

一、单项选择题

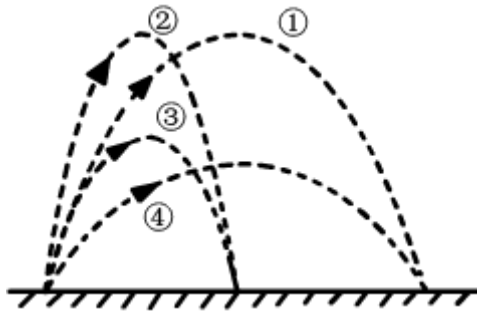
1. 一轻质弹簧原长为8cm, 在4N的拉力作用下伸长了2cm, 弹簧未超出弹性限度, 则该弹簧的劲度系数为()

- A. 40 m/N
- B. 40 N/m
- C. 200 m/N
- D. 200 N/m

解析: 弹簧伸长的长度为: $x=2\text{cm}=0.02\text{m}$, 弹簧的弹力为 $F=4\text{N}$, 根据胡克定律 $F=kx$ 得: $k=\frac{F}{x}=\frac{4}{0.02}=200\text{N/m}$ 。故ABC错误, D正确。

答案: D

2. 有A、B两小球, B的质量为A的两倍。现将它们以相同速率沿同一方向抛出, 不计空气阻力。图中①为A的运动轨迹, 则B的运动轨迹是()

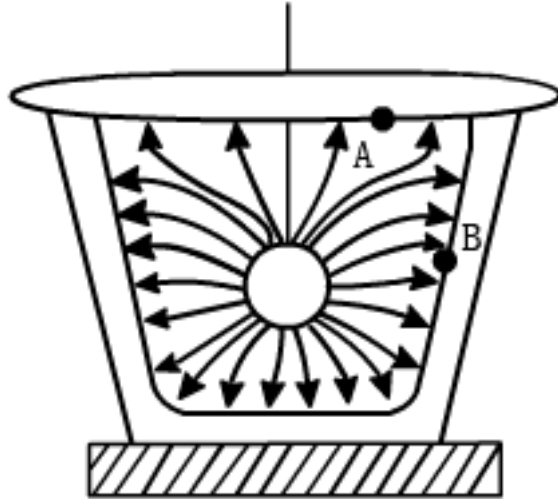


- A. ①
- B. ②
- C. ③
- D. ④

解析: 两球初速度大小和方向均相同, 同时因抛出后两物体均只受重力, 故加速度相同, 因此二者具有相同的运动状态, 故B的运动轨迹也是①; 选项A正确, BCD错误。

答案: A

3. 一金属容器置于绝缘板上, 带电小球用绝缘细线悬挂于容器中, 容器内的电场线分布如图所示。容器内表面为等势面, A、B为容器内表面上的两点, 下列说法正确的是()



- A. A 点的电场强度比 B 点的大
- B. 小球表面的电势比容器内表面的低
- C. B 点的电场强度方向与该处内表面垂直
- D. 将检验电荷从 A 点沿不同路径到 B 点，电场力所做的功不同

解析：A、依据电场线越疏，电场强度越弱，而电场线越密的，则电场强度越强，由图可知，则 A 点的电场强度比 B 点的小，故 A 错误；

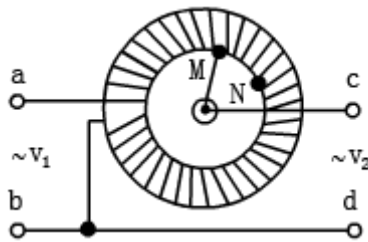
B、根据沿着电场线方向电势是降低的，可知，小球表面的电势比容器内表面的高，故 B 错误；

C、因容器内表面为等势面，且电场线总垂直于等势面，因此 B 点的电场强度方向与该处内表面垂直，故 C 正确；

D、因 A、B 在同一等势面上，将检验电荷从 A 点沿不同路径到 B 点，电场力所做的功相同，均为零，故 D 错误。

答案：C

4. 一自耦变压器如图所示，环形铁芯上只绕有一个线圈，将其接在 a、b 间作为原线圈。通过滑动触头取该线圈的一部分，接在 c、d 间作为副线圈。在 a、b 间输入电压为 U_1 的交变电流时，c、d 间的输出电压为 U_2 ，在将滑动触头从 M 点顺时针旋转到 N 点的过程中（ ）



