

2026 届高三第四次三校联考物理试题

命题学校：富阳中学

选择题部分

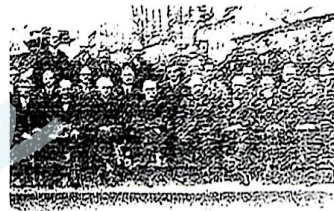
一、选择题I（本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。）

1. 在科学发展的历史上，有许多物理学家在各自的领域内做出卓越的贡献，为了纪念他们，把他们的名字作为某一物理量的专用单位。而在单位制中，除了基本单位，其他单位都是导出单位，下列物理量、专用单位、导出单位相符合的是（ ）

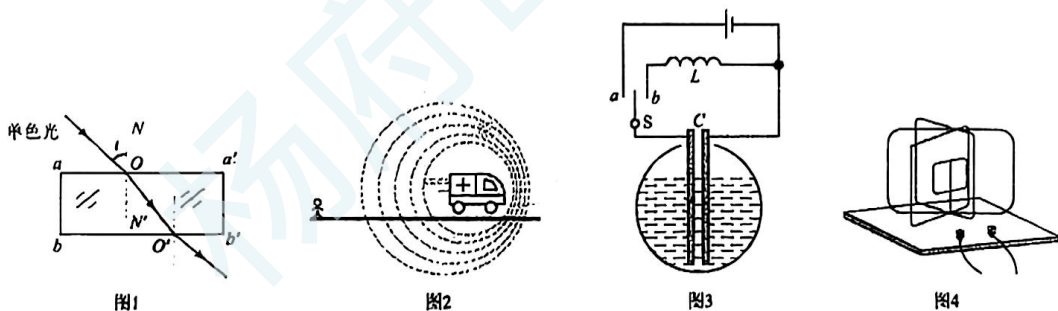
- A. 力 N $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$ B. 自感系数 H $\text{V}\cdot\text{s}/\text{A}$
C. 磁感应强度 Wb $\text{N}/(\text{A}\cdot\text{m})$ D. 磁通量 T $\text{N}\cdot\text{m}^2/(\text{A}\cdot\text{m})$

2. 下图为第五届索尔维会议上科学家们的合影，是世界公认的人类史上最伟大的照片之一。根据所学知识认真推理，找出下列的正确选项（ ）

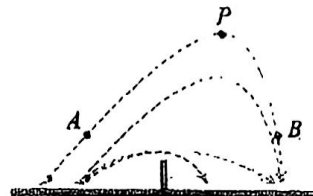
- A. 这一年恰逢居里夫人六十大寿，她因发现元素钋和 X 射线而两度获得诺贝尔奖
B. 官二代德布罗意与同龄的远方客人康普顿并肩而坐，他提出光有粒子性
C. 海森堡远渡重洋来领这一年的诺贝尔物理学奖，他通过实验证实光子具有动量
D. 上帝掷骰子吗？这是本届会议中爱因斯坦与玻尔争论的主题，直到 2022 年诺奖颁给量子纠缠，算是人类官宣玻尔获胜



3. 下列四幅图的描述正确的是（ ）



- A. 图 1 是一束单色光进入平行玻璃砖后传播的示意图，当入射角 i 逐渐增大到某一值 ($i < 90^\circ$) 后不会再有光线从 bb' 面射出
B. 图 2 表示声源远离观察者时，观察者接收到的声音频率增大
C. 图 3 是测量储罐中不导电液体高度的装置，当储罐中液面高度升高时， LC 回路中振荡电流频率将变大
D. 图 4 中，三个大线圈连接到三相电源上就能产生旋转磁场，内部的小线框由于电磁驱动可以与磁场同方向地转动起来
4. 羽毛球运动是一项深受大众喜爱的体育运动。某研究小组的同学为研究羽毛球飞行规律，描绘出了如图所示的若干条羽毛球飞行轨迹图，图中 A 、 B 是其中同一轨迹上等高的两点， P 为该轨迹的最高点，则该羽毛球（ ）



- A. 在 P 点时羽毛球的加速度方向竖直向下
- B. 整个飞行过程中经 P 点的速度最小
- C. AP 段的运动时间小于 PB 段的运动时间
- D. 在 A 点的重力功率大小等于在 B 点的重力功率

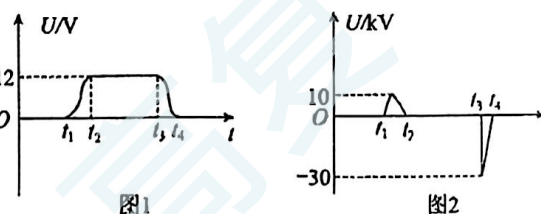
5. 我国第四代反应堆——钍基熔盐堆能源系统 (TMSR) 研究已获重要突破。在相关中企发布熔盐反应堆驱动的巨型集装箱船的设计方案之后, 钍基熔盐核反应堆被很多人认为是中国下一代核动力航母的理想动力。钍基熔盐核反应堆的核反应方程式主要包括两个主要的核反应, 其中一个

