意可知，实线截距代表  $E'$ 、斜率代表  $r'$ ；虚线截距代表  $E$ 、斜率代表  $r$ 。

由 (1) 可知，对于图甲电路  $E' = E$ ， $r' = r + R_A$ ，所以图甲电路对应的  $U - I$  图应为 C；

由 (1) 思路，图乙中真正测量得到的电源电动势及其内阻为“电源与电压表并联后形成的等效电源”的等效电动势  $E'$  与等效内阻  $r'$ 。同 (1) 理，当电路断路时，路端电压等于

电源电动势，则图乙  $E' = \frac{R_V}{r + R_V} E$ ；当电路短路时，短路电流等于电动势除以内阻，则  $I_{\text{短}} =$

$\frac{E'}{r'} = \frac{E}{\frac{R_V}{r + R_V}}$ ，可解得  $r' = \frac{r R_V}{r + R_V}$ 。所以图乙电路对应的  $U - I$  图应为 A。

(3) 由 (2) 可知：

图甲电路测得电动势  $E$  为准确值，但测得内阻  $r' = r + R_A \approx 1.1r$ ，偏大近 10%；

图乙电路测得电动势满足  $E' = \frac{R_V}{r + R_V} E \approx \frac{3000}{3001} E$ ，测得内阻  $r' = \frac{r R_V}{r + R_V} \approx \frac{3000}{3001} r$ ，均只有微

量偏小；

综合考虑，图乙误差较小，故选乙。

17. (9 分)

无人机在距离水平地面高度  $h$  处，以速度  $v_0$  水平匀速飞行并释放一包裹，不计空气阻力，重力加速度为  $g$ 。

(1) 求包裹释放点到落地点的水平距离  $x$ ；(2) 求包裹落地时的速度大小  $v$ ；

(3) 以释放点为坐标原点，初速度方向为 $x$ 轴方向，竖直向下为 $y$ 轴方向，建立平面直角坐标系，写出该包裹运动的轨迹方程。

【答案】

$$(1) x = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$(2) v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

$$(3) y = \frac{gx^2}{2v_0^2}$$

【解析】

(1) 释放包裹后，包裹做平抛运动，设落下时间为 $t$

$$\text{有: } h = \frac{1}{2}gt^2 \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$x = v_0 t \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

$$\text{联立}\textcircled{1}\textcircled{2}\text{可得: } x = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

(2) 根据动能定理可知:  $mgh = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \dots\dots\dots \textcircled{3}$

$$\text{得: } v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

(3) 根据平抛运动特性可知:

$$x = v_0 t \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

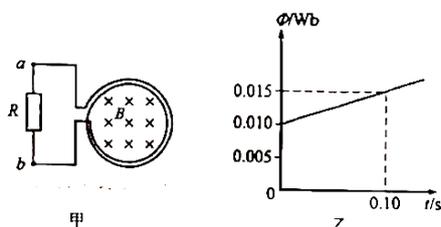
$$y = \frac{1}{2}gt^2 \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

$$\text{联立}\textcircled{4}\textcircled{5}\text{可得: } y = \frac{gx^2}{2v_0^2}$$

18. (9分)

如图甲所示， $N = 200$ 匝的线圈（图中只画了2匝），电阻 $r = 2\Omega$ ，其两端与一个 $R = 48\Omega$ 的电阻相连，线圈内有指向纸内方向的磁场。线圈中的磁通量按图乙所示规律变化。

- (1) 判断通过电阻  $R$  的电流方向；
- (2) 求线圈产生的感应电动势  $E$ ；
- (3) 求电阻  $R$  两端的电压  $U$ 。



## 【答案】

- (1) 通过电阻  $R$  的电流方向为  $a \rightarrow b$
- (2)  $E = 10V$
- (3)  $U = 9.6V$

## 【解析】

(1) 由甲图可知，线圈内有垂直纸面向里方向的磁场，由图乙可知，磁通量在增大，根据楞次定律可知，线圈处电流流向为逆时针，故通过电阻  $R$  的电流方向为  $a \rightarrow b$ 。

(2) 由法拉第电磁感应定律得， $E = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 200 \times \frac{0.015 - 0.010}{0.1} V = 10V$ 。

(3) 由闭合电路欧姆定律  $E = I(R + r)$  得， $I = \frac{E}{R + r} = \frac{10}{48 + 2} A = 0.2A$ 。