- A. $U_2 > U_1$ ， U_2 降低
- B. $U_2 > U_1$ ， U_2 升高
- C. $U_2 < U_1$ ， U_2 降低
- D. $U_2 < U_1$ ， U_2 升高

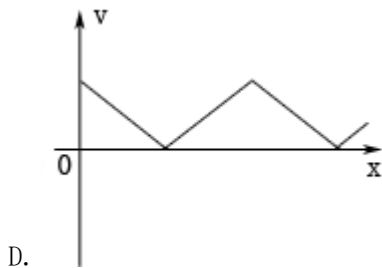
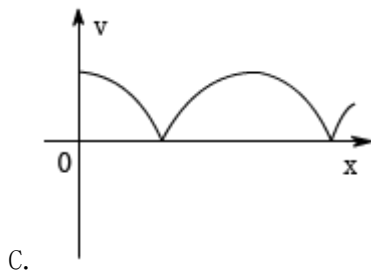
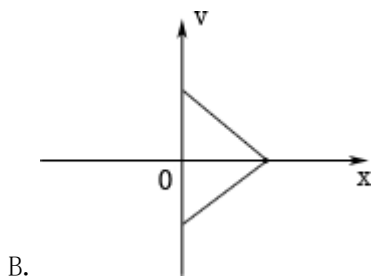
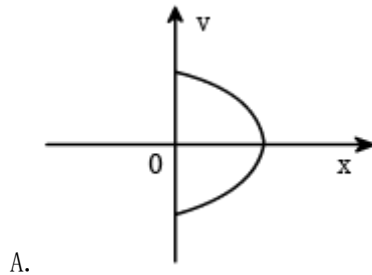
解析：根据变压器的电压关系有 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ ，

当滑动触头 M 顺时针转动时，即 n_2 减小时，电压 U_2 应该减小，即降低，

由于 $n_2 < n_1$ ，所以 $U_2 < U_1$ ，故 C 正确，ABD 错误。

答案：C

5. 小球从一定高度处由静止下落，与地面碰撞后回到原高度再次下落，重复上述运动，取小球的落地点为原点建立坐标系，竖直向上为正方向，下列速度 v 和位置 x 的关系图象中，能描述该过程的是()



解析：以竖直向上为正方向，则小球下落的速度为负值，故 C、D 两图错误。

设小球原来距地面的高度为 h 。小球下落的过程中，根据运动学公式有：

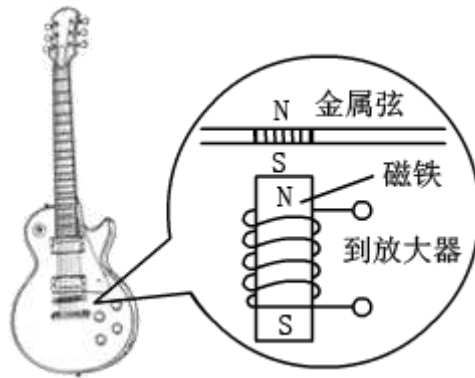
$v^2 = 2g(h - x)$ ，由数学知识可得， $v - x$ 图象应是开口向左的抛物线。

小球与地面碰撞后上升的过程，与下落过程具有对称性，故 A 正确，B 错误。

答案：A

二、多项选择题

6. 电吉他中电拾音器的基本结构如图所示，磁体附近的金属弦被磁化，因此弦振动时，在线圈中产生感应电流，电流经电路放大后传送到音箱发生声音，下列说法正确的有()



- A. 选用铜质弦，电吉他仍能正常工作
- B. 取走磁体，电吉他将不能正常工作
- C. 增加线圈匝数可以增大线圈中的感应电动势
- D. 磁振动过程中，线圈中的电流方向不断变化