是: ${}_{92}^{233}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{142}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$ 。已知核 ${}_{56}^{142}\text{Ba}$ 、 ${}_{92}^{233}\text{U}$ 、 ${}_{36}^{89}\text{Kr}$ 、 ${}_0^1\text{n}$ 的质量分别为 141.9134u 、 233.0154u 、

88.9059u 、 1.0087u , 根据质能方程, 1u 物质的能量相当于 931MeV 。下列说法正确的是 ()

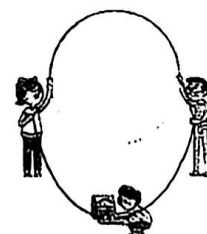
- A. 核反应方程中的 $x=56$, $y=88$
- B. 一个 ${}_{92}^{233}\text{U}$ 核裂变放出的核能约为 196.36MeV
- C. 核裂变放出一个光子, 若该光子撞击一个粒子后动量大小变小, 则波长会变长
- D. 核反应堆是通过核裂变把核能直接转化为电能发电

6. 汽车的“点火线圈”实际上是一个变压器低压直流通过一个开关输入初级线圈, 在开关断开或闭合的瞬间, 将会在次级线圈中产生脉冲高电压形成电火花, 图 1 和图 2 分别是初级线圈、次级线圈电压随时间变化的图像, 则 ()



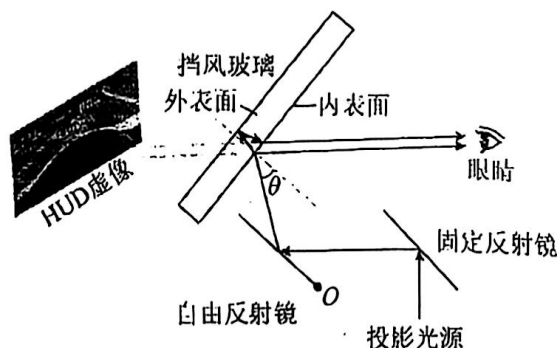
- A. t_1 时刻开关刚刚断开
- B. 次级线圈的匝数比初级线圈要多
- C. t_2 至 t_3 间穿过次级线圈的磁通量为零
- D. 开关断开与闭合瞬间次级线圈产生的感应电动势方向相同

7. 某学习小组估测当地的地磁场磁感应强度大小, 如图所示, 一根折成半圆形的金属导线两端连接一个交流电压表, 两人站在不同方位匀速摇动导线, 电压表的示数不同, 其中最大示数为 U , 已知半圆的半径为 R , 转动的角速度为 ω , 导线电阻不计, 当地的地磁场磁感应强度 B 的大小约为 ()



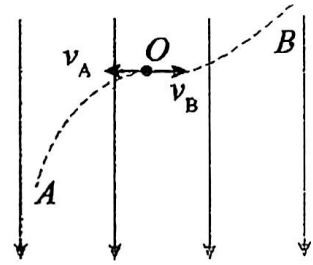
- A. $\frac{U}{\pi\omega R^2}$
- B. $\frac{\sqrt{2}U}{\pi\omega R^2}$
- C. $\frac{2U}{\pi\omega R^2}$
- D. $\frac{2\sqrt{2}U}{\pi\omega R^2}$

8. 汽车的 HUD (平视显示器) 的应用使驾驶员不必低头就能看到相关信息, 提高驾驶安全性。如图所示为 HUD 系统简化光路图, 光线从光源出发经固定反射镜反射, 再经自由反射镜 (可绕 O 点旋转) 反射, 以入射角 θ 射向挡风玻璃后反射进入人眼, 形成虚像。由于光线在挡风玻璃内、外表面都存在反射, 反射形成的两条光线同时进入人眼可能会形成重影。图中小段的挡风玻璃内、外表面可认为平整且相互平行, 下列说法正确的是 ()



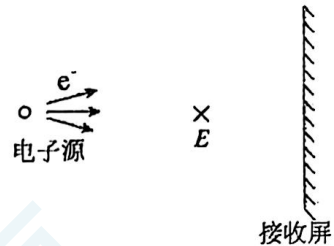
- A. 增大 θ , 可使光在外表面上发生全反射
- B. θ 越大, 重影越明显
- C. 使用红光比使用紫光更有利于减弱重影
- D. 若需要降低虚像的高度, 可使自由反射镜顺时针旋转

