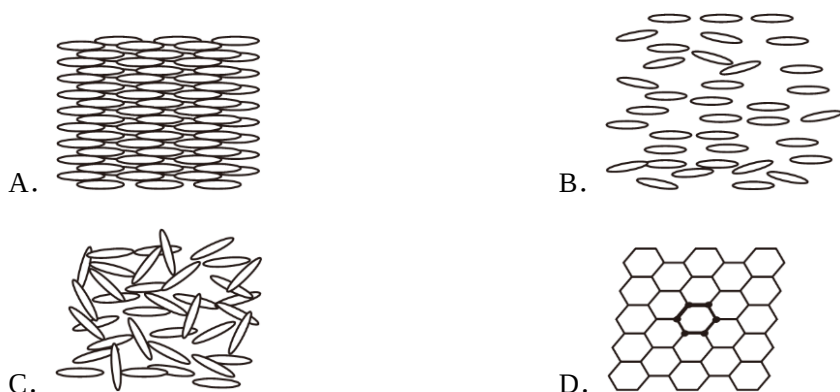


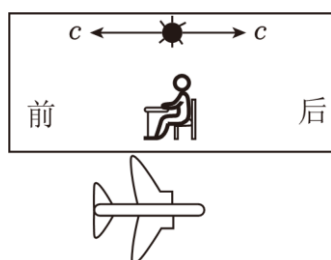
2024 年江苏省南通市海门中学高考物理二模试卷

一、单项选择题：共 11 题，每题 4 分，共 44 分。每小题只有一个选项符合题意。

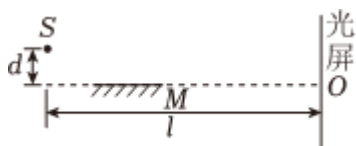
- 1.（4 分）液晶在现代生活中扮演着重要角色，广泛应用于手机屏幕、平板电视等显示设备中。下列四幅图哪个是液晶态分子排列图（ ）



- 2.（4 分）如图所示，一同学在教室上课，教室的长度为 9m，教室中间位置有一光源。有一飞行器从前向后高速通过教室外侧，已知光速为 c ，飞行器中的飞行员认为（ ）

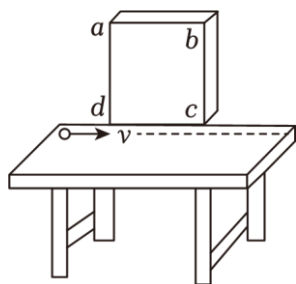


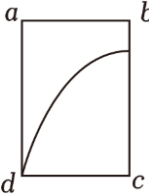
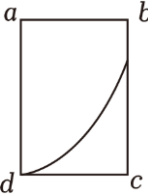
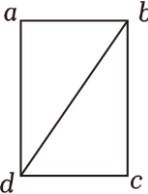
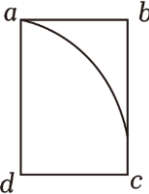
- A. 教室中的时钟变快
B. 教室的长度大于 9m
C. 从光源发出的光先到达教室后壁
D. 光源发出的光，向后的速度小于 c
- 3.（4 分）如图所示，某兴趣小组用洛埃镜实验装置研究光的波长，S 为红色光源，M 为平面镜。在光屏上某区域出现了明暗相间的条纹，要使得条纹间距变大，下列措施可行的是（ ）



- A. 将光屏向左移动
B. 将平面镜向左平移
C. 将光源 S 向下移动
D. 将 S 换成绿色光源
- 4.（4 分）如图所示，光滑水平桌面上，一小球以速度 v 向右匀速运动，当它经过靠近桌边的竖直木板 ad

边正前方时，木板开始做自由落体运动。若木板开始运动时，cd 边与桌面相齐，则小球在木板上的投影轨迹是（ ）



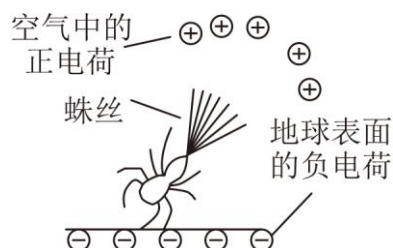
- A.  B.  C.  D. 

5. (4 分) “智能表带”是一种新型的通话工具。如图所示，使用时只要按动表带上的按钮，就能触发表带内的人体传导单元，从而将信号转换为身体可以传输的振动信号，通过手指传入耳朵，根据以上描述，下列说法正确的是（ ）



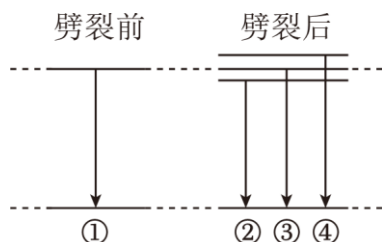
人体传导单元

- A. 经过手指传播的信号是电磁波
B. 该振动信号传播不依赖于介质
C. 信号经表带传入手指的频率不变
D. 信号经表带传入手指的传播速度不变
6. (4 分) 科学家研究发现，蜘蛛在没有风的情况下也能向上“起飞”。如图，当地球表面带有负电荷，空气中有正电荷时，蜘蛛在其尾部吐出带电的蛛丝，在电场力的作用下实现向上“起飞”。下列说法正确的是（ ）



- A. 蜘蛛往电势高处运动
B. 电场力对蛛丝做负功
C. 蛛丝的电势能增大
D. 蛛丝带的是正电荷

- 7.（4分）原子处于磁场中，某些能级会发生劈裂。某种原子能级劈裂前后的部分能级图如图所示，相应能级跃迁放出的光子分别设为①②③④。若用光①照射某金属表面时能发生光电效应，且逸出光电子的最大初动能为 E_k ，则（ ）



- A. ②光子的频率大于④光子的频率
B. ①光子的动量与③光子的动量大小相等
C. 用②照射该金属一定能发生光电效应
D. 用④照射该金属逸出光电子的最大初动能小于 E_k
- 8.（4分）如图所示，李辉、刘伟用多用电表的欧姆挡测量变压器初级线圈的电阻。实验中两人没有注意操作的规范：李辉两手分别握住红黑表笔的金属杆，刘伟用两手分别握住线圈裸露的两端让李辉测量。测量时表针摆过了一定角度，最后李辉把多用电表的表笔与被测线圈脱离。在这个过程中，他们二人中有人突然“哎哟”惊叫起来，觉得有电击感。下列说法正确的是（ ）

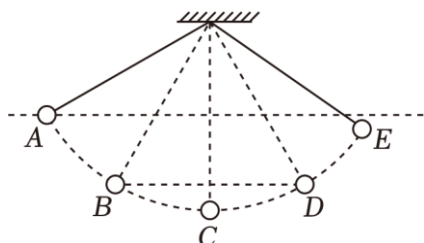


- A. 电击发生在李辉用多用电表红黑表笔的金属杆接触线圈裸露的两端时
B. 有电击感的是刘伟，因为所测量变压器是升压变压器
C. 发生电击前后，流过刘伟的电流方向发生了变化
D. 发生电击时，通过多用电表的电流很大
- 9.（4分）孔明灯俗称许愿灯，祈天灯，古代多用于军事通讯，而现代人多用于祈福。在灯底部的支架上绑上一块沾有煤油的粗布，点燃后灯内的热空气膨胀，放手后，整个灯冉冉升空，当底部的煤油烧完后又会自动下降。关于孔明灯，下列说法正确的是（ ）