解析：A、铜不可以被磁化，则选用铜质弦，电吉他不能正常工作，故 A 错误；

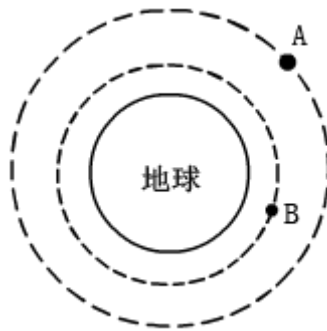
B、取走磁体，就没有磁场，振弦不能切割磁感线产生电流，电吉他将不能正常工作，故 B 正确；

C、根据 $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 可知，增加线圈匝数可以增大线圈中的感应电动势，故 C 正确；

D、磁振动过程中，磁场方向不变，但磁通量有时变大，有时变小，则线圈中的电流方向不断变化，故 D 正确。

答案：BCD

7. 如图所示，两质量相等的卫星 A、B 绕地球做匀速圆周运动，用 R、T、 E_k 、S 分别表示卫星的轨道半径、周期、动能、与地心连线在单位时间内扫过的面积。下列关系式正确的有 ()



- A. $T_A > T_B$
- B. $E_{kA} > E_{kB}$
- C. $S_A = S_B$

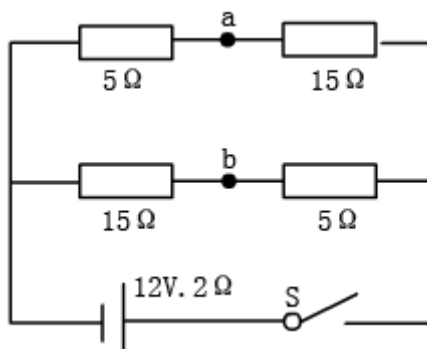
D. $\frac{R_A^3}{T_A^2} = \frac{R_B^3}{T_B^2}$

解析：A、D、则开普勒第三定律可知周期的二次方与半径的三次方成正比，则 D 正确，A 的半径大，则其周期长，则 A 正确。

B、C、由开普勒第二定可知绕同一天体运动的天体与中心天体连线在同一时间内扫过的面积相等，则 C 正确，并可知连线长的速度小，则 A 的速度小于 B 的，又质量相等，则 A 的运动小于 B 的动能，则 B 错误。

答案：AD

8. 如图所示的电路中，电源电动势为 12V，内阻为 2Ω ，四个电阻的阻值已在图中标出。闭合开关 S，下列说法正确的有（ ）



- A. 路端电压为 10 V
- B. 电源的总功率为 10 W
- C. a、b 间电压的大小为 5 V
- D. a、b 间用导线连接后，电路的总电流为 1 A

解析：A、B、外阻为 $R = \frac{20 \times 20}{20+20} = 10\Omega$ ，则 $I = \frac{E}{R+r} = \frac{12}{10+2} = 1A$ ，则外压 $U = IR = 10V$ ，功率

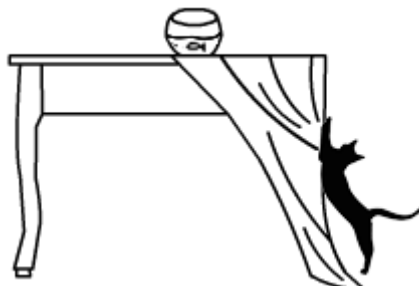
$P = EI = 12W$ ，则 A 正确，B 错误；

C、选电源负极为 0 势点，则 a 点电势为 $U \frac{15}{15+5} = 7.5V$ ，b 点电势为 $U \frac{5}{15+5} = 2.5V$ ，则 ab 间的电压为 $7.5 - 2.5 = 5V$ ，则 C 正确；

D、a、b 间用导线连接后外阻为 R' ，则 $R' = 2 \times \frac{5 \times 15}{5+15} = 7.5\Omega$ ，则电流 $I' = \frac{E}{R'+r} = \frac{12}{7.5+2} = \frac{12}{9.5} \neq 1A$ ，则 D 错误。