9. 静止在 O 点的碘 $^{131}_{53}\text{I}$ 原子核发生衰变的同时, 在空间中外加一个如图所示的匀强电场。之后衰变产物 A 、 B 两粒子的运动轨迹 OA 、 OB 如图虚线所示, 不计重力和两粒子间的相互作用, 下列说法正确的是 ()



- A. 碘 $^{131}_{53}\text{I}$ 原子核发生的是 α 衰变
- B. 两个粒子的轨迹为两个外切的圆弧
- C. A 粒子初动能小于 B 粒子初动能
- D. 两粒子初速度大小相同

10. 实验室里有一款电子发射器, 可以在水平方向以任意角度发射电子。现在空间中存在竖直向下的匀强电场, 并在一适当位置竖直放置一块很大的粒子接收屏, 如图所示。若固定电子的初速度大小不变, 并任意地调节发射器的角度, 忽略电子重力, 则打到接收屏的电子构成的几何图形是 ()



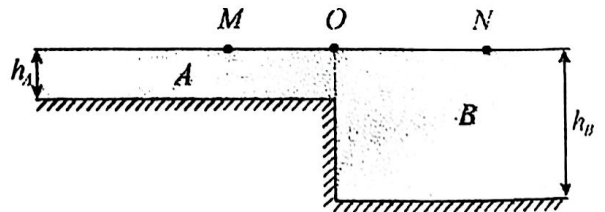
- A. V 形折线
- B. 圆或椭圆
- C. 抛物线
- D. 双曲线的一支

二、选择题II (本大题共 3 小题, 每小题 4 分, 共 12 分, 四个选项中至少有一个选项是正确的, 少选得 2 分, 错选或不选不得分)

11. 下列说法中正确的是 ()

- A. 当处于电谐振时, 所有电磁波仍能在接收电路中产生感应电流
- B. 泊松亮斑是光通过小圆孔时发生的衍射现象
- C. 偏振光的振动方向与偏振片的透振方向成 45° 夹角时, 偏振光无法透过偏振片
- D. 在液晶显示技术中给上下基板加较强电场后液晶会失去旋光性而呈现暗态

12. 如图所示为某水池的剖面图, A 、 B 两区域的水深分别为 h_A 、 h_B , 其中 $h_B=2.5\text{m}$, 点 O 位于两部分水面分界线上, M 和 N 是 A 、 B 两区域水面上的两点, $OM=4\text{m}$, $ON=7.5\text{m}$, $t=0$ 时刻 M 点从平衡位置向下振动, N 点从平衡位置向上振动, 形成以 M 、 N 点为波源的水波 (看作是简谐横波), 两波源的振动频率均为 1Hz , 振幅均为 5cm , 当 $t=1\text{s}$ 时, O 点开始振动且振动方向向下, 已知水波的波



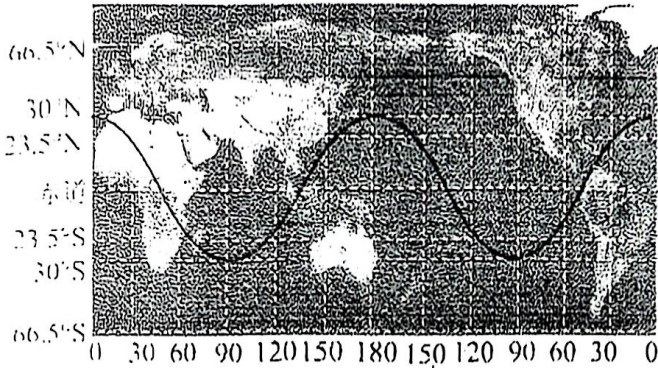
速跟水深关系为 $v=\sqrt{gh}$, 式中 h 为水深,

$g=10\text{m/s}^2$, 下列说法正确的是 ()

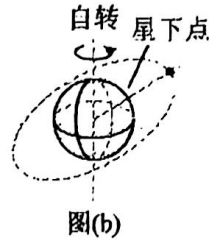
- A. B 区域中水波的波长为 5m
- B. 区域 A 的水深为 $h_A=1.5\text{m}$
- C. $t=2\text{s}$ 时, O 点的振动方向向上
- D. MN 连线之间 (不包括 M 、 N) 共有 4 个振动加强点

13. 2024 年 9 月, 我国成功发射北斗卫星导航系统第 60 颗卫星, 标志着“北斗三号”全球卫星导航系统建设的圆满收官。图 (a) 是西安卫星测控中心对某卫星的监控画面, 图中左侧数值表示纬度, 下方数值表示经度, 曲线是运行过程中, 卫星和地心的连线与地球表面的交点 (即卫星在地面上的投影点, 称为星下点) 的轨迹展开图。该卫星运行的轨道 I 近似为圆轨道, 高度低于地球静止卫星轨道, 绕行方向如图 (b) 所示。一段时间后, 卫星在轨道 I、II 交点处通过快速喷气变轨到轨道

