2026 北京东城高三二模

物　　理

2026.5

本试卷共 10 页，共 100 分。考试时长 90 分钟。

第一部分

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

1. 2025 年 10 月，我国紧凑型聚变能实验装置（BEST）主机首个关键部件——杜瓦底座研制成功并顺利完成交付。该装置发生的核反应方程为 ${}_1^2\mathrm{H}+{}_1^3\mathrm{H}\rightarrow\mathrm{X}+{}_0^1\mathrm{n}+17.6\ \mathrm{MeV}$，关于该核反应，下列说法正确的是（　　）

A. X 是 ${}_2^4\mathrm{He}$

B. 该核反应为 α 衰变

C. ${}_1^3\mathrm{H}$ 的中子数为 3

D. 反应物的质量之和等于 X 与 ${}_0^1\mathrm{n}$ 的质量之和

2. 关于热现象，下列说法正确的是（　　）

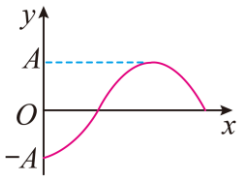
A. 液体分子的无规则运动称为布朗运动

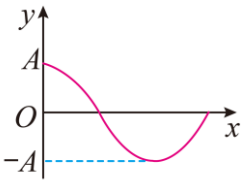
B. 气体对容器壁的压强源于大量分子对器壁持续、频繁的碰撞

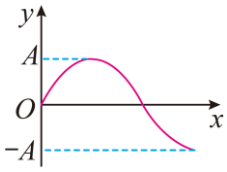
C. 给自行车胎打气，越打越费力是因为分子间存在斥力

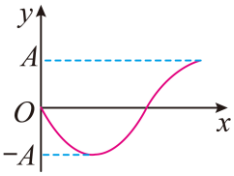
D. 气体在 100℃时每个分子的动能均大于其在 50℃时每个分子的动能

3. 某振源位于坐标原点处，t=0 时从平衡位置开始沿 y 轴正方向做简谐运动，沿 x 轴正方向发出一列横波。则 $t=\dfrac{3}{4}T$ 时的波形图为（　　）

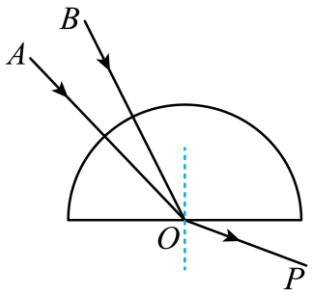
A. 

B. 

C. 

D. 

4. 如图所示，两束单色光 A、B 分别沿半径方向由空气射入半圆形玻璃砖，出射光合成一束复色光 P，下列说法正确的是（　　）



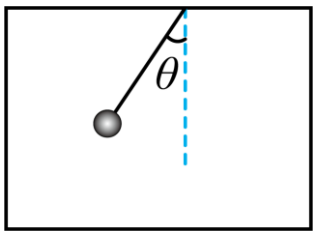
A. 在该玻璃砖中，A 光的速度小于 B 光的速度

B. 两束光从同种玻璃射向空气时，A 光发生全反射的临界角较小

C. 在相同的衍射条件下，A 光衍射图样的中央条纹比 B 光的宽

D. 用 A、B 两束光分别照射某种金属板，均能发生光电效应，A 光照射时光电子的最大初动能较大

5. 如图所示，质量为 M 的木箱顶端悬挂质量为 m 的小球，木箱沿某一方向做直线运动，小球与木箱相对静止，且细绳与竖直方向的夹角为 θ。重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）



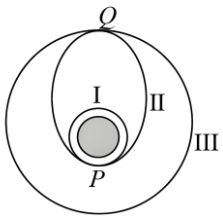
A. 若木箱做自由落体运动，则细绳拉力大小为 mg

B. 若木箱做竖直上抛运动，则小球受到的合外力为 0

C. 若木箱做水平向左的匀减速直线运动，则小球和木箱所组成的系统受到的合力为 $(M+m)g\sin\theta$

D. 若木箱做水平向右的匀加速直线运动，则细绳的拉力大小为 $\dfrac{mg}{\cos\theta}$

6. 如图所示为发射同步卫星的三个轨道，轨道I为近地圆轨道，轨道II为转移轨道，轨道III为同步圆轨道，P、Q 分别是转移轨道的近地点和远地点。关于卫星在这三个轨道上的运动，下列说法正确的是（　　）