答案：AC

9. 如图所示，一只猫在桌边猛地将桌布从鱼缸下拉出，鱼缸最终没有滑出桌面。若鱼缸、桌布、桌面两两之间的动摩擦因数均相等，则在上述过程中（ ）



- A. 桌布对鱼缸摩擦力的方向向左
- B. 鱼缸在桌布上的滑动时间和在桌面上的相等

C. 若猫增大拉力，鱼缸受到的摩擦力将增大

D. 若猫减小拉力，鱼缸有可能滑出桌面

解析：A、桌布向右拉出时，鱼缸相对于桌布有向左的运动，故鱼缸受到的摩擦力向右；故 A 错误；

B、由于鱼缸在桌面上和在桌布上的动摩擦因数相同，故受到的摩擦力相等，则由牛顿第二定律可知，加速度大小相等；但在桌面上做减速运动，则由 $v=at$ 可知，它在桌布上的滑动时间和在桌面上的相等；故 B 正确；

C、鱼缸受到的摩擦力为滑动摩擦力，其大小与拉力无关，只与压力和动摩擦因数有关，因此增大拉力时，摩擦力不变；故 C 错误；

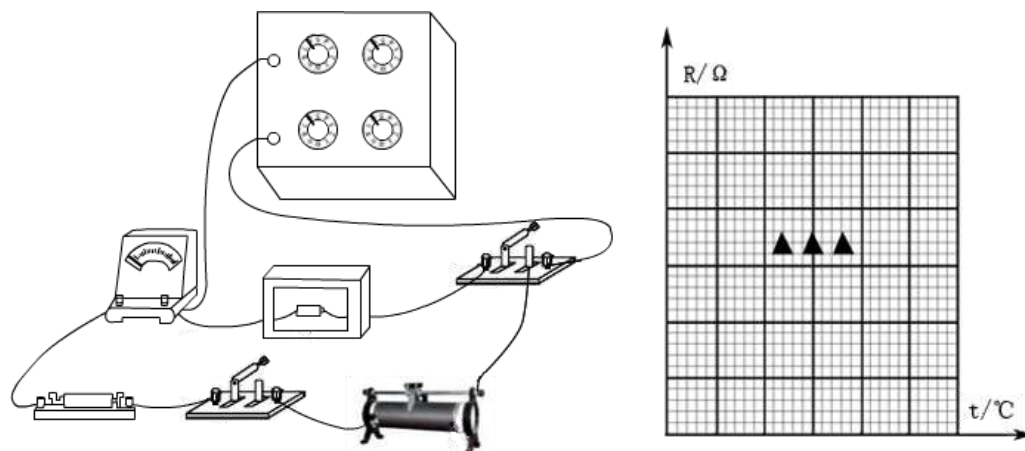
D、猫减小拉力时，桌布在桌面上运动的加速度减小，则运动时间变长；因此鱼缸加速时间变长，桌布抽出时的位移以及速度均变大，则有可能滑出桌面；故 D 正确。

答案：BD

三、简答题

10. 小明同学通过实验探究某一金属电阻的阻值 R 随温度 t 的变化关系。已知该金属电阻在常温下的阻值约 10Ω ， R 随 t 的升高而增大。实验电路如图所示，控温箱用以调节金属电阻的温值。

实验时闭合 S ，先将开关 K 与 1 端闭合，调节金属电阻的温度，分别记下温度 t_1, t_2, \dots 和电流表的相应示数 I_1, I_2, \dots 。然后将开关 K 与 2 端闭合，调节电阻箱使电流表的实数再次为 I_1, I_2, \dots ，分别记下电阻箱相应的示数 R_1, R_2, \dots 。



(1) 有以下两电流表，实验电路中应选用_____。

(A) 量程 $0\sim 100\text{mA}$ ，内阻约 2Ω

(B) 量程 $0\sim 0.6\text{A}$ ，内阻可忽略

解析：已知电源的电动势为 1.5V ， R 在常温下阻值约为 10Ω ，滑动变阻器的阻值为 0 时，

电路中的最大电流约为 $I_{\max} = \frac{1.5}{10}\text{A} = 0.15\text{A} = 150\text{mA}$ ，当滑动变阻器的阻值最大为 10Ω 时，

电路中的电流最小约为 $I_{\min} = \frac{E}{R+R'} = \frac{1.5}{10+10} = 0.075\text{A} = 75\text{mA}$ ，考虑到准确性原则，电流表