又由部分电路欧姆定律得， $U = IR = 0.2 \times 48V = 9.6V$ 。

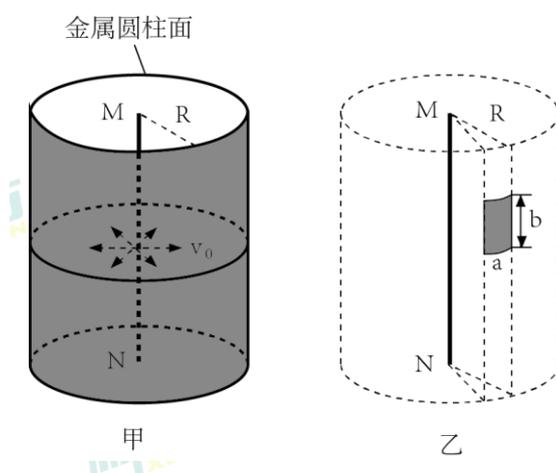
## 19. (10 分)

如图甲所示，真空中有一长直细金属导线  $MN$ ，与导线同轴放置一半径为  $R$  的金属圆柱面。假设导线沿径向均匀射出速率相同的电子，已知电子质量为  $m$ ，电荷量为  $e$ 。不考虑出射电子间的相互作用。

(1) 可以用以下两种实验方案测量出射电子的初速度：

- a. 在柱面和导线之间，只加恒定电压；
- b. 在柱面内，只加与  $MN$  平行的匀强磁场。

当电压为  $U_0$  或磁感应强度为  $B_0$  时，刚好没有电子到达柱面。分别计算出射电子的初速度  $v_0$ 。



(2) 撤去柱面，沿柱面原位置放置一个弧长为 $a$ 、长度为 $b$ 的金属片，如图乙所示。在该金属片上检测到出射电子形成的电流为 $I$ ，电子流对该金属片的压强为 $p$ 。求单位长度导线单位时间内出射电子的总动能。

【答案】

$$(1) \text{ a. } v_0 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$$

$$\text{ b. } v_0 = \frac{eB_0R}{2m}$$

$$(2) E_{k\text{总}} = \frac{\pi R a e b p^2}{mI}$$

【解析】(1) a. 当电压为 $U_0$ 时，根据动能定理：

$$eU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{解得： } v_0 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$$

b. 当磁感应强度为 $B_0$ 时，若恰好未达到柱面：

$$\text{粒子轨道半径： } R_0 = \frac{R}{2}$$

$$\text{根据洛伦兹力公式： } ev_0B_0 = \frac{mv_0^2}{R_0}$$

$$\text{解得： } v_0 = \frac{eB_0R}{2m}$$

(2) 设单位长度导线单位时间射出 $n$ 个电子，则：

单位时间金属板接收电子数为：

$$N = nb \frac{a}{2\pi R} \dots\dots\dots ①$$

$$I = Ne \dots\dots\dots ②$$

电子撞击后减速至0，根据动量定理：

$$0 - Ntmv_0 = -pabt \dots\dots\dots ③$$

$$E_{k\text{总}} = n \frac{1}{2}mv_0^2 \dots\dots\dots ④$$

联立①②③④解得：

$$E_{k总} = \frac{\pi R a e b p^2}{m l}$$

20. (12分)

某试验列车按照设定的直线运动模式，利用计算机控制制动装置，实现安全准确地进站停车。制动装置包括电气制动和机械制动两部分。

图 1 所示为该列车在进站停车过程中设定的加速度大小  $a_{\neq}$  随速度  $v$  的变化曲线。

(1) 求列车速度从 20m/s 降至 3m/s 经过的时间  $t$  及行进的距离  $x$ 。

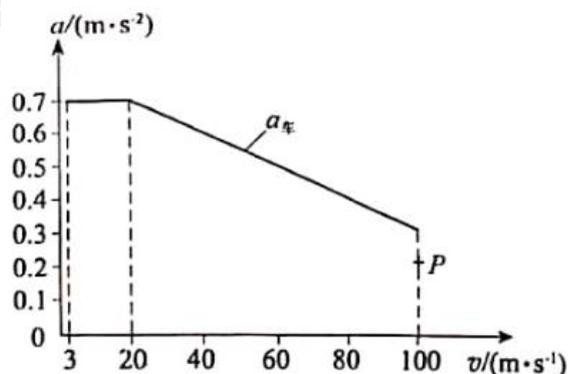


图1

(2) 有关列车电气制动，可以借助图 2 模型来理解。

图中水平平行金属导轨处于竖直方向的匀强磁场中，回路中的电阻阻值为  $R$ ，不计金属棒  $MN$  及导轨的电阻。 $MN$  沿导轨向右运动的过程，

对应列车的电气制动过程，可假设  $MN$  棒运动的速度与列车的速度、棒的加速度与列车电气制动产生的加速度成正比。列车开始制动时，其速度和电气制动产生的加速度大小对应图 1 中的  $P$  点。论证电气制动产生的加速度大小随列车速度变化的关系，