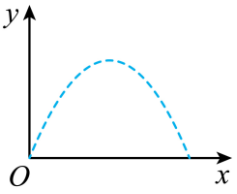
A. 卫星在轨道II上任意位置的瞬时速度都小于第一宇宙速度

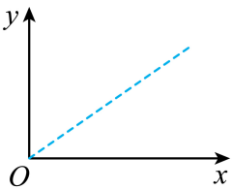
B. 卫星在轨道II上 Q 点的运行速度大于在轨道III上 Q 点的运行速度

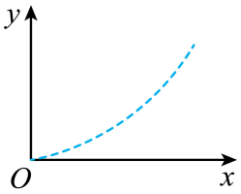
C. 卫星在轨道II上的运行周期小于 24 h

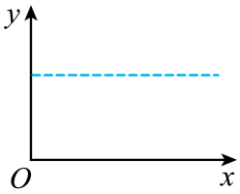
D. 卫星在轨道II上 Q 点的加速度小于在轨道III上 Q 点的加速度

7. 从 O 点向右上方连续抛射多个小球，小球初速度方向均相同而大小均不同，不计空气阻力，以抛出点 O 为坐标原点，水平向右为 x 轴正方向，竖直向上为 y 轴正方向建立直角坐标系 xOy。图中虚线可表示各小球最高点位置排列形状的是（　　）

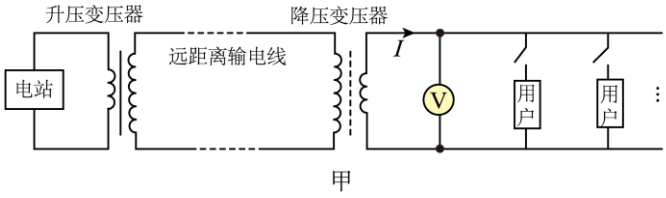
A. 

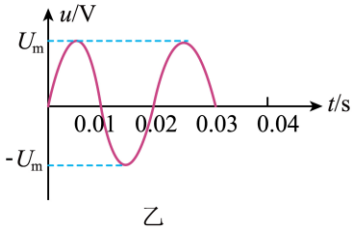
B. 

C. 

D. 

8. 如图甲所示为远距离输电示意图，变压器均为理想变压器，升压变压器的输入电压如图乙所示，远距离输电线的电阻不可忽略。降压变压器右侧电路中可连接多个用户，下列说法正确的是（　　）





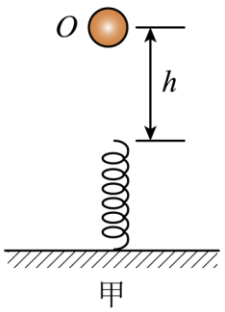
A. 降压变压器副线圈输出的交流电频率为 100 Hz

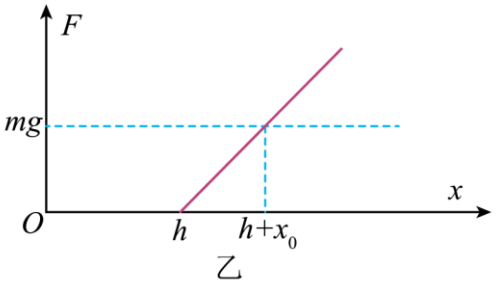
B. 图乙所示电压的瞬时值表达式 $u = U_m \sin 50\pi t$ (V)

C. 当用户增多时（即降压变压器输出电流 I 增大），电压表示数变大

D. 当用户增多时（即降压变压器输出电流 I 增大），远距离输电线路损耗功率变大

9. 如图甲所示，竖直轻弹簧固定在水平地面上，一质量为 m 的小球从与弹簧上端距离为 h（$h \neq 0$）的 O 点处由静止释放，以 O 点为坐标原点，竖直向下为正方向建立 Ox 轴，小球所受弹力的大小 F 随小球位置坐标 x 的变化关系如图乙所示，其中 $x = h + x_0$ 时，$F = mg$。不计空气阻力，重力加速度为 g。下列结论正确的是（　　）





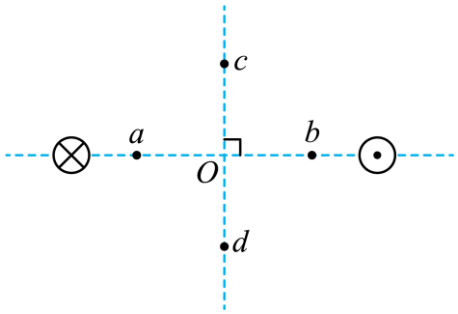
A. 运动过程中，小球最低点坐标大于 $h + 2x_0$

B. 弹簧弹性势能最大值为 $mg(h + x_0)$

C. 当 $x = h$ 时，小球重力势能与弹簧弹性势能之和最小

D. 小球压缩弹簧过程中重力的功率逐渐减小

10. 如图所示，两垂直纸面的长直导线分别通有大小相等、方向相反的电流，图中 O 点为两长直导线与纸面交点连线的中点，a 与 b，c 与 d 均关于 O 点对称。下列说法正确的是（　　）



A. O 点处的磁感应强度为 0

B. a、b 两点处的磁感应强度大小相等，方向相同

C. 若负电荷沿 ab 连线运动，所受洛伦兹力一直为 0

D. 若使负电荷从 c 点匀速直线运动到 d 点，则所受洛伦兹力先变大再变小

11. 我国南方某学校的物理实验小组想粗略估测太阳的辐射功率，他们在夏至前后的某天中午做了如下实验：取一个横截面积为 S、形状矮粗的厚壁泡沫塑料圆筒，装入质量为 m 的水，用透明塑料薄膜将筒口封闭，将圆筒放在水平地面上，使太阳光垂直照射在水面上。经过一段时间 t，测得水的温度升高了 ΔT。已知日地距离为 r，水的比热容为 c，辐射到地球的太阳能量中 50%穿过大气层到达地面，认为照射到水面上的太阳光的能量全部被水吸收，不计实验过程中的热损失。下列说法正确的是（　　）