B 量程太大，指针偏转角度小于满偏的 $\frac{1}{3}$ ，所以应选择电流表 A。

答案：A

(2) 实验过程中, 要将电阻箱的阻值由 $9.9\ \Omega$ 调节至 $10.0\ \Omega$, 需旋转图中电阻箱的旋钮 a、b、c, 正确的操作顺序是_____。

- ①将旋钮 a 由 0 旋转至 1
- ②将旋钮 b 由 9 旋转至 0
- ③将旋钮 c 由 9 旋转至 0

解析：将电阻箱阻值由 $9.9\ \Omega$ 调节到 $10.0\ \Omega$, 要考虑到安全性原则, 如果先把 bc 旋钮调节到 0, 这样做很危险, 电路中的电流过大可能会损坏电表, 应该先把电阻箱阻值调大再慢慢减小, 以确保电路的安全, 操作步骤是先将旋钮 a 由 0 旋至 1, 然后将个位数及小数位旋转至 0, 所以正确的顺序①②③。

答案：①②③

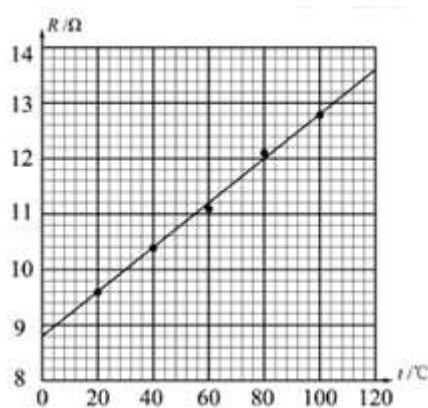
(3) 实验记录的 t 和 R 的数据见下表

温度 t ($^{\circ}\text{C}$)	20.0	40.0	60.0	80.0	100.0
阻值 R (Ω)	9.6	10.4	11.1	12.1	12.0

请根据表中数据, 在图中作出 R - t 图象。

由图线求得 R 随 t 的变化关系为 $R = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

解析：描点画图, 如图所示



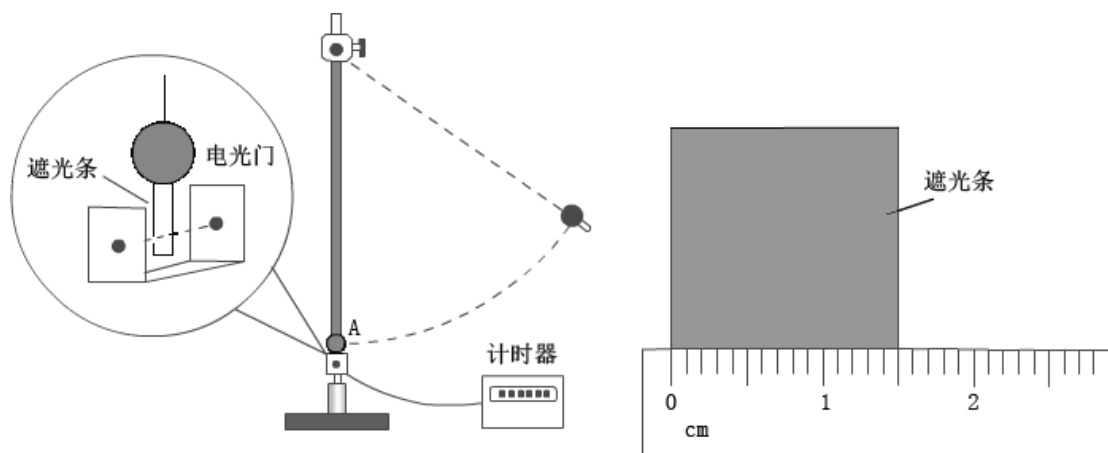
由图象可得 R 随 t 的变化关系为： $R = 0.04t + 8.8$ 。

答案：如图所示, $R = 0.04t + 8.8$

11. 某同学用如图所示的装置验证机械能守恒定律。一根细线系住钢球, 悬挂着铁架台上, 钢球静止于 A 点, 光电门固定在 A 的正下方。在钢球底部竖直地粘住一片宽为 d 的遮光条。

