

顺义区 2020 届高三第二次统练

物理试卷

考生须知	1. 本试卷总分 100 分，考试用时 90 分钟。 2. 本试卷共 8 页，分为选择题（42 分）和非选择题（58 分）两个部分。 3. 试卷所有答案必须填涂或书写在答题卡上，在试卷上作答无效。第一部分必须用 2B 铅笔作答；第二部分必须用黑色字迹的签字笔作答。 4. 考试结束后，请将答题卡交回，试卷自己保留。
------	--

第一部分（选择题共 42 分）

本部分共 14 小题，每小题 3 分，共 42 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。

- 关于分子动理论，下列说法正确的是
 - 固体扩散的快慢与温度无关
 - 分子间同时存在着引力和斥力
 - 布朗运动是液体分子的无规则运动
 - 分子间的引力总是随分子间距增大而增大
- 下列说法中正确的是
 - 天然放射现象的发现，揭示了原子核是由质子和中子组成的
 - 汤姆孙通过对阴极射线的研究提出了原子核具有复杂的结构
 - 氢原子的能级理论是玻尔在卢瑟福核式结构模型的基础上提出来的
 - 卢瑟福的 α 粒子散射实验揭示了原子只能处于一系列不连续的能量状态中
- 如图 1 所示， P 是一束含有两种单色光的光线，沿图示方向射向半圆形玻璃砖的圆心 O ，折射后分成 a 、 b 两束光线，则下列说法中正确的是
 - a 光频率小于 b 光频率
 - 在玻璃砖中传播的时间 a 光比 b 光长
 - 玻璃对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率
 - 若让玻璃砖在纸面内绕 O 点逆时针转动 180° ， P 光线保持不变，则 a 、 b 两束光线也保持不变

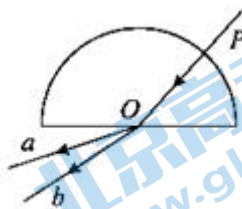


图 1

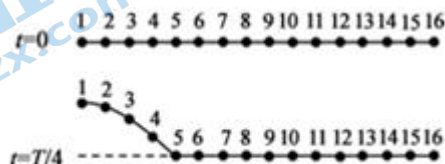


图 2

- 如图 2 是某绳波形成过程的示意图，质点 1 在外力作用下沿竖直方向做简谐运动，带动质点 2、3、4...各个质点依次上下振动，把振动从绳的左端传到右端， $t=T/4$ 时，质点 5 刚要开始运动，下列说法正确的是

- A. $t=T/4$ 时, 质点 5 开始向下运动
- B. $t=T/4$ 时, 质点 3 的加速度方向向上
- C. 从 $t=T/2$ 开始的一小段时间内, 质点 8 的加速度正在减小
- D. 从 $t=T/2$ 开始的一小段时间内, 质点 8 的速度正在减小

5. 2020 年 3 月 19 时 55 分, 我国在西昌卫星发射中心, 成功发射北斗系统第五十四颗导航卫星, 北斗三号 GEO-2 是一颗地球同步轨道卫星, 以下关于这颗卫星判断正确的是

- A. 地球同步轨道卫星的运行周期为定值
- B. 地球同步轨道卫星所受引力保持不变
- C. 地球同步轨道卫星绕地运行中处于平衡状态
- D. 地球同步轨道卫星的在轨运行速度等于第一宇宙速度

6. 平行板电容器 C 与三个可变电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 以及电源连成如图 3 所示的电路, 闭合开关 S , 待电路稳定后, 电容器 C 两极板带有一定的电荷, 要使电容器所带电荷量减少, 以下方法中可行的是

- A. 只增大 R_1 , 其他不变
- B. 只增大 R_2 , 其他不变
- C. 只减小 R_3 , 其他不变
- D. 只减小 a 、 b 两极板间的距离, 其他不变

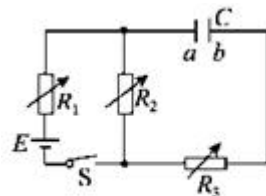


图 3

7. 如图 4 所示, U 形汽缸固定在水平地面上, 用重力不计的活塞封闭着一定质量的气体, 已知汽缸不漏气, 活塞移动过程中与汽缸内壁无摩擦。外界大气压活塞紧压小挡板, 现缓慢升高汽缸内气体的温度, 则图 5 能反映汽缸内气体的压强 p 随热力学温度 T 变化的图象是