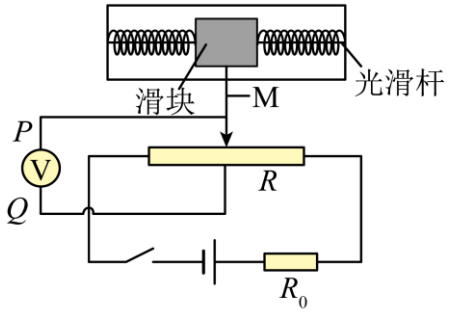
A. 根据实验数据计算出的地球表面每平方米得到的太阳辐射功率 $P=\dfrac{50\%cm\Delta T}{St}$

B. 根据实验数据计算出的太阳辐射功率 $P_0=\dfrac{4\pi r^2 cm\Delta T}{50\%St}$

C. 若换用横截面积更大的圆筒做实验，测得的太阳辐射功率 P_0 应变小

D. 若在楼顶露台上做实验，测得的太阳辐射功率 P_0 应变小

12. 如图所示为某种加速度计的原理图。滑块可沿光滑杆移动，滑块两侧与两根相同的轻弹簧连接；固定在滑块上的金属滑动片 M 下端与滑动变阻器 R 接触良好，且不计摩擦；R_0 为定值电阻。两弹簧处于原长时，M 下端位于 R 的中点，理想电压表的指针位于表盘中央，当 P 端电势高于 Q 端时，指针位于表盘右侧。将加速度计固定在水平运动的被测物体上进行测量，若加速度 a 变化，电压表的示数 U 也会发生相应变化，定义 $k=\dfrac{\Delta U}{\Delta a}$ 为该加速度计的灵敏度，则下列说法正确的是（　　）



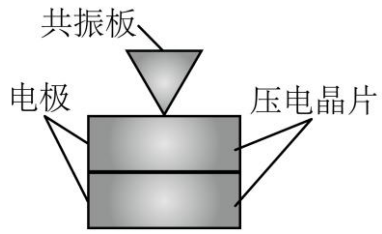
A. 电压表的示数随物体加速度的增大而增大，但不成正比

B. 若电压表指针位于表盘左侧，则物体速度方向向右

C. 若电压表指针位于表盘右侧，则物体加速度方向向右

D. 若仅减小 R_0，则该加速度计的灵敏度将变大

13. 如图为某超声波探头中的发生器（接收器）的结构图，当两压电晶片加上脉冲交变电压后发生共振，引起共振板振动发射超声波，已知压电晶片振动的固有频率 $f=2\times10^6$ Hz。超声波射到两种不同介质的分界面上时会产生反射，反射的程度与两种介质的声阻抗（表示某种介质对超声波传播的阻碍能力）有关，两种介质的声阻抗相差越大，则反射越多。人体的声阻抗大概是空气声阻抗的 3000 倍，因此进行超声检查前，常用凝胶涂抹超声探头，以保证超声波最大限度地进入人体。当涂抹了凝胶的探头正对着某脏器发射脉冲超声波时，接收器测得发射和接收脉冲信号的时间差 $\Delta t=5\times10^{-5}$ s。已知超声波在空气中的传播速度 v_1=340 m/s，在人体内的传播速度 v_2=1540 m/s。下列说法正确的是（　　）



A. 该超声波在人体内传播的波长约为 1.7×10^{-4} m

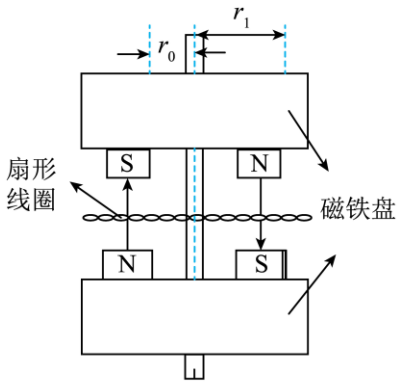
B. 该脏器表面到探头的距离约为 0.077 m

C. 凝胶的声阻抗与人体的声阻抗大致相同

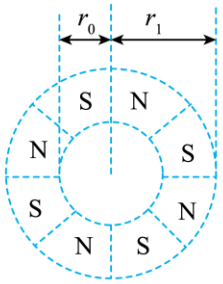
D. 通过发射信号和接收信号的时间差确定脏器的位置，是利用了波的干涉

14. 图甲为某种发电机的剖面图。转轴上有两个可同步转动的磁铁盘，每个磁铁盘上各有八个扇形磁极，N、S 极交替出现，如图乙所示，扇形的内半径为 r_0，外半径为 r_1。任意时刻上下两个正对磁极之间为匀强磁场，磁感应强度为 B，方向与转轴平行。转轴中部固定一个线圈盘，线圈盘上有八个彼此绝缘的扇形线圈，扇形线圈与扇形磁极的形状、大小完全相同，如图丙所示。每个扇形线圈都是单匝线圈，其电阻为 R。磁铁盘以恒定角速度 ω 匀速旋转，当磁铁盘中的扇形磁极与线圈盘中的扇形线圈完全正对时开始计时