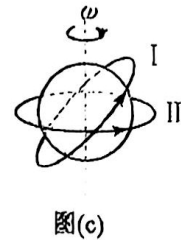
II, 如图(c)所示, 轨道II为赤道平面圆轨道, I为倾斜圆轨道, I、II轨道高度相同。地球自转周期为 24 小时, 卫星质量为 m , 卫星在轨道I上运行的速率 v , 不考虑喷气时卫星的质量变化。根据以上信息可以判断 ()



图(a)



图(b)



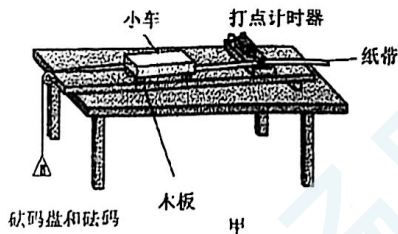
图(c)

- A. 卫星在该轨道II运行时比赤道上随地球自转的物体所受的向心力大
- B. 该卫星运行速度大于第一宇宙速度
- C. 该卫星运行周期为 12 小时
- D. 喷气变轨时, 卫星受到的冲量大小为 $\frac{\sqrt{6}-\sqrt{2}}{2}mv$

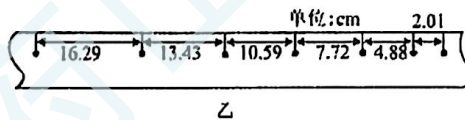
非选择题部分

三、非选择题 (本题共 5 小题, 共 58 分)

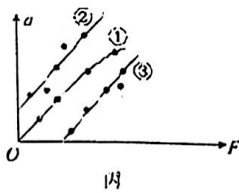
14-1. (6 分) 利用如图甲的实验装置“探究加速度与物体受力、物体质量的关系”。



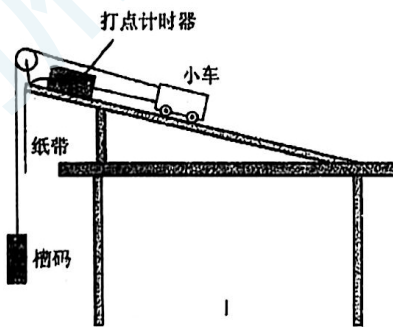
甲



乙



丙



丁

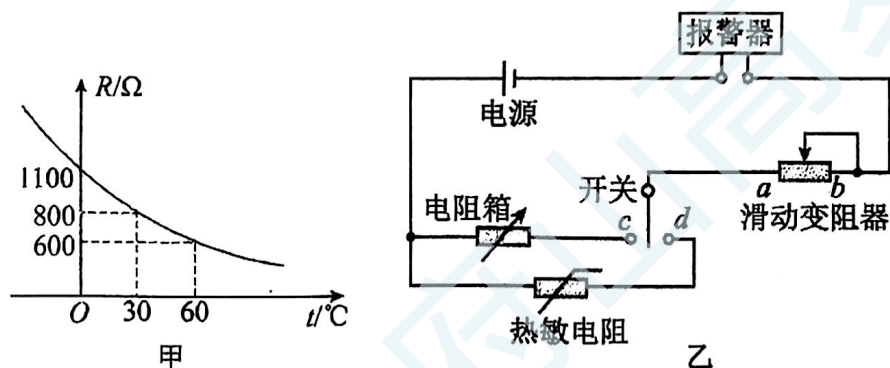
- (1) 图乙是实验得到纸带的一部分, 每相邻两计数点间有四个点未画出。相邻计数点的间距已在图中给出。打点计时器电源频率为 50Hz, 则小车的加速度大小为 _____ m/s^2 (保留 3 位有效数字)。
- (2) 实验得到的理想 $a-F$ 图像应是一条过原点的直线, 但由于实验误差影响, 常出现如图丙所示的①、②、③三种情况。下列说法正确的是 _____

- A. 图线①的产生原因是小车的质量太大
- B. 图线②的产生原因是平衡摩擦力时长木板的倾角过大
- C. 图线③的产生原因是小车的质量太小

(3)实验小组的同学觉得用图甲装置测量加速度较大时系统误差较大，所以大胆创新，选用图丁所示器材进行实验，测量小车质量 M ，所用交流电频率为 50Hz ，共 5 个槽码，每个槽码的质量均为 $m=10\text{g}$ 。实验步骤如下：i. 安装好实验器材，跨过定滑轮的细线一端连接在小车上，另一端悬挂着 5 个槽码。调整轨道的倾角，用手轻拨小车，直到打点计时器在纸带上打出一系列等间距的点；ii. 保持轨道倾角不变，取下 1 个槽码（即细线下端悬挂 4 个槽码），让小车拖着纸带沿轨道下滑，根据纸带上打的点迹测出加速度 a ；iii. 逐个减少细线下端悬挂的槽码数量，重复步骤 ii；iv. 以取下槽码的总个数 $n(1 \leq n \leq 5)$ 的倒数 $\frac{1}{n}$ 为横坐标， $\frac{1}{a}$ 为纵坐标，在坐标纸上作出 $\frac{1}{a}-\frac{1}{n}$ 关系图线。