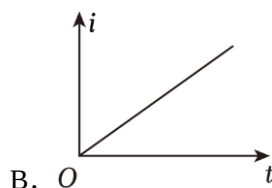
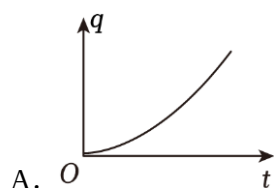
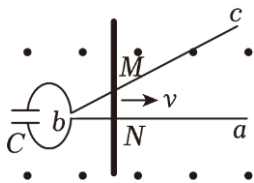


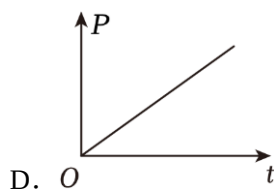
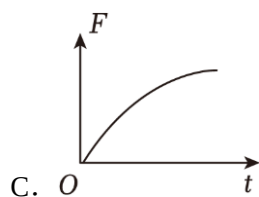
- A. 点燃后，孔明灯所受浮力增大从而升空
- B. 点燃后，灯内气体的温度升高，内能增大
- C. 点燃后升空过程中，灯内气体分子间的平均撞击力增大
- D. 点燃后升空过程中，灯内气体的压强不变

10. (4分) 如图所示，细绳一端固定，下端连接乒乓球，乒乓球从 A 点静止释放摆动到右侧最高点 E，C 为最低点，B、D 两点等高，上述过程中乒乓球 ()



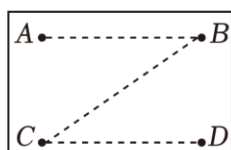
- A. 在 E 点时，绳中拉力为零
 - B. 在 C 点时速度最大
 - C. 在 B、D 两点的速度大小相等
 - D. 从 B 点到 C 点的时间比从 C 点到 D 点的时间短
11. (4分) 如图所示，左端有微小夹缝（距离可忽略）的“ $\angle$ ”形光滑导轨 abc 水平放置在竖直向上的匀强磁场中，一电容器 C 与导轨左端相连，导轨上的金属棒 MN 与 ab 垂直，在外力 F 作用下从 b 点开始以速度 v 向右匀速运动，忽略所有电阻。下列关于极板上的电荷量 q 、回路中的电流 i 、外力 F、外力 F 的功率 P 随时间 t 变化的图像中正确的是 ()



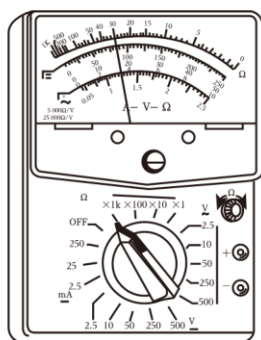


二、非选择题：共 5 题，共 56 分。其中第 13 题～第 16 题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后答案的不能得分；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

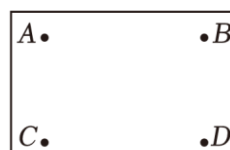
12. (1) 某一电学黑箱内可能有电源、电容器、电感线圈、二极管、定值电阻等元件，在接线柱间以如图甲所示的“Z”字形连接（虚线所连的两接线柱间只有一个元件）。为了确定各元件种类，小华同学用多用电表进行了如下实验。若已判定黑箱中无电源，现将选择开关旋至欧姆表“ $\times 1$ ”挡，调节好多用电表，分别测量 AB、BC、CD 间的正向电阻和反向电阻，记录如下表。请在图丙中画出黑箱内的所有元件及其连接方式_____。



甲



乙



丙

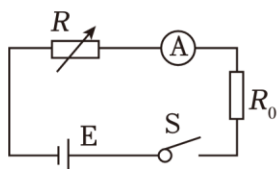


图1

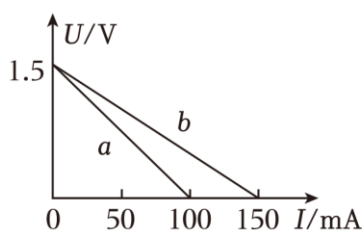


图2

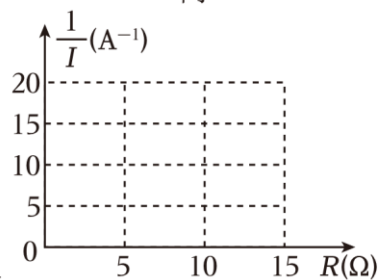


图3

A、B	红表笔接 A 黑表笔接 B	红表笔接 B 黑表笔接 A
	开始很小，然后变为很大	
B、C	红表笔接 B 黑表笔接 C	红表笔接 C 黑表笔接 B
	逐渐由大变小，最终稳定在某一值	
C、D	红表笔接 C 黑表笔接 D	红表笔接 D 黑表笔接 C
	恒定值	

(2) 甲、乙、丙三位同学协作测定某电池的电动势和内阻的实验。他们设计的电路原理如图 1，其中 R 为电阻箱， R_0 为保护电阻，阻值 $R_0=5.0\Omega$ ，电流表 A 的内阻 $R_A=9.0\Omega$ 。他们改变 R 的阻值，记下多组 R 和电流表示数 I 。甲同学以 IR 作纵坐标，以 I 作横坐标，作图处理数据；乙同学以 $I(R+R_0)$ 为纵坐标，以 I 为横坐标处理数据，他们在同一张坐标纸上画出的图如图 2 所示。

①由图 2 可知，甲同学绘制的是图线 _____（填“a”或“b”），由该图线得到的电源电动势为 V ，内阻为 _____ Ω 。

②丙同学打算以 $\frac{1}{I}$ 为纵坐标，以 R 作横坐标，请根据①中计算的结果将丙所作图线在图 3 中画出。

13. 我国是国际热核聚变研究领域的领先者之一。在某次核反应中，一个氘核 (${}^2_1\text{H}$) 和一个氚核 (${}^3_1\text{H}$) 结合生成一个氦核 (${}^4_2\text{He}$)，并放出一个粒子。已知氘核的比结合能为 E_1 ，氚核的比结合能为 E_2 ，该核反应释放的核能为 ΔE ，真空中光速为 c 。

(1) 写出核反应方程并求出质量亏损；

(2) 求氦核的比结合能 E_3 。

14. 2022 年 10 月 12 日，中国空间站“天宫课堂”第三课开讲，这是中国航天员首次在问天实验舱内进行授课。已知中国空间站离地高度为 h ，地球半径为 R ，地球表面的重力加速度为 g 。求：

(1) 中国空间站绕地球做匀速圆周运动的速度；

(2) 由于在空间站运行轨道上存在密度为 ρ 的均匀稀薄气体，为了维持空间站长期在固定轨道上做匀速圆周运动，需要对空间站施加一个与速度方向相同的动力，若空间站在垂直速度方向的面积为 S ，碰到稀薄气体后气体速度立刻与空间站速度相同，求对空间站施加动力 F 的大小。



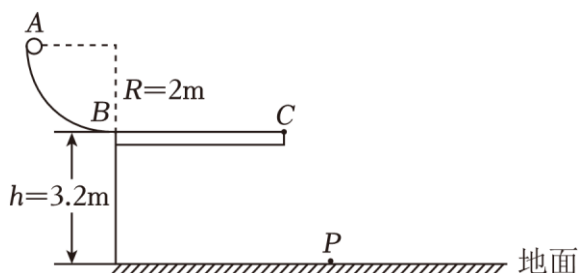
15. 如图所示，一轨道由半径为 $2m$ 的四分之一竖直圆弧轨道 AB 和长度可以调节的水平直轨道 BC 在 B 点平滑连接而成。现有一质量为 0.2kg 的小球从 A 点无初速度释放，经过圆弧上的 B 点时，传感器测得轨道所受压力大小为 3.6N ，小球经过 BC 段所受阻力为其重力的 0.2 倍，然后从 C 点水平飞离轨道，落到水平面上的 P 点， P 、 C 两点间的高度差为 3.2m 。小球运动过程中可以视为质点，且不计空气阻力。