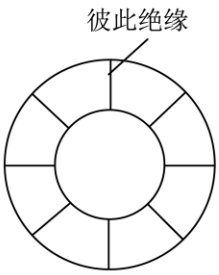
（t=0），下列说法不正确的是（　　）



甲



乙



丙

A. 该发电机产生交流电的频率 $f=\dfrac{2\omega}{\pi}$　　B. $t=\dfrac{\pi}{8\omega}$ 时刻，通过单个扇形线圈的磁通量为 0

C. 单个扇形线圈的感应电动势 $E=\omega B(r_1^2-r_0^2)$　　D. 单个扇形线圈消耗的功率 $P=\dfrac{\omega^2B^2(r_1^2-r_0^2)^2}{2R}$

第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

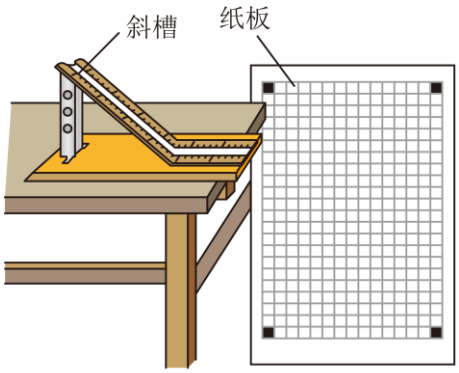
15. 在做“用油膜法估测油酸分子的大小”实验时，为了估测油酸分子的大小，可把它简化为球形处理。下列说法不正确的是（　　）

A. 油膜的厚度，可以看成是球形的直径

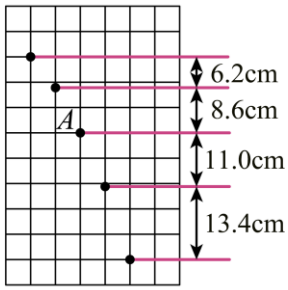
B. 计算油膜面积时，舍去所有不足一格的方格

C. 实验时，把油酸配制成浓度合适的油酸酒精溶液能更好地展开油膜

16. 某同学利用如图甲所示装置研究平抛运动的规律。实验时该同学使用频闪仪和照相机对做平抛运动的小球进行拍摄，频闪仪每隔 0.05s 发出一次闪光。某次拍摄后得到的照片如图丁所示，图中的背景是放在竖直平面内的带有方格的纸板，纸板与小球轨迹所在平面平行，其上每个方格的边长为 5cm。该同学通过测量计算得出的小球两个相邻位置的实际高度差已经在图乙中标出。则小球运动到图中位置 A 时，其速度的水平分量大小为_____m/s；根据图中数据可得，当地重力加速度的大小为_____m/s^2。（结果均保留两位有效数字）

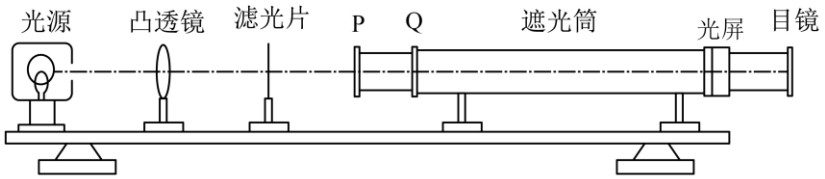


甲

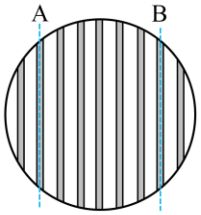


乙

17. 在“用双缝干涉测量光的波长”实验中，将各实验器材安装在光具座上，如图甲所示。



甲



乙

（1）为保证实验效果，P、Q 两个光学元件依次为_____；

A. 单缝　双缝　　B. 双缝　单缝

（2）双缝间距为 d，光屏与双缝间的距离为 L。从目镜中看到的干涉图样如图乙所示。若 A、B 两条亮条纹中央间距为 x，则所测光的波长为_____（用所给物理量的字母表示）。

18.