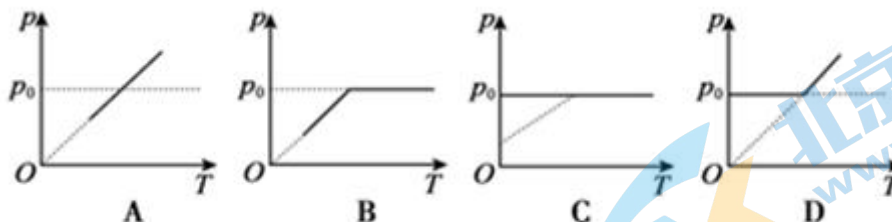


图 5

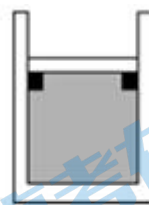


图 4

8. 当前, 新型冠状病毒 (COVID-19) 正在威胁着全世界人民的生命健康, 红外测温枪在疫情防控过程中发挥了重要作用。红外测温枪与传统的热传导测温仪器相比, 具有响应时间短、测温效率高、操作方便、防交叉感染 (不用接触被测物体) 的特点。下列关于红外测温枪的说法中正确的是

- A. 红外测温枪工作原理和水银体温计测量原理一样都是利用热胀冷缩原理
- B. 红外测温枪能接收到的是身体的热量通过热传导到达红外测温枪进而显示出体温
- C. 红外测温枪利用了一切物体都在不停的发射红外线, 而且发射红外线强度与温度有关, 温度越高发射红外线强度就越大
- D. 红外线也属于电磁波, 其波长小于紫外线的波长

9. 如图 6 所示的甲、乙两图中, M 为自耦变压器, R 是滑动变阻器, P_1 、 P_2 分别是它们的滑动键, 将它们的输入端 a 、 b 和 c 、 d 分别接到相同的正弦交流电源上, 在它们的输出端 e 、 f 和 g 、 h 上各接一个灯泡 L_1 和 L_2 , 两灯泡均发光。现将它们的滑动键 P_1 、 P_2 均向下滑动一小段距离, 若在此过程中, 灯泡不至于烧坏, 则
- A. L_1 、 L_2 均变亮 B. L_1 变亮, L_2 变暗
C. L_1 变暗, L_2 变亮 D. L_1 、 L_2 均变暗

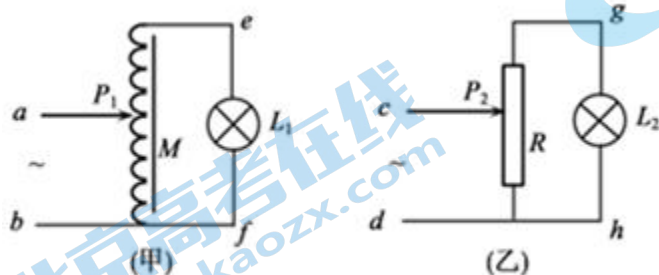


图 6

10. 如图 7 甲所示, 用传感器和计算机可以方便地描出做平抛运动物体的轨迹。它的设计原理如图 7 乙所示。

物体 A 在做平抛运动, 它能够在竖直平面内向各个方向同时发射超声波脉冲和红外线脉冲, 在它运动的平面内安放着超声—红外接收装置 B, B 盒装有 B_1 、 B_2 两个超声—红外接收器, 并与计算机相连, B_1 、 B_2 各自测出收到超声脉冲和红外脉冲的时间差, 并由此算出它们各自与物体 A 的距离, 下列说法正确的是

- A. 该实验中应用了波的干涉规律
B. 该实验中应用了波的反射规律
C. 该实验中应用了波的直线传播规律
D. 该实验中所用超声波信号和红外线脉冲信号均属于无线电波