(1) 求小球在圆弧轨道上克服摩擦力所做的功；

(2) 为使小球落点 P 与 B 点的水平距离最大，求 BC 段的长度；

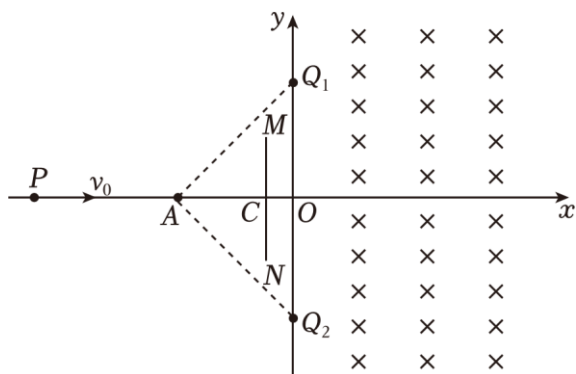
(3) 小球落到 P 点后弹起，与地面多次碰撞后静止。假设小球每次碰撞机械能损失 75% ，碰撞前后速

度方向与地面的夹角相等。求地面上小球第 1 次和第 2 次落点的距离 Δx 。



16. 如图所示，在竖直平面内建立 xOy 坐标系，P、A、 Q_1 、 Q_2 四点的坐标分别为 $(-2L, 0)$ 、 $(-L, 0)$ 、 $(0, L)$ 、 $(0, -L)$ 。 y 轴右侧存在范围足够大的匀强磁场，方向垂直于 xOy 平面向里。在界面 PAQ_1 的上方存在竖直向下的匀强电场（未画出），界面 PAQ_2 的下方存在竖直向上的匀强电场（未画出），且上下电场强度大小相等。在 $(-\frac{1}{4}L, 0)$ 处的 C 点固定一平行于 y 轴且长为 $\frac{4L}{3}$ 的绝缘弹性挡板 MN，C 为挡板中点，带电粒子与弹性绝缘挡板碰撞前后，沿 y 方向分速度不变。沿 x 方向分速度反向，大小不变。质量为 m 、电量为 q 的带负电粒子（不计重力）从 x 轴上方非常靠近 P 点的位置以初速度 v_0 沿 x 轴正方向射入电场且刚好可以过 Q_1 点。求：

- (1) 电场强度的大小、到达 Q_1 点速度的大小和方向；
- (2) 磁场取合适的磁感应强度，带电粒子没有与挡板发生碰撞且能回到 P 点，求从 P 点射出到回到 P 点经历的时间；
- (3) 改变磁感应强度的大小，要使粒子最终能回到 P 点，则带电粒子最多能与挡板碰撞多少次？

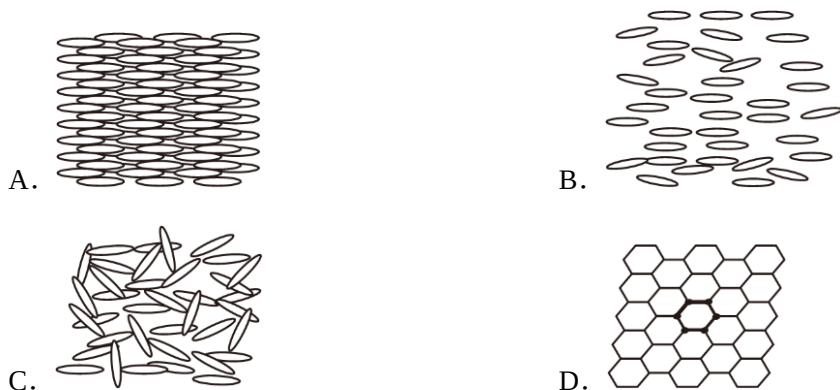


2024 年江苏省南通市海门中学高考物理二模试卷

参考答案与试题解析

一、单项选择题：共 11 题，每题 4 分，共 44 分。每小题只有一个选项符合题意。

- 1.（4 分）液晶在现代生活中扮演着重要角色，广泛应用于手机屏幕、平板电视等显示设备中。下列四幅图哪个是液晶态分子排列图（ ）



【答案】B

【分析】液晶是一类比较特殊的物态，其分子排列的有序性介于晶体和液体之间，液晶分子在特定方向排列比较整齐，但不稳定；液晶像液体一样具有流动性，而其光学性质与某些晶体相似具有各向异性，距分析作答。

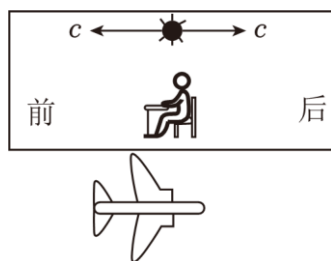
【解答】解：AD. 液晶是一类比较特殊的物态，其分子排列的有序性介于晶体和液体之间，液晶在某个方向上看，其分子排列比较整齐，但从另一方向看，分子的排列是杂乱无章的，选项 A、D 中分子排列非常有序，不符合液晶分子的排列规律，故 AD 错误；

B. 选项 B 中分子排列比较整齐，但从另外一个角度看也具有无序性，符合液晶分子的排列规律，故 B 正确；

C. 选项 C 中，分子排列是完全无序的，不符合液晶分子的排列规律，故 C 错误。

故选：B。

- 2.（4 分）如图所示，一同学在教室上课，教室的长度为 9m，教室中间位置有一光源。有一飞行器从前向后高速通过教室外侧，已知光速为 c ，飞行器中的飞行员认为（ ）



- A. 教室中的时钟变快
- B. 教室的长度大于 9m
- C. 从光源发出的光先到达教室后壁
- D. 光源发出的光，向后的速度小于 c

【答案】C

【分析】根据爱因斯坦相对论的描述分析出教室中时钟和教室长度的变化；

根据运动学公式分析出光源发出的光先到达的位置；

根据光速不变理论完成分析。

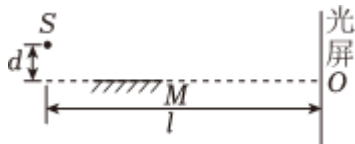
【解答】解：AB、根据爱因斯坦的相对论，可知飞行器中的飞行员认为看到教室中的时钟变慢，教室的长度变短，即长度小于 9m，故 AB 错误；

C、教室中的人认为，光向前向后传播的速度相等，光源在教室中央，光同时到达前后两壁，飞行器中的飞行员是一个惯性系，光向前向后传播的速度相等，向后壁传播的路程短些，到达后壁的时刻早些，故 C 正确；

D、根据光速不变理论，无论光源与观察者之间做怎样的相对运动，光速都是一样的，故 D 错误；

故选：C。

- 3.（4 分）如图所示，某兴趣小组用洛埃镜实验装置研究光的波长，S 为红色光源，M 为平面镜。在光屏上某区域出现了明暗相间的条纹，要使得条纹间距变大，下列措施可行的是（ ）



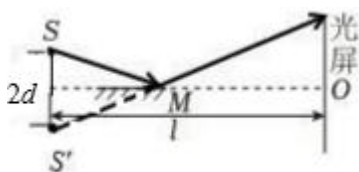
- A. 将光屏向左移动
- B. 将平面镜向左平移
- C. 将光源 S 向下移动
- D. 将 S 换成绿色光源