某实验小组利用下列实验器材测量未知电阻 R_x 的阻值（阻值约为几欧姆）。

实验器材：

电流表 A（量程为 0~0.6A，r_A=0.5Ω）；

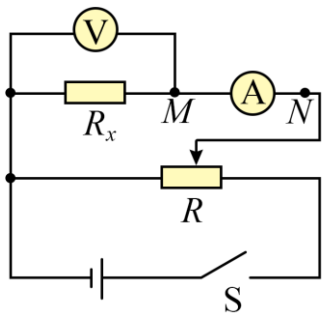
电压表 V（量程为 0~3.0V，r_V 约为 3kΩ）；

滑动变阻器 R（最大阻值为 10Ω）；

电源 E（电动势为 3V，内阻可忽略）；

待测电阻 R_x、开关 S、导线若干。

该小组设计的电路图如图所示。



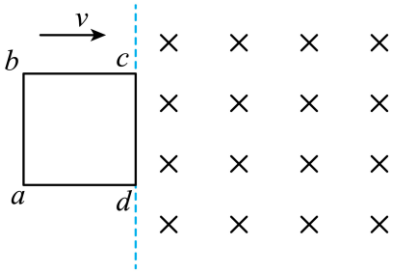
请回答下列问题：

（1）闭合开关 S 之前应把滑动变阻器滑片滑到最_____（选填“左”或“右”）端。

（2）请比较 R_x 的测量值与真实值的大小并说明理由。

（3）实验后，该小组同学重新观察了实验器材的参数，发现在原电路图的基础上改动一处接线就可以更准确地测量 R_x 的阻值，请写出改进方案并说明方案能更准确测量的理由。

19. 如图所示，虚线右侧存在竖直向下的有界匀强磁场，磁感应强度大小 B=0.1 T。光滑水平面上的正方形金属线框 $abcd$，cd 边与磁场左边界重合，在此位置时线框的速度 v=4 m/s，方向水平向右，在水平外力 F 作用下匀速进入磁场区域。已知线框的电阻 R=0.4 Ω，边长 L=0.1 m，线框运动过程中 ab、cd 两边始终与磁场边界平行。在线框进入磁场的过程中，求：

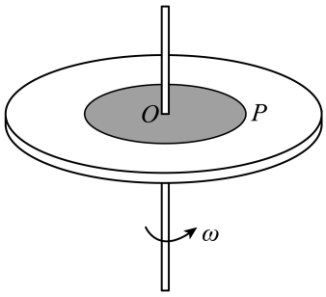


（1）cd 边切割磁感线产生的感应电动势 E；

（2）外力 F 的大小；

（3）线框中产生的焦耳热 Q。

20. 如图所示，圆盘在水平面内以角速度 ω=4 rad/s 绕过圆盘中心 O 的轴匀速转动。圆盘上任意一点到 O 的距离用 r 表示，0<r≤0.2 m 区域粗糙，r>0.2 m 区域光滑且范围足够大。在 r=0.2 m 处的 P 点（在粗糙区域内）有一质量 m=2 kg 的小物体随圆盘一起做匀速圆周运动。小物体与圆盘粗糙区域间的动摩擦因数 μ=0.5，设小物体所受最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度 g 取 10 m/s^2，小物体可视为质点。



（1）小物体除重力和弹力外，还受到什么力？求该力的大小；

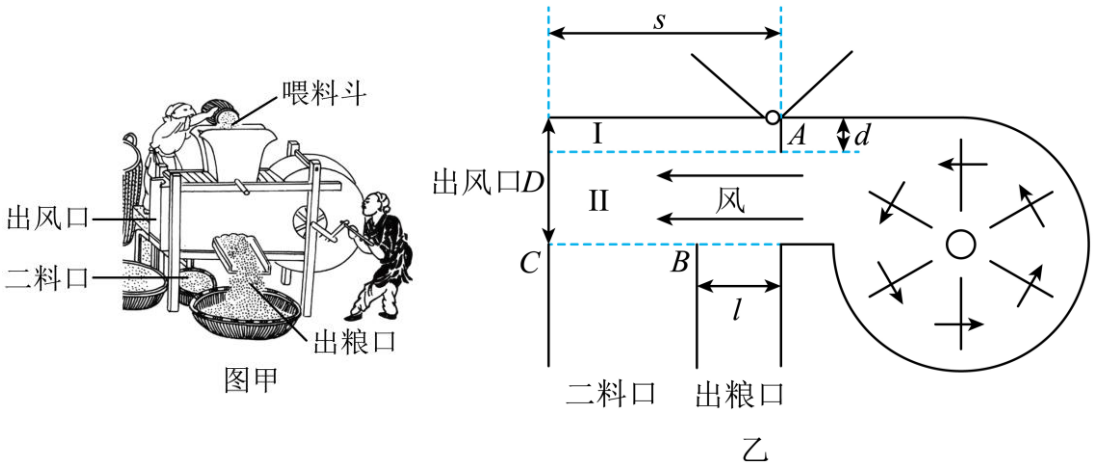
（2）让圆盘的角速度缓慢增大，当角速度增大到 ω_0 时，小物体恰好被甩出粗糙区域并在光滑区域内运动，圆盘也从此刻开始以 ω_0 的角速度匀速转动。