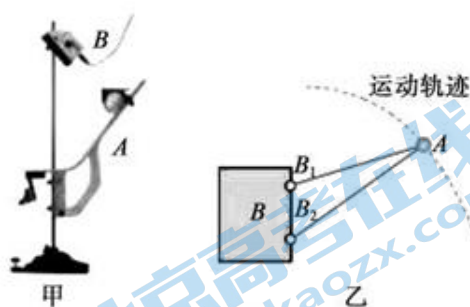


图 7

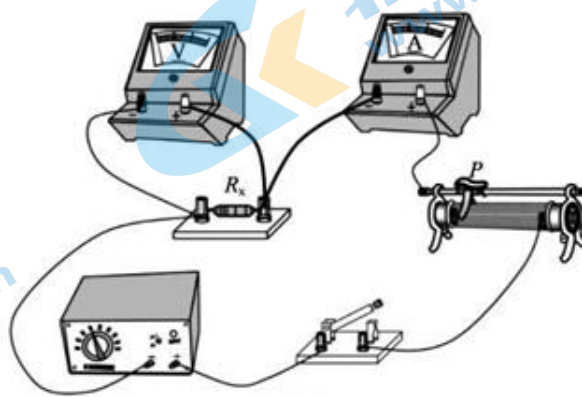


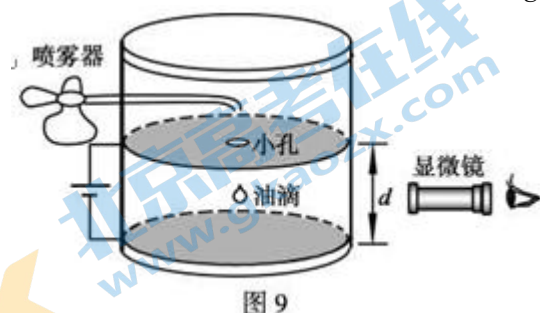
图 8

11. 某同学在测量电阻 R_x 实验时, 按图 8 所示连接好实验电路。闭合开关后发现: 电流表示数很小、电压表示数接近于电源两端电压; 移动滑动变阻器滑片时两电表示数几乎不变, 仪表及其量程的选择均无问题。请你分析造成上述结果的原因可能是
- A. 电流表断路

- B. 滑动变阻器滑片接触不良
- C. 开关接触部位由于氧化，使得接触电阻太大
- D. 待测电阻和接线柱接触位置由于氧化，使得接触电阻很大



12. 1897 年汤姆孙发现电子后，许多科学家为测量 电子的电荷量做了大量的探索。1907 ~ 1916 年密立根用带电油滴进行实验，发现油滴所带的电荷量是某一数值 e 的整数倍，于是称这一数值 e 为基本电荷，如图 9 所示，两块完全相同的金属极板正对着水平放置，板间的距离为 d ，当质量为 m 的微小带电油滴在两板间运动时，所受空气阻力的大小与速度大小成正比。两板间不加电压时，可以观察到油滴竖直向下做匀速运动，通过某一段距离所用时间为 t_1 ；当两板间加电压 U （上极板的电势高）时，可以观察到同一油滴竖直向上做匀速运动，且在时间 t_2 内运动的距离与在时间 t_1 内运动的距离相等。忽略空气浮力，重力加速度为 g ，下列说法正确的是

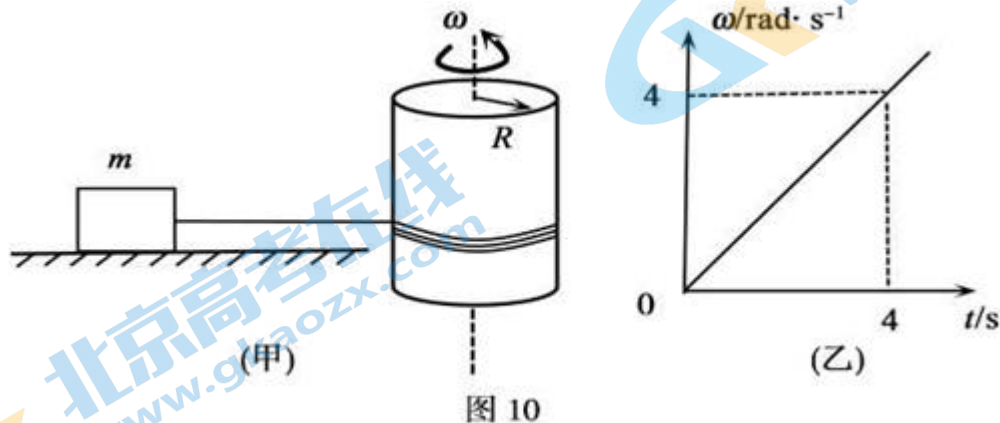


- A. 根据上板电势高时观察油滴竖直向上做匀速运动可以判定油滴带正电
B. 密立根根据实验数据计算出油滴所带的电荷量大约都是 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$
C. 根据不加电压和加电压两个匀速过程可以求解出油滴所带的电荷量