将钢球拉至不同位置由静止释放, 遮光条经过光电门的挡光时间 t 时由计时器测出, 取 $v = \frac{d}{t}$

作为钢球经过 A 点时的速度。记录钢球每次下落的高度 h 和计时器示数 t, 计算并比较钢球在释放点和 A 点之间的势能变化大小 ΔE_p 与动能变化大小 ΔE_k , 就能验证机械能是否守恒。



(1) $\Delta E_p = mgh$ 计算钢球重力势能变化的大小，式中钢球下落高度 h 应测量释放时的钢球球心到_____之间的竖直距离。

- (A) 钢球在 A 点时的顶端
- (B) 钢球在 A 点时的球心
- (C) 钢球在 A 点时的底端

解析：小球下落的高度 h 是初末位置球心之间的高度差，所以要选 B。

答案：B

(2) 用 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 计算钢球动能变化的大小，用刻度尺测量遮光条宽度，示数如图所示，其读数为_____cm。某次测量中，计时器的示数为 0.0100s，则钢球的速度为 $v =$ _____m/s。

解析：刻度尺读数的方法，需估读一位，所以读数为 1.50cm；某次测量中，计时器的示数为 0.0100s，则钢球的速度为：

$$v = \frac{d}{t} = \frac{1.50 \times 10^{-2}}{0.0100} = 1.50 \text{ m/s.}$$

答案：1.5 1.5

(3) 下表为该同学的实验结果：

$\Delta E_p (\times 10^{-2} \text{J})$	4.892	9.786	14.69	19.59	29.38
$\Delta E_k (\times 10^{-2} \text{J})$	5.04	10.1	15.1	20.0	29.8

他发现表中的 ΔE_p 与 ΔE_k 之间存在差异，认为这是由于空气阻力造成的。你是否同意他的观点？请说明理由。

解析：不同意。

从表中的数据可知，小球动能的增加量大于小球的重力势能的减小量；若空气的阻力造成的，则 ΔE_k 要小于 ΔE_p ，所以误差不是空气的阻力造成的。

答案：不同意，空气的阻力造成的，则 ΔE_k 要小于 ΔE_p ，所以误差不是空气的阻力造成的。

(4) 请你提出一条减小上述差异的改进建议。

解析：由图可知，在该实验中所求的速度是遮光片的速度，而不是小球的速度，二者之间的速度略有差别。

由于小球与遮光片都做圆周运动，它们具有相等的角速度 ω ，根据角速度与线速度之间的关系： $v = \omega r$ 可知，小球的速度与遮光片的速度之间的关系为：

$$\frac{v_{\text{球}}}{v_{\text{遮}}} = \frac{l}{L}$$

l 和 L 分别是小球的球心到悬点的距离和光电门到悬点的距离，所以在计算小球的动能时，

使用的速度为： $v_{\text{球}} = \frac{l}{L} v$ 。

答案：分别是小球的球心到悬点的距离和光电门到悬点的距离 l 和 L ，在计算小球的动能时，

使用的速度为： $v_{\text{球}} = \frac{l}{L} v$ 。

四、选做题

12. 高原地区烧水需要使用高压锅，水烧开后，锅内水面上方充满饱和汽，停止加热，高压锅在密封状态下缓慢冷却，在冷却过程中，锅内水蒸汽的变化情况为（ ）

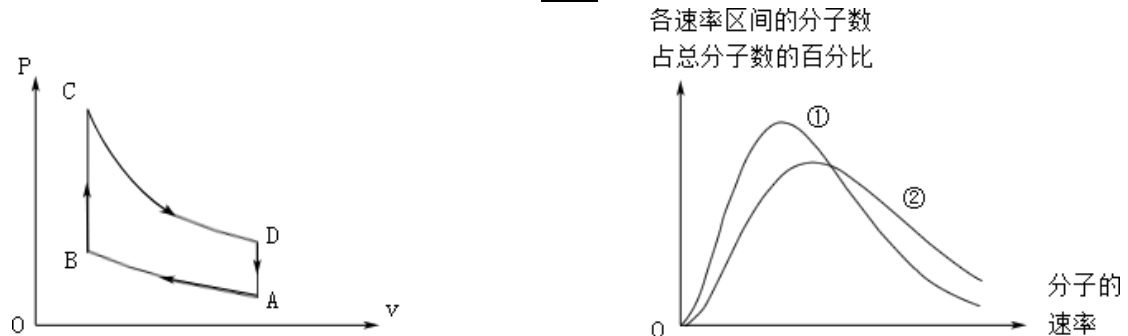
- A. 压强变小
- B. 压强不变
- C. 一直是饱和汽
- D. 变为未饱和汽