a．求 ω_0 的大小；

b．小物体被甩出粗糙区域后的一小段时间 Δt 内，小物体与 O 的连线扫过的角度为 α，P 点与 O 的连线扫

过的角度为β，试比较α和β的大小，并说明理由。

21. 扇车又名风车，是我国古代具有代表性的粮食清选工具。图甲为封闭扇车实物图，图乙为封闭扇车在竖直面内的剖面示意图。工作时将待筛选的谷物倒进上方的喂料斗，斗阀板 A 竖直，谷物紧贴斗阀板 A 左侧自由下落（不计初速度）。逆时针匀速转动曲柄摇手，空气在圆形风腔的上方水平向左匀速经风道流出，风道内可认为在I区域无风，在II区域风力大小恒定。若转速越快，则风力越大。密度小的糠秕及轻杂物被风从左侧出风口吹出，不太饱满的谷物从左下方二料口流出，而密度大的饱满谷物从下方出粮口流出，这样就把糠秕与谷物分开了。图乙中 B 点为出粮口左边界，C 点为二料口左边界，BC 处于同一水平线上。斗阀板 A 与 B 点的水平距离为 l，A 与风道左侧出风口的距离为 s，斗阀板 A 长为 d，风道高为 D。假设谷物在竖直方向仅受重力作用，待筛选的谷物中只存在饱满谷物、糠秕（质量是饱满谷物质量的 20%）和不饱满谷物（质量是饱满谷物质量的 70%），在相同的转速时，认为糠秕、饱满谷物与不饱满谷物所受风力一样大，忽略谷物间的作用力。



（1）在某次粮食清选的过程中，以一定的转速转动曲柄摇手，发现在出粮口有不饱满谷物出现。为了让不饱满谷物从二料口流出，请简要说明应如何操作？

（2）经过相应调整后，饱满谷物恰好经 B 点从出粮口流出。已知 l=0.20 m，s=0.60 m，d=0.05 m，D=0.45 m，饱满谷物的质量 m_1 取 2.5×10^{-5} kg，g 取 10 m/s^2。

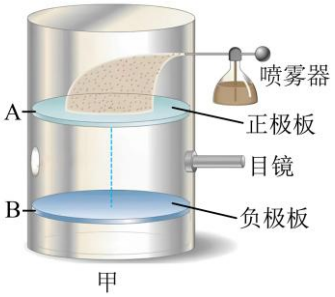
a．此时饱满谷物受到的风力大小为多少？

b．通过计算说明，这批谷物经过风道，糠秕是从出风口飞出还是二料口流出？

22. 电子的发现是物理学史上的重要事件，人们由此认识到原子不是组成物质的最小微粒，原子本身也有结构。

（1）电子电荷的精确测定是密立根通过“油滴实验”做出的（如图甲所示）。用喷雾器将油滴喷入平板电容器之间，由于碰撞或摩擦，部分油滴带上了电荷。不加电场时，观察到某油滴匀速下降，通过某一段距离所用时间为 t_1；当两极板加电压 U 时（A 极板电势高），可观察到同一油滴匀速上升，经过相同距离所用时间为 t_2。已知油滴的质量为 m，重力加速度为 g，A、B 极板间距为 d，忽略空气浮力。假设油滴所受

阻力与油滴速度成正比。



甲

a．请判断油滴所带电荷的电性；

b．求该油滴的电荷量 q。

（2）玻尔认为，原子中的电子在库仑引力的作用下，绕原子核做圆周运动，服从经典力学的规律。电子运行轨道的半径不是任意的，只有当半径的大小符合一定条件，这样的轨道才是可能的。电子在这些轨道上绕核运动是稳定的，不产生电磁辐射。当电子在不同轨道稳定运动时，原子的能量为电子的动能和系统的势能之和。选无穷远处为势能零点，电子在半径为 r 的轨道上稳定运行时的电势能 $E_{\mathrm{p}}=-k\dfrac{e^2}{r}$。德布罗意提出了物质波的观念。他认为物质波的波长 λ 与粒子的动量 p 满足 $\lambda=\dfrac{h}{p}$。氢原子的核外电子绕原子核运动时，可以看作是一种物质波。假设电子第 n（n=1，2，3…）个稳定运动轨道的周长为其物质波波长的 n 倍。已知静电力常量为 k，普朗克常量为 h，电子的质量为 m、电荷量为 e，请依据上述信息回答下列问题：


乙

a．请计算氢原子核外电子在第 n 个轨道稳定运行时的速度 v_{n}；

b．如图乙所示为气体放电管，其中有一个是充满低压氢气的密封玻璃管，两端封有金属电极。当两极间施加适当电压时，内部残余的自由电子被加速，通过碰撞将获得的能量转移给处于基态的氢原子，使其跃迁至高能级。已知氢原子从 n=3，4，5，6 能级向 n=2 能级跃迁时都能发出可见光。求使原来处于基态的氢原子发出可见光的最小电压 U。

参考答案

第一部分

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

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

二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. 【答案】B

【详解】A．在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，把油酸分子简化为球形，当油酸在水面上充分展开形成单分子油膜时，油膜的厚度就可以看成是球形油酸分子的直径，故 A 正确，不符合题意；

B．计算油膜面积时，对于不足一格的方格，应采用科学的统计方法，如数出超过半格的方格数，而不是舍去所有不足一格的方格，这样才能更准确地计算油膜面积，故 B 错误，符合题意；