【答案】C

【分析】洛埃镜实验装置研究光的波长的情况与双缝干涉的情况相似，根据光的干涉条件：频率相同的两相干光，依据叠加原理，振动加强的出现亮条纹，振动减弱的出现暗条纹，结合条纹间距公式从而分

析判断。

【解答】解：光源 S 直接照射到光屏上的光和通过平面镜反射的光在光屏上相遇，发生干涉，呈现干涉条纹该情况与双缝干涉的情况相似，设光源到屏的距离可以看作双缝到屏的距离 L，光源 S 到 S 在平面镜中虚像 S' 的间距看作双缝的间距，大小为 2d，如图



结合双缝干涉的相邻条纹间距公式可得 $\Delta x = \frac{L}{2d} \lambda$

A、将光屏向左移动，L 减小，相邻亮条纹间距变小，故 A 错误；

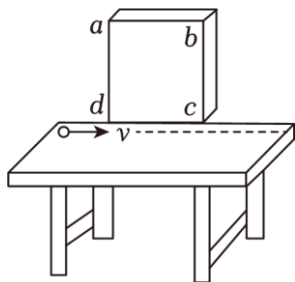
B、将平面镜向左平移，L 与 d 不变，则相邻亮条纹的间距不变，故 B 错误；

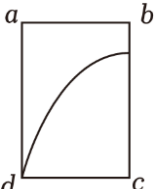
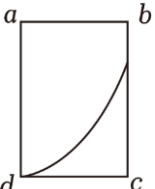
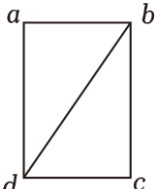
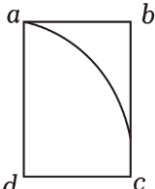
C、将光源 S 向下移动，d 减小，相邻亮条纹间距变宽，故 C 正确；

D、将 S 换成绿色光源，将光源的频率变大，波长减小，相邻亮条纹间距变小，故 D 错误。

故选：C。

- 4.（4 分）如图所示，光滑水平桌面上，一小球以速度 v 向右匀速运动，当它经过靠近桌边的竖直木板 ad 边正前方时，木板开始做自由落体运动。若木板开始运动时，cd 边与桌面相齐，则小球在木板上的投影轨迹是（ ）



- A.  B.  C.  D. 

【答案】B

【分析】小球的投影的运动是由小球水平方向的位移与木板竖直方向上的位移的合位移，则由运动的合成可知投影的轨迹。

【解答】解：投影在水平方向做匀速直线运动，竖直方向上相对于木板向上做加速运动，故小球的合速度应偏向上方，同时加速度指向曲线的内侧，故轨迹应向上；故 ACD 错误，B 正确；

故选：B。

- 5.（4分）“智能表带”是一种新型的通讯工具。如图所示，使用时只要按动表带上的按钮，就能触发表带内的人体传导单元，从而将信号转换为身体可以传输的振动信号，通过手指传入耳朵，根据以上描述，下列说法正确的是（ ）



- A. 经过手指传播的信号是电磁波
- B. 该振动信号传播不依赖于介质
- C. 信号经表带传入手指的频率不变
- D. 信号经表带传入手指的传播速度不变

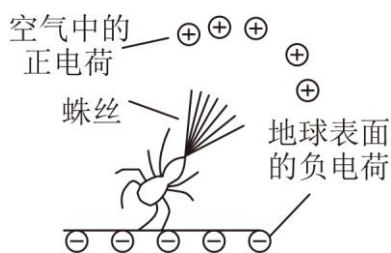
【答案】C

【分析】经过手指传播的信号是机械波，机械波的传播需要依赖介质。信号经表带传入手指的频率不变，波速与介质有关，所以传播速度发生变化。

【解答】解：AB、经过手指传播的振动信号是机械波，而机械波的传播需要依赖介质，故 AB 错误；
C、机械波的频率由波源决定，与介质无关，所以信号经表带传入手指的频率不变，故 C 正确；
D、信号经表带传入手指，介质发生变化，则传播速度发生变化，故 D 错误。

故选：C。

- 6.（4分）科学家研究发现，蜘蛛在没有风的情况下也能向上“起飞”。如图，当地球表面带有负电荷，空气中有正电荷时，蜘蛛在其尾部吐出带电的蛛丝，在电场力的作用下实现向上“起飞”。下列说法正确的是（ ）



- A. 蜘蛛往电势高处运动
- B. 电场力对蛛丝做负功
- C. 蛛丝的电势能增大
- D. 蛛丝带的是正电荷

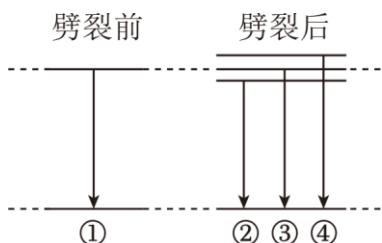
【答案】A

【分析】沿电场线方向电势降低，根据电场力做功分析电势能变化，根据蛛丝受力情况分析电性。

【解答】解：A. 电场线方向向下，根据沿电场线方向电势降低可知，蜘蛛往电势高处运动，故 A 正确；
BC. 电场力方向与运动方向相同，电场力做正功，电势能减小，故 BC 错误；
D. 电场线方向向下，正电荷受到的电场力方向向上，而蛛丝受到的电场力方向竖直向上，所以蛛丝带负电，故 D 错误。

故选：A。

7. (4 分) 原子处于磁场中，某些能级会发生劈裂。某种原子能级劈裂前后的部分能级图如图所示，相应能级跃迁放出的光子分别设为①②③④。若用光①照射某金属表面时能发生光电效应，且逸出光电子的最大初动能为 E_k ，则 ()



- A. ②光子的频率大于④光子的频率
B. ①光子的动量与③光子的动量大小相等
C. 用②照射该金属一定能发生光电效应
D. 用④照射该金属逸出光电子的最大初动能小于 E_k

【答案】B

【分析】原子能级跃迁放出的光子的能量等于原子的能级差，根据题图判断出光子①②③④对应的能量大小关系；根据光子能量 $E = h\nu$ ，比较频率的大小，根据 $p = \frac{h}{\lambda}$ 分析光子动量大小；发生光电效应的条件是光子的能量大于金属的逸出功；根据爱因斯坦光电效应方程分析判断。

【解答】解：A、根据原子能级跃迁放出的光子的能量等于原子的能级差，由图可知，②光子的能量小于④光子的能量，根据光子能量公式 $\varepsilon = h\nu$ 可知②光子的频率小于④光子的频率，故 A 错误；

B、由图可知，①光子的能量等于③光子的能量，则①光子的频率等于③光子的频率，①光子的波长等于③光子的波长，根据 $p = \frac{h}{\lambda}$ 可知①光子的动量与③光子的动量大小相等，故 B 正确；

C、由图可知，②光子的能量小于①光子的能量，若用光①照射某金属表面时能发生光电效应，则用②照射该金属不一定能发生光电效应，故 C 错误；

D、用光①照射某金属表面时逸出光电子的最大初动能为 E_k ，根据光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 可知，

由于④光子的能量大于①光子的能量，则用④照射该金属逸出光电子的最大初动能大于 E_k ，故 D 错误。
故选：B。

- 8.（4 分）如图所示，李辉、刘伟用多用电表的欧姆挡测量变压器初级线圈的电阻。实验中两人没有注意操作的规范：李辉两手分别握住红黑表笔的金属杆，刘伟用两手分别握住线圈裸露的两端让李辉测量。测量时表针摆过了一定角度，最后李辉把多用电表的表笔与被测线圈脱离。在这个过程中，他们二人中有人突然“哎哟”惊叫起来，觉得有电击感。下列说法正确的是（ ）