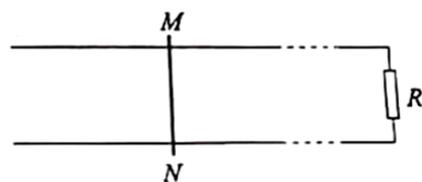


图2

并在图 1 中画出图线。

(3) 制动过程中，除机械制动和电气制动外，列车还会受到随车速减小而减小的空气阻力。分析说明列车从 100m/s 减到 3m/s 的过程中，在哪个速度附近所需机械制动最强？

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

**【答案】** (1)  $t=24.3s$ ;  $x=279.3m$

(2) 见解析

(3) 见解析

## 【解析】

(1) 根据图象可知列车在由 20m/s 减速至 3m/s 过程中为匀减速直线运动,  $a = -0.7\text{m/s}^2$   
根据运动学方程:

$$v_t = v_0 + at \dots\dots\dots ①$$

$$v_t^2 - v_0^2 = 2ax \dots\dots\dots ②$$

由①解得:  $t = 24.3\text{s}$

由②解得:  $x = 279.3\text{m}$

(2) 根据电磁感应定律:

$$E = Blv \dots\dots\dots ③$$

$$I = \frac{E}{R} \dots\dots\dots ④$$

$$F_{\text{安}} = BIl \dots\dots\dots ⑤$$

联立③-⑤可得:  $F_{\text{安}} = \frac{B^2 l^2 v}{R}$

因此根据牛顿第二定律:

$$a = \frac{F_{\text{安}}}{m} = \frac{B^2 l^2 v}{mR}$$

令  $\frac{B^2 l^2}{mR} = k_1$ , 则  $a = k_1 v$ , MN 棒的加速度与其速度成正比,

根据题中关系,

设 MN 棒运动速度与列车速度之比为  $k_2$ ,

棒的加速度与列车加速度之比为  $k_3$ , 则:

$$k_3 a_{\text{车}} = k_1 k_2 v_{\text{车}}$$

$$\text{即: } a_{\text{车}} = \frac{k_1 k_2}{k_3} v_{\text{车}}$$

因此列车电气制动产生的加速度与其速度成正比,

如右图所示。

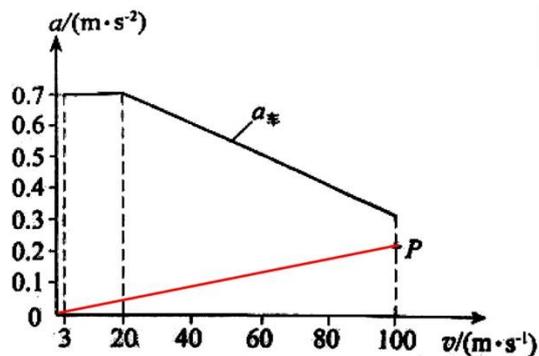


图1

(3) 由题意知, 列车刹车过程中, 阻力由电气制动,

机械制动和空气阻力三者共同构成，因此：

$$F_{\text{合}} = F_{\text{机}} + F_{\text{电}} + f$$

由（2）中结论可知： $F_{\text{电}} = ma_{\text{电}} = mkv$

由（3）中条件可知，空气阻力  $f$  随车速减小而减小，

因此二者均随  $v$  的减小而减小。

①在列车速度由 20m/s 减至 3m/s 过程中，

列车始终做匀减速直线运动，合力不变，

因此当  $v=3\text{m/s}$  时，机械制动最强。

②在列车由 100m/s 减速至 20m/s 过程中， $a$  不断增大，

$F_{\text{合}}$  逐渐增大，而  $F_{\text{电}}$  与  $f$  均逐渐减小，

因此当  $v=20\text{m/s}$  时，机械制动最强。

综上，列车车速在 3m/s 附近时，机械制动最强。