解析：水上方蒸汽的气压叫饱和气压，只与温度有关，只要下面还有水，那就是处于饱和状态，饱和气压随着温度的降低而减小，AC 正确，BD 错误。

答案：AC

13. 回答下列问题。

(1) 如图所示，在斯特林循环的 $p - V$ 图象中，一定质量理想气体从状态 A 依次经过状态 B、C 和 D 后再回到状态 A，整个过程由两个等温和两个等容过程组成 B→C 的过程中，单位体积中的气体分子数目____(选填增大、减小或不变)，状态 A 和状态 D 的气体分子热运动速率的统计分布图象如图所示，则状态 A 对应的是____(选填①或②)。



解析：由图可知，图线 BC 与纵坐标平行，表示气体的体积不变，所以 B→C 的过程中，单位体积中的气体分子数目不变；

根据理想气体的状态方程： $\frac{PV}{T} = C$ 可知，气体的温度越高，压强与体积的乘积 PV 值越大，所以由图可知 $T_D > T_A$ ；

气体的分子的运动的统计规律：中间多，两头少；温度高，最可几速率向速度较大的方向移动；故 $T_1 < T_2$ ；因此状态 A 对应的是①。

答案：①

(2) 如图所示，在 A→B 和 D→A 的过程中，气体放出的热量分别为 4J 和 20J。在 B→C 和 C→D 的过程中，气体吸收的热量分别为 20J 和 12J。求气体完成一次循环对外界所做的功。

解析：在气体完成一次循环后的内能与开始时是相等的，所以内能不变，即 $\Delta U = 0$ ；由图可知，A→B 和 D→A 的过程中，气体放出的热量分别为 4J 和 30J。在 B→C 和 C→D 的过程中气体吸收的热量分别为 20J 和 12J，则吸收的热量 $Q = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CD} + Q_{DA} = -4 + 20 + 12 - 20 = 8J$ 。

由热力学第一定律得： $\Delta U = Q + W$ ，所以 $W = -8J$

所以气体完成一次循环对外做功是 8J。

答案：气体对外做功是 8J

14. 一艘太空飞船静止时的长度为 30m，他以 $0.6c$ (c 为光速) 的速度沿长度方向飞行经过地球，下列说法正确的是()

- A. 飞船上的观测者测得该飞船的长度小于 30m
- B. 地球上的观测者测得该飞船的长度小于 30m
- C. 飞船上的观测者测得地球上发来的光信号速度小于 c
- D. 地球上的观测者测得飞船上发来的光信号速度小于 c

解析：A、飞船上的观测者测得该飞船的长度是静止时的长度，为 30m，故 A 错误；

B、地球上的观测者测得该飞船的长度是以 $0.6c$ 的速度沿长度方向飞行时长度，为：

$$l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 30 \times \sqrt{1 - \left(\frac{0.6c}{c}\right)^2} = 24m < 30m, \text{ 故 B 正确；}$$

C、根据狭义相对论的光速不变原理，飞船上的观测者测得地球上发来的光信号速度等于 c ，地球上的观测者测得飞船上发来的光信号速度也等于 c ，故 CD 错误。

答案：B

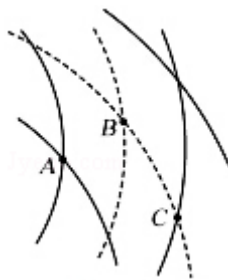
15. 回答下列问题。

(1) 杨氏干涉实验证明光的确是一种波，一束单色光投射在两条相距很近的狭缝上，两狭缝就成了两个光源，它们发出的光波满足干涉的必要条件，则两列光的___相同。如图所示，在这两列光波相遇的区域中，实线表示波峰，虚线表示波谷，如果放置光屏，在___ (选填 A、B 或 C) 点会出现暗条纹。