- A. 电击发生在李辉用多用电表红黑表笔的金属杆接触线圈裸露的两端时
- B. 有电击感的是刘伟，因为所测量变压器是升压变压器
- C. 发生电击前后，流过刘伟的电流方向发生了变化
- D. 发生电击时，通过多用电表的电流很大

【答案】C

【分析】本题根据电击发生在多用电表红黑表笔的金属杆脱离线圈裸露两端的时刻，结合感应电流的产生情况分析求解。

【解答】解：A. 电击发生在多用电表红黑表笔的金属杆脱离线圈裸露两端的时刻，而不是红黑表笔的金属杆接触线圈裸露的两端时，故 A 错误；

B. 有电击感的是手握线圈裸露两端的刘伟，因为线圈中产生了感应电流，故 B 错误；

C. 发生电击前，刘伟和线圈是并联关系；断开瞬间，线圈中的电流急剧减小，产生的感应电流的方向与原电流的方向相同，但线圈和刘伟构成了一个闭合的电路，线圈相当于电源，所以流过刘伟的电流方向发生了变化，故 C 正确；

D. 发生电击时，通过线圈的电流很大；由于已经断开了连接，所以通过多用电表的电流为零，故 D 错误。

故选：C。

- 9.（4 分）孔明灯俗称许愿灯，祈天灯，古代多用于军事通讯，而现代人多用于祈福。在灯底部的支架上绑上一块沾有煤油的粗布，点燃后灯内的热空气膨胀，放手后，整个灯冉冉升空，当底部的煤油烧完后又会自动下降。关于孔明灯，下列说法正确的是（ ）



- A. 点燃后，孔明灯所受浮力增大从而升空
- B. 点燃后，灯内气体的温度升高，内能增大
- C. 点燃后升空过程中，灯内气体分子间的平均撞击力增大
- D. 点燃后升空过程中，灯内气体的压强不变

【答案】C

【分析】气体具有热胀冷缩的性质，灯罩内的气体被加热，体积膨胀，密度减小，小于灯罩外空气的密度，孔明上升。根据温度的变化分析气体分子平均动能的变化，判断灯内气体内能和分子间平均撞击力的变化。根据内外压力的大小分析灯内气体的压强变化情况。

【解答】解：A、孔明灯是利用热空气上升的原理制成的。点燃后，灯内空气受热膨胀，因而空气的密度变小，比同体积的冷空气轻，而浮力不变，从而升空，故 A 错误；

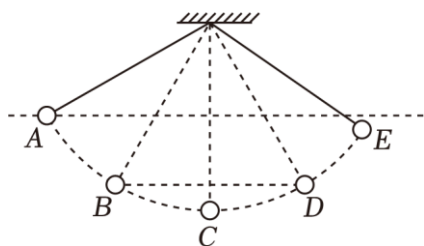
B、点燃后，灯内气体的温度升高，气体分子的平均动能增大。灯内空气受热后体积膨胀，灯内气体质量减少，减少量不能确定，所以灯内气体内能的变化不能确定，故 B 错误；

C、点燃后升空过程中，由于灯内气体的温度升高，气体分子的平均动能增大，所以分子间的平均撞击力增大，故 C 正确；

D、点燃后升空过程中，在灯底部冷空气向上的压力大于灯内热空气向下的压力，因此灯内气体的压强减小，故 D 错误。

故选：C。

- 10.（4 分）如图所示，细绳一端固定，下端连接乒乓球，乒乓球从 A 点静止释放摆动到右侧最高点 E，C 为最低点，B、D 两点等高，上述过程中乒乓球（ ）



- A. 在 E 点时，绳中拉力为零
- B. 在 C 点时速度最大

C. 在 B、D 两点的速度大小相等

D. 从 B 点到 C 点的时间比从 C 点到 D 点的时间短

【答案】D

【分析】在 E 点时，乒乓球速度为零，向心力为零，绳中拉力不为零。当切向加速度为 0 时，乒乓球速度最大。根据动能定理分析在 B、D 两点的速度大小关系。根据平均速度关系分析运动时间关系。

【解答】解：A、在 E 点时，乒乓球速度为零，向心力为零，设绳子与竖直方向夹角为 θ ，则有 $F = mg \cos \theta$ ，则绳中拉力不为零，故 A 错误；

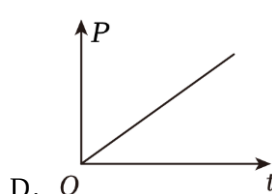
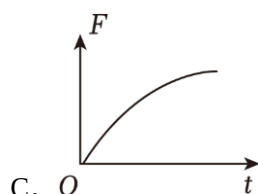
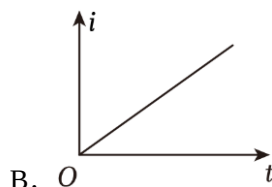
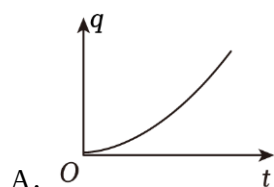
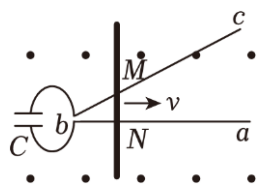
B、由图可知，乒乓球运动过程中有阻力存在，当切向加速度为 0 时，速度最大，显然 C 点速度不是最大，故 B 错误；

C、从 B 点到 D 点重力做功为零，由于阻力做负功，根据动能定理可知 B 点的速度大于 D 点速度，故 C 错误；

D、BC 段平均速度大于 CD 的平均速度，则知从 B 点到 C 点的时间比从 C 点到 D 点的时间短，故 D 正确；

故选：D。

- 11.（4 分）如图所示，左端有微小夹缝（距离可忽略）的“ $\angle$ ”形光滑导轨 abc 水平放置在竖直向上的匀强磁场中，一电容器 C 与导轨左端相连，导轨上的金属棒 MN 与 ab 垂直，在外力 F 作用下从 b 点开始以速度 v 向右匀速运动，忽略所有电阻。下列关于极板上的电荷量 q 、回路中的电流 i 、外力 F、外力 F 的功率 P 随时间 t 变化的图像中正确的是（ ）



【答案】D

【分析】金属棒切割磁感线相当于电源，切割有效长度逐渐增加，感应电动势逐渐增大，给所连接的电

容器充电，由电流定义式 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ 为切入点，由电容的定义式 $Q = CU$ ，电容器的电压总是等于感应电动势，动生感应电动势的计算公式 $E = BLv$ ，分析 L 与位移的几何关系，推导电容器的电荷量 Q 的表达式，得到 ΔQ 的表达式，从而得到电流的表达式；由公式 $q = It$ 判断电荷量与 t 的函数关系；金属棒受力平衡 $F = F_{\text{安}} = BIL$ ，再由 $P = Fv$ 判断外力的功率。

【解答】解：B、设微小夹缝的“ $\angle$ ”形夹角为 θ ，以金属棒开始运动时为计时零时刻，设金属棒在 $0 - t$ 时间内运动位移为 x ，在 t 时刻金属棒在导轨间的长度为： $L = x \tan \theta$