$$Q = \frac{m g d (t_1 + t_2)}{U t_2}$$

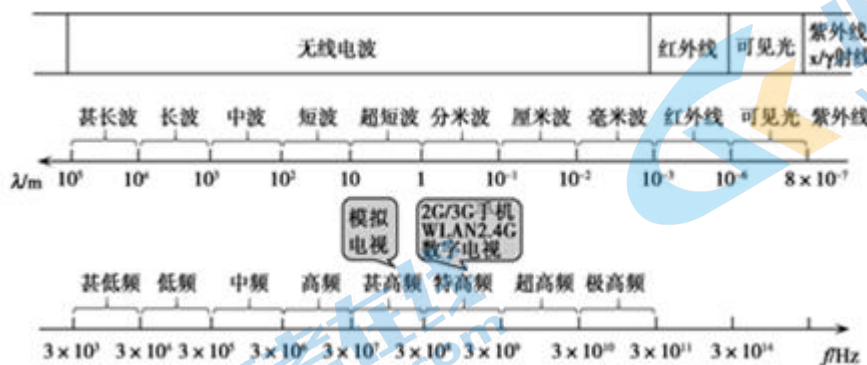
D. 根据两板间加电压 U (上极板的电势高) 时观察到同一油滴竖直向上做匀速运动, 可以计算出油滴的电荷量 $Q = \frac{m g d}{U}$

13. 如图 10 (甲) 所示, 质量 $m = 2\text{kg}$ 的小物体放在长直的水平地面上, 用水平细线绕在半径 $R = 0.5\text{m}$ 的薄圆筒上。 $t = 0$ 时刻, 圆筒由静止开始绕竖直中心轴转动, 其角速度 ω 随时间 t 的变化规律如图 10 (乙) 所示, 小物体和地面间的动摩擦因数为 0.1, 重力加速度 g 取 10m/s^2 , 则下列判断正确的是



- A. 细线的拉力大小为 4N
 B. 细线拉力的瞬时功率满足 $P = 4t$
 C. 小物体的速度随时间的变化关系满足 $v = 4t$
 D. 在 $0 \sim 4\text{s}$ 内, 小物体受合力的冲量为 $4\text{N} \cdot \text{s}$

13. 2019 年被称为 5G 元年, 这一年全球很多国家开通了 5G 网络, 开启了一个全新的通信时代, 即万物互联的物联网时代, 5G 网络使用的无线电波通信频率是在 3.0GHz 以上的超高频段和极高频段 (如图 11), 比目前 4G 及通信频率在 $0.3\text{GHz} \sim 3.0\text{GHz}$ 间的特高频段网络拥有更大的带宽和更快的传输速率。下列说法正确的是



- A. 4G 信号是纵波, 5G 信号是横波
 B. 4G 信号和 5G 信号相遇能产生干涉现象
 C. 4G 信号比 5G 信号更容易发生衍射现象
 D. 5G 信号比 4G 信号波长更长, 相同时间传递的信息量更大

第二部分 (非选择题共 58 分)

本部分共 6 小题, 共 58 分。

15. (6 分)

某同学用图 12 中所给器材进行与安培力有关的实验。两根金属导轨 ab 和 a_1b_1 固定在同一水平面内且相互平行，足够大的电磁铁（未画出）的 N 极位于两导轨的正上方，S 极位于两导轨的正下方，一金属棒置于导轨上且与两导轨垂直。（不计金属导轨的电阻和摩擦）