C．实验时，把油酸配制成浓度合适的油酸酒精溶液，是因为纯油酸在水面上不易展开，而酒精易挥发，能使油酸更好地在水面上展开形成单分子油膜，故 C 正确，不符合题意。

故选 B。

16. 【答案】　①. 1.0　②. 9.6

【详解】[1] 频闪仪每隔 0.05s 发出一次闪光，有 $T=0.05\text{s}$

因小球水平方向做匀速直线运动，因此小球运动到图中位置 A 时，其速度的水平分量大小为

$$v_0=\frac{x}{T}=\frac{0.05}{0.05}\text{m/s}=1.0\text{m/s}$$

[2]由竖直方向的自由落体运动，令 $y_1=6.2\times10^{-2}\text{m}$，$y_2=8.6\times10^{-2}\text{m}$，$y_3=11.0\times10^{-2}\text{m}$，

$y_4=13.4\times10^{-2}\text{m}$

根据逐差公式有 $\left(y_3+y_4\right)-\left(y_2+y_1\right)=g\left(2T\right)^2$

解得 $g=\dfrac{\left(y_3+y_4\right)-\left(y_2+y_1\right)}{4T^2}$

代入数据解得重力加速度的大小 $g=9.6\text{m/s}^2$

17. 【答案】（1）A　（2）$\dfrac{xd}{6L}$

【小问 1 详解】

为保证实验效果，P、Q 两个光学元件依次为单缝、双缝。

故选 A。

【小问 2 详解】

若 A、B 两条亮条纹中央间距为 x，有 $6\Delta x = x$

根据条纹间距公式 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$

可得所测光的波长为 $\lambda = \frac{xd}{6L}$

18. 【答案】（1）左　　（2）测量值小于真实值，理由：电流表外接法中，电压表分流导致电流表示数大于通过 R_x 的真实电流，由 $R = \frac{U}{I}$ 可知测量值偏小。

（3）将电压表的接线从 M 点改接到 N 点（改为电流表内接法）；理由：内接法中，电流表内阻已知，可通过 $R_x = \frac{U}{I} - r_{\mathrm{A}}$ 消除电流表分压的系统误差，比外接法的电压表分流误差更易修正，测量更准确。

【小问 1 详解】

闭合开关前，滑动变阻器应调至使待测支路电压为零的位置，即滑片滑到最左端，此时待测支路被短路，电压为 0，保护电表。

【小问 2 详解】

原电路采用电流表外接法，电压表测量的是 R_x 两端的真实电压 U，但电流表测量的是 R_x 的电流 I_x 与电压表的分流 I_{V} 之和，即 $I = I_x + I_{\mathrm{V}}$

根据 $R_{测} = \frac{U}{I}$，分母 I 比真实电流 I_x 偏大，因此 $R_{测} = \frac{U}{I} < \frac{U}{I_x} = R_{真}$

【小问 3 详解】

改进方案：将电压表的接线端从 R_x 的右端（M 点）改接到电流表的右端（N 点），即改为电流表内接法。

理由：已知 R_x 约为几欧姆，电流表内阻 $r_{\mathrm{A}} = 0.5\Omega$，内接法中，电流表测量的是 R_x 的真实电流 I，电压表测量的是 R_x 与电流表的总电压 $U = I\left(R_x + r_{\mathrm{A}}\right)$

此时 $R_{测} = \frac{U}{I} = R_x + r_{\mathrm{A}}$

由于 r_{A} 已知（0.5Ω），可通过 $R_x = R_{测} - r_{\mathrm{A}}$ 修正误差，消除电流表分压带来的系统误差；而外接法中电压表内阻的分流误差无法直接消除，因此内接法修正后测量更准确。

19. 【答案】（1）0.04V

（2）$1\times10^{-3}\mathrm{N}$

（3）$1\times10^{-4}\mathrm{J}$

【小问 1 详解】

导体垂直切割磁感线有 $E=BLv$

解得 $E=0.04\mathrm{V}$

【小问 2 详解】

线框匀速进入磁场，外力 F 与安培力大小相等。 由欧姆定律得感应电流 $I=\dfrac{E}{R}=0.1\mathrm{A}$

安培力大小为 $F_{安}=BIL=1\times10^{-3}\mathrm{N}$

由平衡条件 $F=F_{安}$

解得 $F=1\times10^{-3}\mathrm{N}$

【小问 3 详解】

线框完全进入磁场的运动时间 $t=\dfrac{L}{v}=0.025\mathrm{s}$

由焦耳定律 $Q=I^2Rt$

代入数据得 $Q=1\times10^{-4}\mathrm{J}$

20. 【答案】（1）静摩擦力，6.4N

（2）a. $\omega_0=5\mathrm{rad/s}$；b. 见解析

【小问 1 详解】

小物体随圆盘做匀速圆周运动，相对于 P 点有向外运动的趋势，受静摩擦力 f，静摩擦力 f 提供向心力，即

$f=m\omega^2r=6.4\mathrm{N}$

【小问 2 详解】

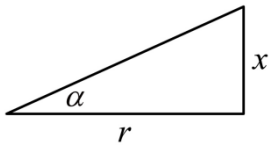
a.圆盘的角速度缓慢增大，所需向心力变大，当角速度增大到 ω_0 时，有 $\mu mg=m\omega_0^2r$