此时金属棒在导轨间的电动势为： $E = BLv$

电容器的电压 $U = E$

电容器的电量 $Q = CU = BCv x \tan \theta$

在 $t - (t + \Delta t)$ (Δt 趋近于零) 时间内，金属棒的位移由 x 增加到 $(x + \Delta x)$ ，则

电容器的电量增加量 $\Delta Q = BCv \cdot \Delta x \cdot \tan \theta$

通过金属棒的电流 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{BCv \Delta x \tan \theta}{\Delta t}$ ，其中 $\frac{\Delta x}{\Delta t} = v$

可得电流为： $I = BCv^2 \tan \theta$ ，所以电流是恒定不变的，故 B 错误；

A、由 A 选项的分析可得 $I = BCv^2 \tan \theta$ ， I 为恒定电流，根据公式 $q = It$ ，可知 I 为 t 的正比例函数，故 A 错误；

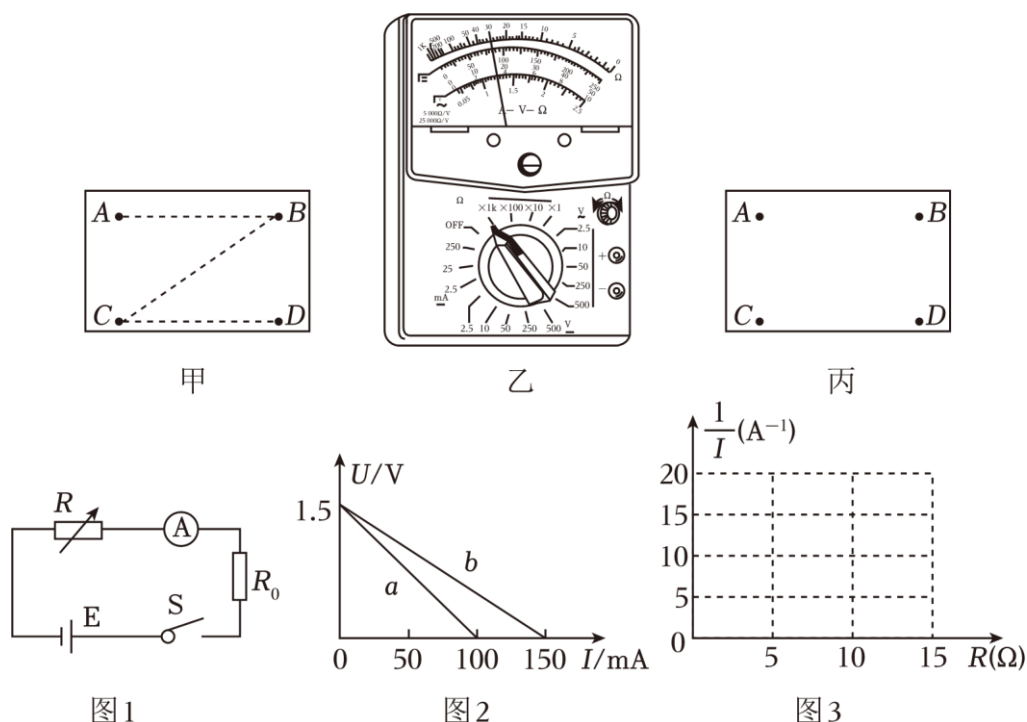
C、根据安培力公式，结合平衡条件，可得： $F = F_{\text{安}} = BIL = BI x \tan \theta = BI v \tan \theta \cdot t$ ，可得外力 F 为 t 的正比例函数，故 C 错误；

D、由 A 选项的分析可知流过金属棒的电流恒定，由 $F_{\text{安}} = BIL$ ，由受力平衡可知，外力 F 的大小等于安培力，由公式 $P = Fv$ ，可知外力 F 的功率为： $P = BI v^2 \tan \theta \cdot t$ ，即外力功率是 t 的正比例函数，故 D 正确。

故选：D。

二、非选择题：共 5 题，共 56 分。其中第 13 题～第 16 题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后答案的不能得分；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

12. (1) 某一电学黑箱内可能有电源、电容器、电感线圈、二极管、定值电阻等元件，在接线柱间以如图甲所示的“Z”字形连接（虚线所连的两接线柱间只有一个元件）。为了确定各元件种类，小华同学用多用电表进行了如下实验。若已判定黑箱中无电源，现将选择开关旋至欧姆表“ $\times 1$ ”挡，调节好多用电表，分别测量 AB、BC、CD 间的正向电阻和反向电阻，记录如下表。请在图丙中画出黑箱内的所有元件及其连接方式 如图 所示 。



A、B	红表笔接 A 黑表笔接 B	红表笔接 B 黑表笔接 A
	开始很小，然后变为很大	
B、C	红表笔接 B 黑表笔接 C	红表笔接 C 黑表笔接 B
	逐渐由大变小，最终稳定在某一值	
C、D	红表笔接 C 黑表笔接 D	红表笔接 D 黑表笔接 C
	恒定值	

(2) 甲、乙、丙三位同学协作测定某电池的电动势和内阻的实验。他们设计的电路原理如图 1，其中 R 为电阻箱， R_0 为保护电阻，阻值 $R_0=5.0\Omega$ ，电流表 A 的内阻 $R_A=9.0\Omega$ 。他们改变 R 的阻值，记下多组 R 和电流表示数 I 。甲同学以 IR 作纵坐标，以 I 作横坐标，作图处理数据；乙同学以 $I(R+R_0)$ 为纵坐标，以 I 为横坐标处理数据，他们在同一张坐标纸上画出的图如图 2 所示。

①由图 2 可知，甲同学绘制的是图线 a（填“a”或“b”），由该图线得到的电源电动势为 1.5 V，内阻为 1.0 Ω 。

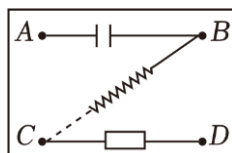
②丙同学打算以 $\frac{1}{I}$ 为纵坐标，以 R 作横坐标，请根据①中计算的结果将丙所作图线在图 3 中画出。

【答案】(1) 图及详解见解析；(2) ①a、1.5、1.0；②见详解。

【分析】(1) 根据欧姆表与电容器、线圈、电阻连接后电流的变化分析判断电阻的变化，确定各接线柱间的元件；

(2) ①根据闭合电路欧姆定律求出图象的函数表达式，判断直线对应的电路，然后根据图线的斜率和横截距求电动势和内阻；②根据实验电路和欧姆定律求出题设要求求出 $\frac{1}{I}-R$ 的函数表达式，结合表示式的纵截距和斜率画图象。

【解答】解：(1) 接 AB 之间时电阻开始很小，然后变为很大，可知 AB 之间为电容器；
接 BC 之间时电阻逐渐由大变小，最终稳定在某一值，可知 BC 之间为电感线圈；
接 CD 之间电阻为恒定值，可知 CD 之间为定值电阻。所以黑箱内的元件及其连接方式如下图，