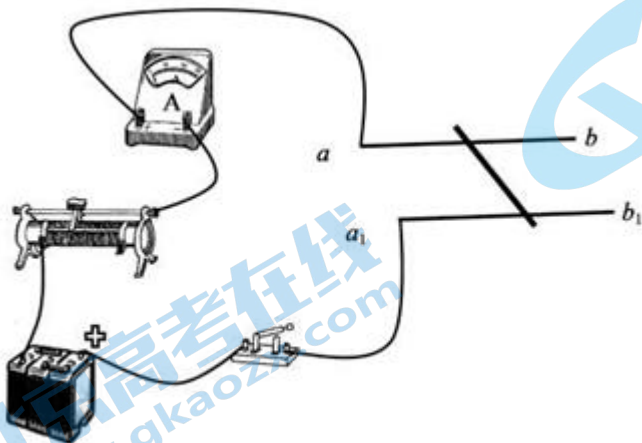


图 12

- (1) 在开关闭合后，金属棒向____（选填“左侧”或“右侧”）移动。
 (2) 为使金属棒在离开导轨时具有更大的速度，有人提出以下建议：

- A. 适当增加两导轨间的距离
 B. 保持两个导轨间距不变，换一根更长的金属棒
 C. 将滑动变阻器滑片向左移动
 D. 把磁铁换成磁性更强的足够大的钕铁硼磁铁

其中正确的是_____（填入正确选项前的字母）。

- (3) 如果将电路中电流方向反向，磁场也反向，金属棒将会向_____（选填“左侧”或“右侧”）移动。

16. (12 分)

- (1) 同学们通过查阅资料知道，将锌、铜两电极插入水果中，电动势大约会有 1V 多一点。



图 13

小明同学找来来了一个土豆做实验，如图 13 所示，当用量程为 $0 \sim 3V$ 、内阻约 $50k\Omega$ 的伏特表测其两极电压时读数为 $0.96V$ ，用欧姆表直接测“土豆电池”的两极，测得内阻 r 的读数为 30Ω 。小丽同学用灵敏电流表直接接“土豆电池”的两极，测得电流为 $0.32mA$ ，根据前面小明用伏特表测得的 $0.96V$ 电压，由全电路欧姆定律得内阻 $r=3k\Omega$ 。小明认为土豆的内阻为 30Ω ，小丽则认为其内阻为 $3k\Omega$ 。以下关于两位同学实验过程的分析，正确的是_____

- A. 小明的方法不正确，因水果电池本身有电动势，故不能用欧姆表直接测其内阻

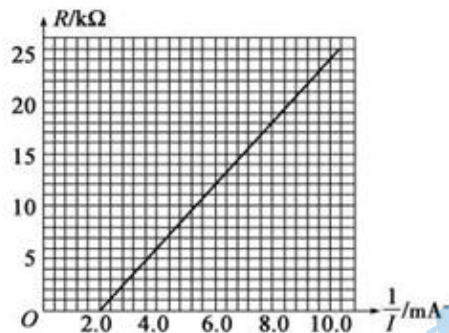
- B. 小明的方法正确,因水果电池本身也是一个导体,可以用欧姆表直接测其电阻
 C. 小丽的测量结果十分准确,除了读数方面的偶然误差外,系统误差很小
 D. 小丽的测量结果不准确,因为水果电池内阻很大,用伏特表测得的电动势误差很大,因此计算出的内阻误差也很大

(2) 为尽可能准确地测定一个电动势和内阻未知的电源,实验室除了导线和开关外,还有以下一些器材可供选择:

- A. 电流表 A_1 (量程为 $0 \sim 0.6\text{A}$,内阻约为 1Ω)
 B. 灵敏电流表 A_2 (量程为 $0 \sim 0.6\text{mA}$,内阻约为 800Ω)
 C. 灵敏电流表 A_3 (量程为 $0 \sim 30\mu\text{A}$,内阻未知)
 D. 滑动变阻器 R_1 (最大阻值约 10Ω)
 E. 滑动变阻器 R_2 (最大阻值约 $2\text{k}\Omega$)
 F. 定值电阻 (阻值为 $2\text{k}\Omega$)
 G. 电阻箱 R ($0 \sim 9999\Omega$)

① 实验中应选择的器材是_____ (填器材前的字母代号)。

② 在方框中画出应采用的电路图。



③ 实验时,改变电阻箱 R 的阻值,记录下电流表的示数 I ,得到若干组 R 、 I 的数据,根据实验数据绘出如图 14 所示的 $R - \frac{1}{I}$ 图线,由此得出其电源的电动势为_____

V (保留两位有效数)。按照此实验方法,请分析内电阻的测量值与真实值大小关系,并给出必要的说明:_____。

17. (9 分)