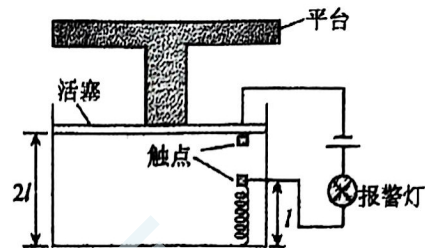
测得 $\frac{1}{a}-\frac{1}{n}$ 关系图线的斜率为 2.5m/s^2 ，则小车质量 $M = \underline{\hspace{2cm}} \text{kg}$ （计算结果保留两位有效数字）。

14-II. (8 分) 某热敏电阻的阻值 R 随温度变化的图线如图甲所示，现要利用该热敏电阻组装一个报警系统，要求当热敏电阻的温度达到或超过 60°C 时，系统报警。提供的器材有：热敏电阻，报警器（内阻很小，流过的电流超过 10mA 时就会报警，流过的电流超过 20mA 时，报警器可能损坏），电阻箱（最大阻值为 999.9Ω ），直流电源（输出电压为 18V ，内阻不计），滑动变阻器 A（最大阻值为 500Ω ），滑动变阻器 B（最大阻值为 2000Ω ），单刀双掷开关一个，导线若干。

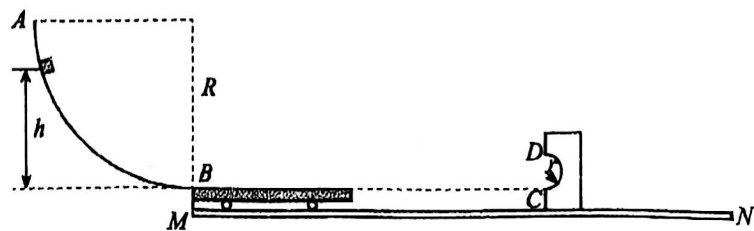


- (1)使用过程中，为了报警器能正常使用，滑动变阻器应选择 （填“A”或“B”）；
- (2)按乙图所示的电路图组装电路，并按照下列步骤调节此报警系统：
 - ①电路接通前，滑动变阻器的滑片应置于 （填“a”或“b”）端附近；
 - ②根据实验要求，先将电阻箱调到 Ω ；
 - ③将开关向 （填“c”或“d”）端闭合，缓慢移动滑动变阻器的滑片，直至报警器开始报警；
 - ④保持滑动变阻器滑片的位置不变，将开关向另一端闭合，报警系统即可正常使用。

15. (8分) 如图是某超重报警装置示意图, 它由导热性能良好的密闭汽缸、固定有平台活塞、报警电路组成, 当活塞下移两触点接触时, 电路发出超重报警。已知活塞与平台的总质量为 m , 活塞横截面积为 S , 弹簧长为 l , 大气压为 p_0 。平台不放物体, 在环境温度为 T_0 时, 活塞距汽缸底高为 $2l$ 。不考虑活塞与汽缸间摩擦, 忽略上触点与活塞之间的距离, 汽缸内气体视为理想气体。
- (1) 平台下移过程中气体分子间作用力为_____ (选填“引力”、“斥力”或“零”), 单位面积汽缸壁受到气体分子的撞击力_____ (选填“增大”、“不变”或“减小”);
- (2) 轻放重物, 活塞缓慢下移, 求刚好触发超重预警时所放重物的质量 M ;
- (3) 不放重物, 若外界温度缓慢降低, 从图示位置到刚触发超重预警过程, 气体向外界放出热量 Q 。求气体内能的变化 ΔU 。