(2) 由闭合回路欧姆定律可得： $E = I(R + R_A + R_0 + r)$

甲图线对应的 U、I 关系式为： $U = E - I(R_A + R_0 + r)$

乙图线对应的 U、I 关系式为： $U = E - I(R_A + r)$

可知乙图线的斜率较小。故甲同学绘制的是图线 a。

关系式结合图线可得： $E = 1.5V$ ，

$$R_A + R_0 + r = \frac{1.5}{0.1} \Omega, \text{ 解得: } r = 1\Omega$$

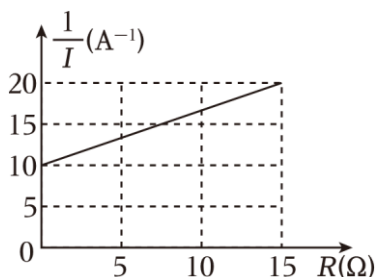
$$\text{由闭合回路欧姆定律可得: } I = \frac{E}{R + R_A + R_0 + r} = \frac{1.5}{R + 9.0 + 5.0 + 1.0}$$

$$\text{变形得: } \frac{1}{I} = 10 + \frac{2R}{3}$$

$$\text{可知 } \frac{1}{I} \text{ 与 } R \text{ 成线性关系, 当 } R = 15\Omega \text{ 时, } \frac{1}{I} = 20\text{A}^{-1}$$

$$\text{当 } R = 0 \text{ 时: } \frac{1}{I} = 10\text{A}^{-1}$$

故作图如下，



故答案为：(1) 图及详解见解析；(2) ①a、1.5、1.0；②见详解。

13. 我国是国际热核聚变研究领域的领先者之一。在某次核反应中，一个氘核 (${}_1^2\text{H}$) 和一个氚核 (${}_1^3\text{H}$) 结合生成一个氦核 (${}_2^4\text{He}$)，并放出一个粒子。已知氘核的比结合能为 E_1 ，氚核的比结合能为 E_2 ，该

核反应释放的核能为 ΔE ，真空中光速为 c 。

(1) 写出核反应方程并求出质量亏损；

(2) 求氦核的比结合能 E_3 。

【答案】(1) 核反应方程为 ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ ；质量亏损为 $\frac{\Delta E}{c^2}$ ；

(2) 氦核的比结合能为 $\frac{2E_1 + 3E_2 + \Delta E}{4}$ 。

【分析】(1) 根据质量数和电荷数守恒求解核反应方程；

根据爱因斯坦质能方程求解质量亏损；

(2) 根据比结合能的含义求解氦核的比结合能。

【解答】解：(1) 核反应方程为 ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

根据质能方程 $\Delta E = \Delta mc^2$

解得质量亏损为 $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$

(2) 依题意，可得 $\Delta E = 4E_3 - (2E_1 + 3E_2)$

解得 $E_3 = \frac{2E_1 + 3E_2 + \Delta E}{4}$ 。

答：(1) 核反应方程为 ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ ；质量亏损为 $\frac{\Delta E}{c^2}$ ；

(2) 氦核的比结合能为 $\frac{2E_1 + 3E_2 + \Delta E}{4}$ 。

14. 2022 年 10 月 12 日，中国空间站“天宫课堂”第三课开讲，这是中国航天员首次在问天实验舱内进行授课。已知中国空间站离地高度为 h ，地球半径为 R ，地球表面的重力加速度为 g 。求：

(1) 中国空间站绕地球做匀速圆周运动的速度；

(2) 由于在空间站运行轨道上存在密度为 ρ 的均匀稀薄气体，为了维持空间站长期在固定轨道上做匀速圆周运动，需要对空间站施加一个与速度方向相同的动力，若空间站在垂直速度方向的面积为 S ，碰到稀薄气体后气体速度立刻与空间站速度相同，求对空间站施加动力 F 的大小。



【答案】(1) 中国空间站绕地球做匀速圆周运动的速度为 $\sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$ ；

(2) 对空间站施加动力 F 的大小为 $\frac{\rho S g R^2}{R+h}$ 。

【分析】(1) 本题利用万有引力提供向心力以及黄金代换式可求；

(2) 本题根据动量定理求得 F 。

【解答】解：(1) 设地球质量为 M ，物体在地球表面受到的万有引力等于重力，则有 $\frac{GMm_1}{R^2} = m_1 g$

中国空间站绕地球做匀速圆周运动，由万有引力提供向心力可得 $\frac{GMm}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{R+h}$

$$\text{联立解得 } v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$$

(2) 碰到稀薄气体过程中，设空间站对稀薄气体的作用力大小为 F_1 ，经过 Δt 时间，以稀薄气体为对象，选择初速度的方向为正，根据动量定理可得 $F_1 \Delta t = mv - 0$

其中 $m = \rho S v \Delta t$

$$\text{联立可得 } F_1 = \rho S v^2 = \rho S \left(\sqrt{\frac{gR^2}{R+h}} \right)^2 = \frac{\rho S g R^2}{R+h}$$

可知碰到稀薄气体过程中，稀薄气体对空间站的作用力大小为 $\frac{\rho S g R^2}{R+h}$ ，方向与空间站的速度方向相反，

故为了维持空间站在固定轨道上做匀速圆周运动，对空间站施加动力大小为 $F = \frac{\rho S g R^2}{R+h}$

答：(1) 中国空间站绕地球做匀速圆周运动的速度为 $\sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$ ；

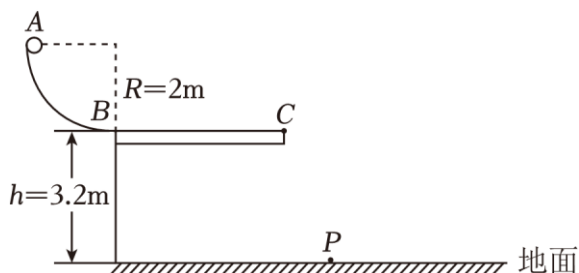
(2) 对空间站施加动力 F 的大小为 $\frac{\rho S g R^2}{R+h}$ 。

15. 如图所示，一轨道由半径为 $2m$ 的四分之一竖直圆弧轨道 AB 和长度可以调节的水平直轨道 BC 在 B 点平滑连接而成。现有一质量为 0.2kg 的小球从 A 点无初速度释放，经过圆弧上的 B 点时，传感器测得轨道所受压力大小为 3.6N ，小球经过 BC 段所受阻力为其重力的 0.2 倍，然后从 C 点水平飞离轨道，落到水平面上的 P 点， P 、 C 两点间的高度差为 3.2m 。小球运动过程中可以视为质点，且不计空气阻力。

(1) 求小球在圆弧轨道上克服摩擦力所做的功；

(2) 为使小球落点 P 与 B 点的水平距离最大，求 BC 段的长度；

(3) 小球落到 P 点后弹起，与地面多次碰撞后静止。假设小球每次碰撞机械能损失 75% ，碰撞前后速度方向与地面的夹角相等。求地面上小球第 1 次和第 2 次落点的距离 Δx 。



【答案】（1）小球在圆弧轨道上克服摩擦所做的功是 2.4J；

（2）为使小球落点 P 与 B 点的水平距离最大，BC 段的长度 3.36m；

（3）地面上小球第 1 次和第 2 次落点的距离 Δx 为 0.64m。

【分析】（1）根据小球在 B 点受到的重力与支持力的合力提供向心力，结合动能定理即可求出小球在圆弧轨道上克服摩擦力所做的功；

（2）根据动能定理，结合平抛运动的公式，即可求出为使小球落点 P 与 B 点的水平距离最大时 BC 段的长度；

（3）根据动能定理，结合碰撞后的速度为碰撞前速度的，得出第一次碰撞后上升到最高点的时间等于从 C 点到落地的时间的 $\frac{1}{2}$ 进行求解

【解答】解：（1）传感器测得轨道所受压力大小为 3.6N，由牛顿第三定律得小球在 B 点受到的支持力为 3.6N，小球在 B 点受到的重力与支持力的合力提供向心力，根据牛顿第二定律有： $N - mg = m \frac{v_B^2}{R}$

代入数据解得： $v_B = 4\text{m/s}$

A 至 B 过程中，由动能定理： $mgR - W_f = \frac{1}{2}mv_B^2$

代入数据解得： $W_f = 2.4\text{J}$

（2）B 至 C 过程中，由动能定理： $-kmgL_{BC} = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$