如图 15 所示, MN 是半径为 $R = 0.8\text{m}$ 的竖直四分之一光滑圆弧轨道,竖直固定在水平桌面上,轨道末端处于桌子边缘并与水平桌面相切于 N 点。把一质量为 $m = 1\text{kg}$ 的小球 B 静止放于 N 点,另一个与 B 完全相同的小球 A 由 M 点静止释放,经过 N 点时与 B 球发生正碰,碰后粘在一起水平飞出,落在地面上的 P 点,若桌面高度为 $h = 1.25\text{m}$,取重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。不计空气阻力,小球可视为质点。求:

- (1) 与 B 球碰前瞬间, A 球的速度大小 v_0 ;
- (2) A 、 B 两球碰后瞬间的共同速度大小 v_1 ;
- (3) P 点与 N 点之间的水平距离 x_0 。

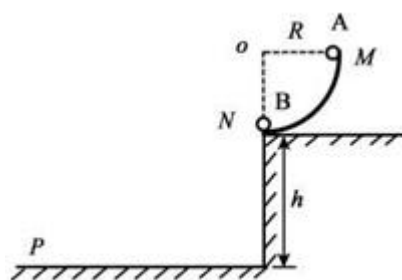


图 15

18. (9 分)

图 16 所示, MN 、 PQ 是间距为 L 的平行光滑金属导轨, 导轨电阻不计, 置于磁感强度为 B 、方向垂直导轨所在平面向里的匀强磁场中, M 、 P 间接有一阻值为 R 的电阻。一根与导轨接触良好、阻值为 $R/2$ 的金属导体棒 ab 垂直导轨放置, ab 的质量为 m 。 ab 在与其垂直的水平恒力 F 作用下, 在导线框上以速度 v 做匀速运动, 速度 v 与恒力方向相同; 导线 MN 始终与导线框形成闭合电路, 已知磁场的磁感应强度大小为 B , 导线的长度恰好等于平行轨道的间距 L , 忽略摩擦阻力和导线框的电阻。求:

- (1) 金属棒以速度 v 匀速运动时产生的电动势 E 的大小;
- (2) 金属棒以速度 v 匀速运动时金属棒 ab 两端电压 U_{ab} ;
- (3) 金属棒匀速运动时, 水平恒力 F 做功的功率 P 。

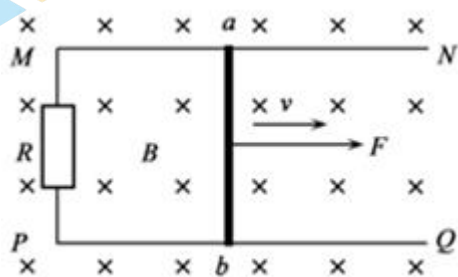
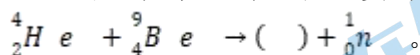


图 16

19. (10 分)

能量守恒定律、动量守恒定律、电荷守恒定律是自然界普遍遵循的规律, 在微观粒子的相互作用过程中也同样适用。卢瑟福发现质子之后, 他猜测: 原子核内可能还存在一种不带电的粒子。

- (1) 为寻找这种不带电的粒子, 他的学生查德威克用 α 粒子轰击一系列元素进行实验, 当他用 α 粒子 (${}^4_2\text{He}$) 轰击铍原子核 (${}^9_4\text{Be}$) 时发现了一种未知射线, 并经过实验确定这就是中子, 从而证实了卢瑟福的猜测, 请你完成此核反应方程:



- (2) 为了测定中子的质量 m_n , 查德威克用初速度相同的中子分别与静止的氢核与静止的氮核发生弹性正碰, 实验中他测得碰撞后氮核的速率与氢核的速率关系是 $v_N = 1/7 v_H$, 已知氮核质量与氢核质量的关系是 $m_N = 14 m_H$, 将中子与氢核、氮核的碰撞视为完全弹性碰撞。请你根据以上数据计算中子质量 m_n 与氢核质量 m_H 的比值。
- (3) 以铀 235 为裂变燃料的“慢中子”核反应堆中, 裂变时放出的中子有的速度很大, 不易被铀 235 俘获, 需要使其减速。在讨论如何使中子减速的问题时, 有人设计了一种方案: 让快中子与静止的粒子发生碰撞, 他选择了三种粒子: 铅核、氢核、电子, 以弹性正碰为例, 仅从力学角度分析, 哪一种粒子使中子减速效果最好, 请说出你的观点

并说明理由。

20. (12 分)