解得 $\omega_0=5\mathrm{rad/s}$

b.小物体离开粗糙区域后，只受重力和支持力，以速度 v 做匀速直线运动，路程为 x，则有 $v=\omega_0r$，

$x=v\Delta t$

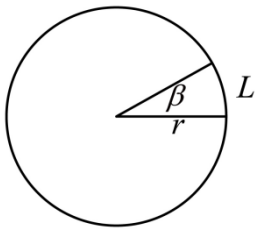
如图所示



则 $\tan\alpha=\frac{x}{r}$

P 点以线速度 v 做匀速圆周运动，路程 $L=v\Delta t$

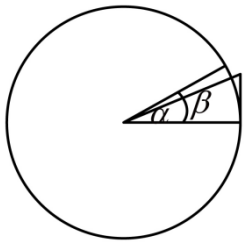
如图所示



则 $\beta=\frac{L}{r}$

联立可知 $\tan\alpha=\beta$

小物体和 P 点运动情况如图所示



由数学知识可知 $\alpha<\beta$ 。

21. 【答案】（1）应适当增大转速

（2）a． $F=2.5\times10^{-4}\mathrm{N}$

b．出风口

【小问 1 详解】

应适当增大转速。转速越快风力越大，不饱满谷物水平方向加速度增大，相同竖直下落时间内水平向左位移增大，就能从二料口流出。

但转速不宜过大，防止不饱满谷物从出风口飞出。

【小问 2 详解】

a．饱满谷物竖直方向始终只受重力，做自由下落运动， 在区域I内运动时间为 t_1

竖直方向上 $d=\frac{1}{2}gt_1^2$

解得$t_1=0.1\text{s}$

设从A下端到B点过程中运动时间为t_2

从喂料斗下方出口到B点过程中，总下落高度 $D=\frac{1}{2}g(t_1+t_2)^2$

解得$t_2=0.2\text{s}$

水平方向：I区域无风，进入II区域后水平方向做初速度为0的匀加速直线运动，总水平位移 $l=\frac{1}{2}at_2^2$

根据牛顿第二定律$F=m_1a$

解得$F=2.5\times10^{-4}\text{N}$

b．糠秕质量 $m_2=0.2m_1$，风力大小和饱满谷物相同，因此水平加速度 $a_2=\frac{F}{m_2}=\frac{F}{0.2m_1}=5a_1$

总下落时间和饱满谷物相同，因此糠秕到达BC水平面时的总水平位移$x=\frac{1}{2}a_2t_2^2=1.0\text{m}$

已知出风口到A点的水平距离$s=0.60\text{m}<1.0\text{m}$

说明糠秕在到达二料口/出粮口前，水平位移已经超出出风口，因此糠秕从出风口飞出。

22. 【答案】（1）a．负电

b．$q=\frac{mgd\left(t_1+t_2\right)}{Ut_2}$

（2）a．$v_n=\frac{2\pi ke^2}{nh}$

b．$U=\frac{16\pi^2mk^2e^3}{9h^2}$

【小问1详解】

a．A极板为正极、B极板为负极，电场方向竖直向下；油滴加电压后匀速上升，说明电场力方向竖直向上，电场力方向与电场方向相反，因此油滴带负电。

b．设阻力与速度满足$f=kv$

设油滴运动距离为L，阻力比例系数为k：不加电场匀速下降时，速度$v_1=\frac{L}{t_1}$

受力平衡 $mg=kv_1$

加电压后匀速上升，速度$v_2=\dfrac{L}{t_2}$

电场强度$E=\dfrac{U}{d}$

受力平衡有 $qE=mg+kv_2$

整理得 $q=\dfrac{mgd\left(t_1+t_2\right)}{Ut_2}$

【小问 2 详解】

a．电子在库仑力作用下绕核做匀速圆周运动，根据牛顿第二定律$\dfrac{ke^2}{r_n^2}=m\dfrac{v_n^2}{r_n}$

根据题意轨道周长为n倍物质波波长，即$2\pi r_n=n\lambda$

物质波公式$\lambda=\dfrac{h}{p}=\dfrac{h}{mv_n}$

整理得$v_n=\dfrac{2\pi ke^2}{nh}$

b．氢原子总能量$E_n=E_k+E_p$

其中$E_k=\dfrac{1}{2}mv_n^2$，$E_p=-\dfrac{ke^2}{r_n}$

代入得能级公式$E_n=-\dfrac{2\pi^2mk^2e^4}{n^2h^2}$

要发出可见光，只有从$n\geq 3$跃迁到$n=2$才发出可见光，最小能量对应激发到$n=3$。电子加速后动能为

eU，满足$eU=E_3-E_1=\dfrac{16\pi^2mk^2e^4}{9h^2}$

整理得最小电压 $U=\dfrac{16\pi^2mk^2e^3}{9h^2}$