解得： $L_{BC} = \frac{v_B^2 - v_C^2}{2kg}$

从 C 点到落地的时间为： $h = \frac{1}{2}gt_0^2$

解得： $t_0 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，代入数据解得： $t_0 = 0.8\text{s}$

B 至 P 的水平距离为： $L = \frac{v_B^2 - v_C^2}{2kg} + v_C t_0$

代入数据，联立并整理可得： $L = 4 - \frac{v_C^2}{g} + v_C t_0$

由数学知识，当 $v_C = 1.6\text{m/s}$ 时，P 至 B 的水平距离最大，最大距离为： $L = 4.64\text{m}$

此时 BC 的长度： $L_{BC} = 3.36\text{m}$ ；

(3) 由于小球每次碰撞机械能损失 75%，由： $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

则碰撞后的速度为碰撞前速度的 $\frac{1}{2}$ ，碰撞前后速度方向与地面的夹角相等，则碰撞后竖直方向的分速度为碰撞前竖直方向分速度的 $\frac{1}{2}$ ，所以第一次碰撞后上升到最高点的时间等于从 C 点到落地的时间的 $\frac{1}{2}$ ，

所以从第一次碰撞后到发生第二次碰撞的时间： $t_1 = 2 \times \frac{1}{2}t_0 = 2 \times \frac{1}{2} \times 0.8\text{s} = 0.8\text{s}$

碰撞后水平方向分速度也为碰撞前水平方向分速度的 $\frac{1}{2}$

则地面上小球第 1 次和第 2 次落点的距离： $\Delta x = \frac{v_C}{2} \cdot t_1$

代入数据解得： $\Delta x = 0.64\text{m}$

答：(1) 小球在圆弧轨道上克服摩擦所做的功是 2.4J；

(2) 为使小球落点 P 与 B 点的水平距离最大，BC 段的长度 3.36m；

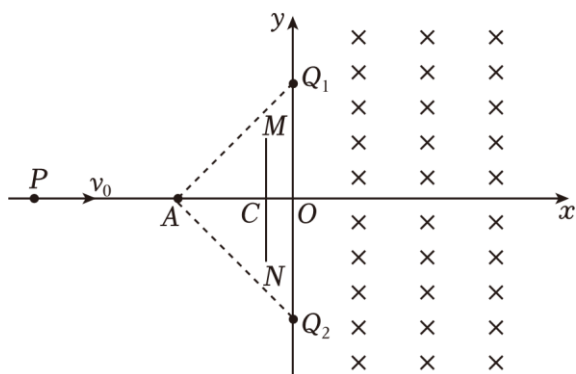
(3) 地面上小球第 1 次和第 2 次落点的距离 Δx 为 0.64m。

16. 如图所示，在竖直平面内建立 xOy 坐标系，P、A、 Q_1 、 Q_2 四点的坐标分别为 $(-2L, 0)$ 、 $(-L, 0)$ 、 $(0, L)$ 、 $(0, -L)$ 。y 轴右侧存在范围足够大的匀强磁场，方向垂直于 xOy 平面向里。在界面 PAQ_1 的上方存在竖直向下的匀强电场（未画出），界面 PAQ_2 的下方存在竖直向上的匀强电场（未画出），且上下电场强度大小相等。在 $(-\frac{1}{4}L, 0)$ 处的 C 点固定一平行于 y 轴且长为 $\frac{4L}{3}$ 的绝缘弹性挡板 MN，C 为挡板中点，带电粒子与弹性绝缘挡板碰撞前后，沿 y 方向分速度不变。沿 x 方向分速度反向，大小不变。质量为 m、电量为 q 的带负电粒子（不计重力）从 x 轴上方非常靠近 P 点的位置以初速度 v_0 沿 x 轴正方向射入电场且刚好可以过 Q_1 点。求：

(1) 电场强度的大小、到达 Q_1 点速度的大小和方向；

(2) 磁场取合适的磁感应强度，带电粒子没有与挡板发生碰撞且能回到 P 点，求从 P 点射出到回到 P 点经历的时间；

(3) 改变磁感应强度的大小，要使粒子最终能回到 P 点，则带电粒子最多能与挡板碰撞多少次？



- 【答案】** (1) 电场强度的大小为 $\frac{mv_0^2}{2qL}$ 、到达 Q_1 点速度的大小为 $\sqrt{2}v_0$ ，方向与 y 轴正方向成 45° 角；
- (2) 从 P 点射出到回到 P 点经历的时间为 $(\frac{4L}{v_0} + \frac{3\pi L}{2v_0})$ ；
- (3) 带电粒子最多 17 次能与挡板碰撞。

【分析】 (1) 从 P 到 Q_1 做类平抛运动，根据类平抛运动规律和动能定理求电场强度的大小和末速度的大小和方向；

(2) 根据题意画出符合条件的圆周运动的轨迹图，根据偏转角由周期公式求在磁场中运动的时间，再加在电场中运动的时间为所求；

(3) 画出符合条件的粒子的最小半径的轨迹，由几何关系列式求碰撞次数。

【解答】 解：(1) 从 P 到 Q_1 ，水平方向做匀速直线运动： $v_0 t_1 = 2L$

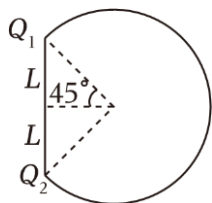
竖直方向做匀加速直线运动： $\frac{1}{2} \times \frac{Eq}{m} \times t_1^2 = L$

联立以上两式可得： $E = \frac{mv_0^2}{2qL}$

该过程根据动能定理： $EqL = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$

代入数据可得： $v = \sqrt{2}v_0$ ，由几何关系可得，方向与 y 轴正方向成 45° 角。

(2) 要使带电粒子回到 P 点，其轨迹必须具有对称性且经过 Q_2 ，由几何关系可得，



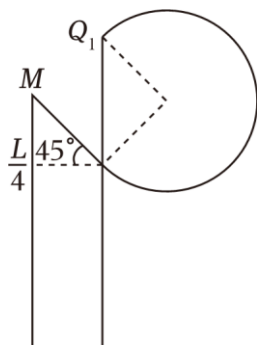
轨迹半径： $r = \sqrt{2}L$

在磁场中的偏转角度为： $\Delta\theta = \frac{3\pi}{2}$

在磁场中的运动时间为： $t_2 = \frac{\Delta \theta r}{v} = \frac{3\pi L}{2v_0}$

故从 P 点射出第一次回到 P 点的时间： $t = 2t_1 + t_2 = \frac{4L}{v_0} + \frac{3\pi L}{2v_0}$

(3) 当 r 最小时带电粒子刚好过 M 点碰撞次数最多



由几何关系可得

$$\sqrt{2}r_2 + \frac{2}{3}L - \frac{L}{4} = L$$

$$\text{整理解得: } r_2 = \frac{7\sqrt{2}L}{24}$$

设最多可以碰 n 次, 则: $(n+1)\sqrt{2}r_2 - n \times 2 \times \frac{L}{4} = 2L$

解得: $n = 17$ (次)

答: (1) 电场强度的大小为 $\frac{mv_0^2}{2qL}$ 、到达 Q_1 点速度的大小为 $\sqrt{2}v_0$, 方向与 y 轴正方向成 45° 角;

(2) 从 P 点射出到回到 P 点经历的时间为 $(\frac{4L}{v_0} + \frac{3\pi L}{2v_0})$;

(3) 带电粒子最多 17 次能与挡板碰撞。