物体沿着圆周的运动是一种常见的运动，匀速圆周运动是当中最简单也是最基本的一种，由于做匀速圆周运动的物体的速度方向时刻在变化，因而匀速圆周运动仍旧是一种变速运动，具有加速度。

- (1) 可按如下模型来研究做匀速圆周运动的物体的加速度：设质点沿半径为 r 、圆心为 O 的圆周以恒定大小的速度 v 运动，某时刻质点位于位置 A ，经极短时间 Δt 后运动到位置 B ，如图 17 所示，试根据加速度的定义，推导质点在位置 A 时的加速度的大小 a_A 。

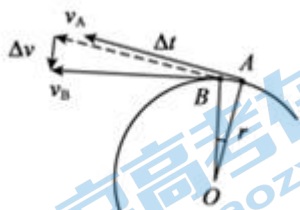


图 17

- (2) 在研究匀变速直线运动的“位移”时，我们常用“以恒代变”的思想；在研究曲线运动的“瞬时速度”时，又常用“化曲为直”的思想，而在研究一般的曲线运动时，我们用的更多的是一种“化曲为圆”的思想，即对于一般的曲线运动，尽管曲线各个位置的弯曲程度不一样，但在研究时，可以将曲线分割为许多很短的小段，质点在每小段的运动都可以看做半径为某个合适值 ρ 的圆周运动的一部分，进而采用圆周运动的分析方法来进行研究， ρ 叫做曲率半径，如图 18 所示，试据此分析图 19 所示的斜抛运动中，轨迹最高点处的曲率半径 ρ 。
- (3) 事实上，对于涉及曲线运动加速度问题的研究中，“化曲为圆”并不是唯一的方式，我们还可以采用一种“化圆为抛物线”的思考方式，匀速圆周运动在短时间 Δt 内可以看成切线方向的匀速运动，法线方向的匀变速运动，设圆弧半径为 R ，质点做匀速圆周运动的速度大小为 v ，据此推导质点在做匀速圆周运动时的向心加速度 a 。

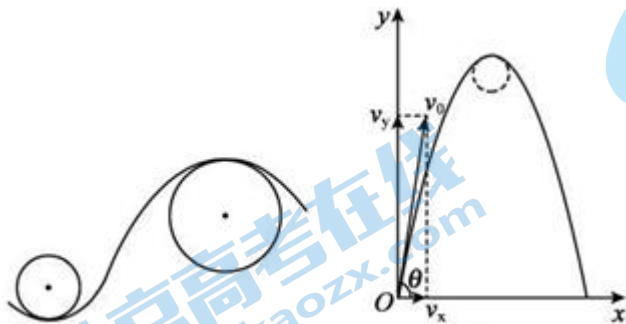


图 18

图 19

顺义区 2020 届高三第二次统练

物理试题参考答案

第一部分（选择题 共 42 分）

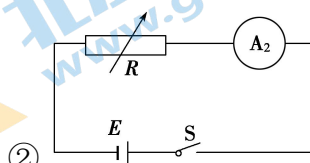
本部分共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	C	B	D	A	A	B	C	B	C
11	12	13	14						
D	C	D	C						

第二部分（非选择题 共 58 分）

本部分共 6 小题，共 58 分。

15. （6 分）（1）左侧 （2 分） （2）ACD （2 分） （3）左侧 （2 分）
 16. （12 分）（1）AD （2 分） （2）① BG （2 分）



② （2 分）

③ 3.0 （3 分） 偏大，内电阻的测量值包含电流表内阻，所以大于真实值。（3 分）

17. （9 分）（1）小球在圆弧轨道内下滑过程中，由动能定理得：

$$mgR = \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (2 \text{ 分}) \quad \text{代入数据解得：} v_0 = 4\text{m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

（2）两个小球碰撞的过程中水平方向的动量守恒，选取向右为正方向，设碰撞后的共同速度为 v ，则： $mv_0 = 2mv$ （2 分） 代入数据可得： $v = 2\text{m/s}$ （1 分）

（3）小球从 N 点飞出后做平抛运动：

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.5\text{s} \quad (1 \text{ 分})$$

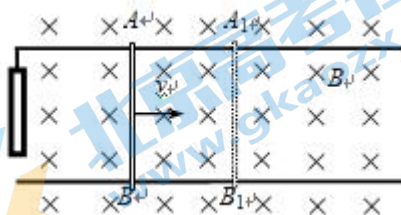
竖直方向上：

$$\text{水平方向上：} x = vt \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得：} x = 1.0\text{m} \quad (1 \text{ 分})$$