16. (11分) 如图所示为某游戏装置侧面图, 半径 $R=1.0\text{m}$ 的 $\frac{1}{4}$ 圆弧轨道 AB 固定, 质量 $M=0.2\text{kg}$ 、半径 $r=0.06\text{m}$ 的半圆弧轨道 CD 锁定在水平面 MN 上, 一长为 $L=0.8\text{m}$ 、质量也为 $M=0.2\text{kg}$ 的平板小车停在 MN 轨道的最左端紧靠 BM , 小车上表面与 B 、 C 点等高, 将一可视为质点、质量 $m=0.8\text{kg}$ 的滑块从距 B 点高度为 h 处静止释放, 滑上小车后带动小车向右运动, 小车与轨道 CD 碰撞 (碰撞时间极短) 后即被粘在 C 处, 滑块可沿轨道 CD 继续运动。已知水平轨道 MN 、 BC 间距均足够长, 滑块与小车的动摩擦因数 $\mu=0.25$, 其余接触面均光滑, 取 $g=10\text{m/s}^2$, 求:
- (1) 若 $h_1=0.2\text{m}$, 滑块运动到圆弧底端 B 点时受到的支持力大小;
- (2) 要使滑块不会从小车上掉下, 最大的高度 h_2 ;
- (3) 要使滑块能过最高点 D , 则 h 的取值范围;
- (4) 若撤去小车, 将半圆弧轨道 CD 紧靠 BM 放置且不固定, 滑块从 $h_3=0.8\text{m}$ 处静止释放运动到 D 点时受到的压力的大小。



17. (12分) 随着社会的发展, 新能源汽车已经成为我们日常生活中非常普遍的交通工具之一。电机系统是新能源汽车核心技术之一, 当前新能源汽车主要使用的电机包括永磁同步电机和交流感应电机(如图1)。交流感应电动机就是利用电磁驱动工作的, 其原理是利用配置的三个线圈连接到三相电源上, 产生旋转磁场, 磁场中的导线框也就随着转动, 就这样, 电动机把电能转化成机械能。其原理类似于如图2所示的高中教材中的演示实验。为方便理解图1中交流感应电动机的工作原理, 我们将其简化等效为如图3所示的模型(俯视图), 其中单匝线圈 $abcd$ 处于辐向磁场中, ab 、 cd 所处的磁感应强度相同, 大小均为 $B = 0.1\text{T}$, 两无磁场区域夹角均为 $\theta = 60^\circ$, 已知导线框 $abcd$ 的边长均为 $L = 2\text{cm}$, 线框总电阻为 $R = 0.01\Omega$ 。两边 ab, cd 质量均为 $m = 0.01\text{kg}$, 在磁场中转动时, 受到的阻力均为 $f = kv$, 其中比例系数 $k = \frac{B^2 L^2}{2R}$, v 为线速度, 其余两边 ad, bc 质量和所受阻力不计, 无磁场区域一切阻力忽略不计。现让磁场以恒定角速度 $\omega_0 = 10\text{rad/s}$ 顺时针转动, 线框初始静止锁定, t_0 时刻解锁如图3所示的正方形导线框 $abcd$, 导线框由静止开始转动。
($\pi = 3$)

- (1) 判断 t_0 时刻, 线框 $abcd$ 中的电流方向(用 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ 或 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ 表示);
- (2) 求线框稳定转动时的角速度、及线框中电流的有效值;
- (3) 系统稳定转动后某时刻磁场停止转动, 求 ab 边还能转过的最大路程。

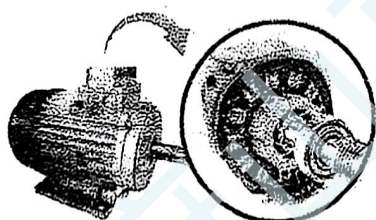


图1



图2

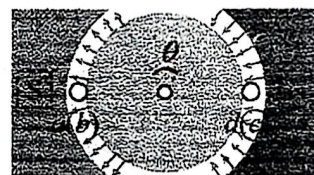


图3

18. (13 分) 科学家发现通过人工磁场可使光子晶体中的光发生偏转, 打破了光学的对称性。某实验室设计了一种新型光子晶体, 能使光子在传播过程中受到类似洛伦兹力的作用。如图所示, 一束激光 (波长 $\lambda = 442\text{nm}$, 功率 $P = 10\text{mW}$) 从光源 O 点发出, 从 P 点沿 x 轴入射, 穿过宽度 $L = 0.6\text{m}$ 的平行光子晶体区域 (区域中存在垂直平面向里的“人工磁场” $B_0 = 0.625 \times 10^{-8}\text{T}$)。已知

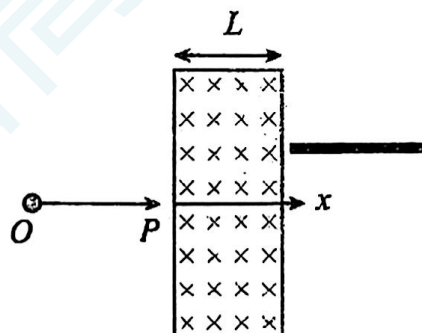
光子在晶体中的速度 $v = 2 \times 10^8\text{m/s}$, 等效电荷 $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ 。在光子晶体右侧平行 x 轴放置完全反射的探测面, 经偏转后的光束以某一角度 (未知) 撞击探测面。普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$, 光速 $c = 3 \times 10^8\text{m/s}$, 传播过程中激光能量不衰减。提示: 单个光子等效质量 $m = \frac{E}{c^2}$, 其中 E 为单个光子能量。 ($\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$) 求:

(1) 单个光子的等效质量 m ;

(2) 光子在晶体中的轨迹半径 r 和偏转位移 d (离 x 轴距离);

(3) 若磁场存在梯度分布: 以 P 点为坐标原点, $B = B_0(1 - \beta x)$, $\beta = 1\text{m}^{-1}$, 求激光束打在探测板上受到探测板的作用力 F 大小 (仅考虑出射晶体时的折射情况);

(4) 若可调节晶体折射率, 使光子在晶体中速度可在 $0 \sim 2 \times 10^8\text{m/s}$ 范围内变化, 光从 P 点进入一块上述光子晶体, $OP = 1\text{m}$, 请你设计光子晶体的形状, 使光子在以上速度范围内经过晶体内磁场偏转后都可以回到 O 点, 画出晶体形状, 并计算最小面积。 (不考虑进出晶体界面处由于折射反射引起的方向改变)



2026 届高三第四次三校联考

物理参考答案

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

14-I. (每空 2 分) (1) 2.86 (2) B (3) 0.20

14-II. (每空 2 分) (1) B (2) b 600.0 c

15.(8 分) (1) 因气体视为理想气体, 则平台下移过程中气体分子间作用力为零, 气体体积变小, 因活塞导热性良好, 可知气体温度不变, 则气体压强变大, 则单位面积汽缸壁受到气体分子的撞击力增大 (2 分)

(2) 气体进行等温过程, 则根据玻意耳定律: $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$$\text{可得} \left(\frac{m}{S} g + p_0 \right) 2lS = \left(\frac{m+M}{S} g + p_0 \right) lS$$

$$\text{得} M = m + \frac{p_0 S}{g} \quad (3 \text{ 分})$$

$$(3) \text{ 等压变化, 外界对气体做功 } W = p_1 (2l - l) S = \left(\frac{mg}{S} + p_0 \right) lS$$

$$\text{由热力学第一定律解得 } \Delta U = \left(\frac{mg}{S} + p_0 \right) lS - Q \quad (3 \text{ 分})$$

16.(11 分) (1) 滑块从起点滑到圆弧轨道底端 B 点, 根据机械能守恒定律 $mgh_1 = \frac{1}{2}mv^2$

$$\text{滑块做圆周运动, 在 B 点, 由牛顿第二定律得 } F_N - mg = m \frac{v^2}{R}$$

$$\text{联立解得 } F_N = 11.2 \text{ N} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 下滑阶段, 根据机械能守恒定律有 } mgh_2 = \frac{1}{2}mv_1^2$$

滑块与车达到共速时, 恰好位于小车右端, 根据动量守恒定律可得 $mv_1 = (m+M)v_{共1}$

$$\text{系统损失的动能转化为摩擦生热 } \mu mgL = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}(m+M)v_{共1}^2$$

$$\text{联立求得 } h_2 = 1.0 \text{ m} \quad (3 \text{ 分})$$

(3) 要使滑块能从 D 点飞出, 最大高度为 $h_2 = 1.0 \text{ m}$

设最小高度为 h'_2 , 滑块到 C 轨道的最高点速度为 v_D , 滑块滑到 B 点速度为 v_2 , 与小车达到共速为 v

$$\mu_2, \text{ 小车滑到 C 点速度为 } v_C, \text{ 沿 AB 弧线下滑机械能守恒 } mgh'_2 = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\text{根据动量守恒定律 } mv_2 = (m+M)v_{共2}$$

根据能量守恒 $mgh'_2 - \mu mgL = \frac{1}{2}Mv_{\text{共}2}^2 + \frac{1}{2}mv_D^2 + 2mgr$

在 D 点, 有 $mg = m\frac{v_D^2}{r}$

联立求得 $h'_2 \approx 0.42\text{m}$

所以 h 的取值范围 $0.42\text{m} \leq h \leq 1.0\text{m}$ (3分)

(4) 滑块释放高度为 h_3 , 且滑块到达 D 的过程中, 有 $mgh_3 = \frac{1}{2}mv_3^2$, $mv_3 = mv_{11} + Mv_{22}$,

$$2mgr = \frac{1}{2}mv_3^2 - \frac{1}{2}mv_{11}^2 - \frac{1}{2}Mv_{22}^2$$

联立得 $v_{11} = 2.8\text{m/s}$, $v_{22} = 4.8\text{m/s}$

根据牛顿第二定律可得 $F'_N + mg = m\frac{(v_{11} - v_{22})^2}{r}$

解得 $F'_N \approx 45.3\text{N}$ (3分)

17.(12分) (1) 由右手切割定则可知电流方向为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ (2分)