18. （9 分）

（1）在 Δt 内金属棒 ab 由原来的位置 AB 移到 A_1B_1 ，



如图所示。

这个过程中闭合回路面积的变化量是： $\Delta s = Lv\Delta t$

则穿过闭合电路的磁通量的变化量是： $\Delta\phi = B\Delta s = BLv\Delta t$

根据法拉第电磁感应定律: $E = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

由此得到感应电动势: $E = BLv$ (3分)

(2) 电路中的电流为: $I = \frac{E}{R + R/2} = \frac{2E}{3R} = \frac{2BLv}{3R}$

金属棒 ab 两端的电压为: $U_{ab} = IR = \frac{2E}{3} = \frac{2BLv}{3}$ (3分)

(3) 金属棒 ab 所受的安培力为: $F = F_A = BIL$

金属棒克服安培力做功的功率 $P = Fv = BILv = \frac{2B^2 L^2 v^2}{3R}$ (3分)

19. (10分)

(1) 根据核反应过程中核电荷数与质量数守恒, 知核反应方程式为:



(2) 设中子与氢核、氮核碰撞前后速率为 v_0 , 中子与氢核发生完全弹性碰撞时, 取碰撞前中子的速度方向为正方向, 由动量守恒定律和能量守恒定律有:

$$m_n v_0 = m_n v_n + m_H v_H; \quad (2\text{分})$$

$$\frac{1}{2} m_n v_0^2 = \frac{1}{2} m_n v_n^2 + \frac{1}{2} m_H v_H^2; \quad (2\text{分})$$

计算得出碰后氢核的速率 $v_H = \frac{2m_n v_0}{m_n + m_H}$

同理可得: 中子与氮核发生完全弹性碰撞后, 氮核的速率 $v_N = \frac{2m_n v_0}{m_n + m_N}$

因此有 $\frac{v_H}{v_N} = \frac{m_n + m_N}{m_n + m_H}$ (1分)

计算得出 $\frac{m_n}{m_H} = \frac{7}{6}$ (1分)

(3) 仅从力学角度分析, 氢核减速效果最好. 因为:

中子与质量为 m 的粒子发生弹性正碰时, 根据动量守恒定律和能量守恒定律知, 碰

撞后中子的速率 $v_n = \frac{m_n - m}{m_n + m} v_0$

① 因为铅核质量比中子质量大很多, 碰撞后中子几乎被原速率弹回.

② 因为电子质量比中子质量小很多, 碰撞后中子将基本不会减速.

③ 因为中子质量与氢核质量相差不多, 碰撞后中子的速率将会减小很多. (2分)

20. (12 分)

解：(1) 当 Δt 足够小时， v_A 、 v_B 的夹角 θ 就足够小， θ 角所对的弦和弧的长度就近似相等。因此， $\theta = \Delta v / v$ ，在 Δt 时间内，速度方向变化的角度 $\theta = \omega \Delta t$ 。由此可以求得 $\Delta v = v \omega \Delta t$

将此式代入加速度定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 并把 $v = \omega r$ 代入，

可以导出向心加速度大小的表达式为

$$a_n = \omega^2 r$$

$$\text{上式也可以写成 } a_n = \frac{v^2}{r} \quad (4 \text{ 分})$$

(2) 在斜抛运动最高点：质点的速度为 $v = v_0 \cos \theta$ ，可以把质点的运动看成是半径为 ρ 的圆周运动，因为质点只受重力，所以有牛顿第二定律有： $mg = m \frac{v^2}{\rho}$

将 $v = v_0 \cos \theta$ 带入上式 可得： $\rho = v_0^2 \cos^2 \theta / g$ (4 分)

(3) 质点在短时间 Δt 内将从 A 以速度 v 匀速运动到 B' ，有匀速运动有： $x_{AB'} = v \Delta t$
 $y_{AC} = \frac{1}{2} a \Delta t^2$

由图可知： $R^2 = (R - y_{AC})^2 + x_{AB'}^2$

代入求解得： $v^2 - aR + \frac{1}{4} a^2 \Delta t^2 = 0$

当 Δt 足够小时， $\Delta t^2 = 0$ 所以 $a = \frac{v^2}{R}$ (4 分)