(2) 以 ab 边为研究对象, 当线框稳定转动时, $F_{\text{安}} = f$

$$\text{即 } B \frac{2BL(v_0 - v)}{R} L = f, \text{ 其中 } v_0 = \omega_0 \times \frac{L}{2}$$

可得 $v = \frac{4}{5}v_0 = 0.08\text{m/s}$ 则 $\omega = 8\text{rad/s}$

$$\text{由 } I = \frac{2BL(v_0 - v)}{R}, \text{ 得 } I = 8 \times 10^{-3}\text{A}$$

根据电流有效值定义可得 $I_e = \frac{\sqrt{6}}{3}I = \frac{8\sqrt{6}}{3} \times 10^{-3}\text{A}$ (6分)

(3) 把手停止后, 线框由于惯性继续转动切割磁感线。由动量定理可得 $-\sum (BIL + f)\Delta t = 0 - mv$

$$\text{即 } -\sum \left(B \frac{2BLv}{R} L + \frac{B^2 L^2 v}{2R} \right) \Delta t = 0 - mv, \quad -\frac{5B^2 L^2}{2R} S = 0 - mv$$

代入数据可得 $S = 0.8\text{m}$

结合空缺区域磁场 $S_{\text{总}} = S + \frac{1}{2}S = 1.2\text{m}$ (4分)

18.(13分) (1) 光子的能量为 $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

根据质能方程可知, 光子的等效质量为 $m = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$

解得 $m = \frac{E}{c^2} = \frac{h}{\lambda c} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{442 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^8} \text{ kg} = 5 \times 10^{-36} \text{ kg}$ (2分)

(2) 洛伦兹力充当向心力, 故有 $qvB_0 = \frac{mv^2}{r}$

解得 $r = \frac{mv}{qB_0} = \frac{5 \times 10^{-36} \times 2 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.625 \times 10^{-8}} \text{ m} = 1 \text{ m}$

根据几何关系有 $\sin \theta = \frac{L}{r} = 0.6$

$d = r(1 - \cos \theta) = 0.2r = 0.2 \text{ m}$ (4分)

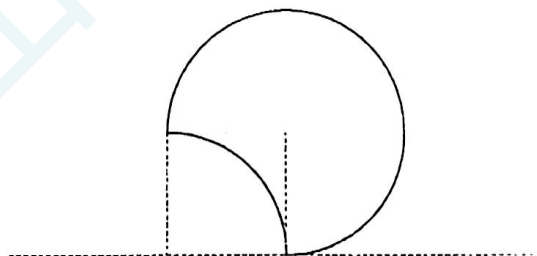
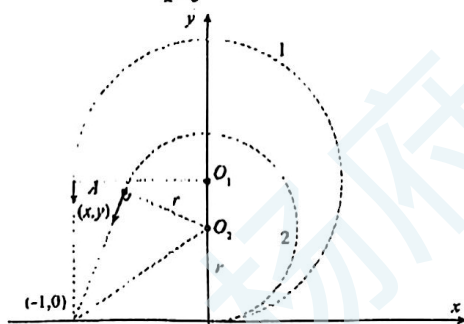
(3) 将粒子的速度分解, 在 y 方向上的洛伦兹力与水平分速度有关, 列动量定理, 有 $\sum Bqv_x \cdot \Delta t = mv_y - 0$ 即 $\sum B_0(1 - \beta x)q \Delta x = mv_y - 0$

可解得 $B_0 qx - B_0 q \frac{x^2}{2} = mv_y$ 所以 $v_y = 0.84 \times 10^8 \text{ m/s}$

方向为 $\sin \theta = \frac{v_y}{v} = 0.42$ 根据折射率公式, 有 $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \theta}$

碰撞时有动量定理, 可知 $F = \frac{2P \sin \alpha}{c} = \frac{2 \times 10^{-2} \times 0.63}{3 \times 10^8} \text{ N} = 4.2 \times 10^{-11} \text{ N}$ (4分)

(4) 由于 $r = \frac{mv}{qB_0}$ 当 $v = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$ 时, $r_{\text{max}} = 1 \text{ m}$



如图所示, 曲线 1 为速度最大值时对应的轨迹, 曲线 2 为速度为 v 时对应的一般轨迹, 假设出射点为

$A(x, y)$ 。由几何关系得 $r^2 + (x+1)^2 + y^2 = 1 + r^2$, $(x+1)^2 + y^2 = 1$

即所有出射点连接起来为圆弧。所以满足题意可设计如下图所示形状的光子晶体。

则光子晶体的最小面积为 $S_{\min} = \frac{3}{4} \pi r_{\text{max}}^2 + \left(r_{\text{max}}^2 - \frac{1}{4} \pi r_{\text{max}}^2 \right) = \left(\frac{\pi}{2} + 1 \right) \text{ m}^2$ (3分)