解析：产生稳定干涉图样的必要条件是两束光的频率相同。A、B 两点是波峰与波峰、波谷与波谷相遇的点，是振动加强点，出现明条纹，C 点波峰与波谷相遇，振动减弱，出现暗条纹。

答案：频率 C

(2) 在上述杨氏干涉试验中，若单色光的波长 $\lambda = 5.89 \times 10^{-7}m$ ，双缝间的距离 $d = 1mm$ ，双缝到屏的距离 $l = 2m$ 。求第 1 个亮光条纹到第 11 个亮条纹的中心间距。



解析：相邻干涉条纹的间距为 $\Delta x = \frac{1}{d} \lambda = \frac{2}{0.001} \times 5.89 \times 10^{-7} \text{m} = 1.178 \times 10^{-3} \text{m}$

则第 1 个亮光条纹到第 11 个亮光条纹的中心间距为 $S = 10 \Delta x = 1.178 \times 10^{-2} \text{m}$ 。

答案：第 1 个亮光条纹到第 11 个亮条纹的中心间距为 $1.178 \times 10^{-2} \text{m}$

16. 贝克勒尔在 120 年前首先发现了天然放射现象，如今原子核的放射性在众多领域中有着广泛应用。下列属于放射性衰变的是（ ）

- A. ${}_{6}^{14}\text{C} \rightarrow {}_{7}^{14}\text{N} + {}_{-1}^{0}\text{e}$
- B. ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_{0}^{1}\text{n} \rightarrow {}_{53}^{131}\text{I} + {}_{39}^{103}\text{Y} + 2 {}_{0}^{1}\text{n}$
- C. ${}_{1}^{2}\text{H} + {}_{1}^{3}\text{H} \rightarrow {}_{2}^{4}\text{He} + {}_{0}^{1}\text{n}$
- D. ${}_{2}^{4}\text{He} + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_{0}^{1}\text{n}$

解析：A、A 选项的反应释放出电子，属于 β 衰变，故 A 正确；

B、B 选项属于重核裂变，故 B 错误；

C、C 选项属于轻核聚变，故 C 错误；

D、D 选项是发现中子的反应，不是放射性衰变，故 D 错误。

答案：A

17. 已知光速为 c ，普朗克常数为 h ，则频率为 ν 的光子的动量为_____。用该频率的光垂直照射平面镜，光被镜面全部垂直反射回去，则光子在反射前后动量改变量的大小为_____。

解析：根据德布罗意波长公式，则光子的动量为 $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}$ 。

取入射方向为正方向，则光子动量的变化量为 $\Delta p = p_{末} - p_{初} = -p - p = -2h \frac{\nu}{c}$

因此当光被镜面全部垂直反射回去，光子的速度方向与开始时相反，

所以光子在反射前后动量改变量的大小为 $\frac{2h\nu}{c}$ 。

答案： $\frac{h\nu}{c}$ $\frac{2h\nu}{c}$

六、计算题

18. 几种金属的逸出功 W_0 见下表：

金属	钨	钙	钠	钾	铷
$W_0 (\times 10^{-19} \text{J})$	7.26	5.12	3.66	3.60	3.41

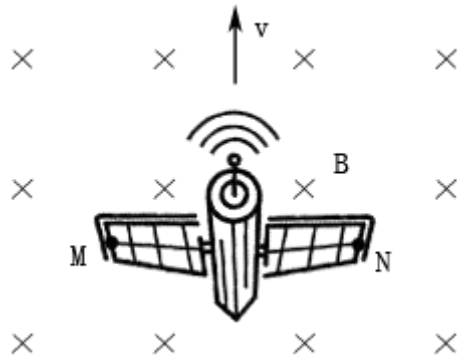
由一束可见光照射上述金属的表面, 请通过计算说明哪些能发生光电效应。已知该可见光的波长的范围为 $4.0 \times 10^{-7} \sim 7.6 \times 10^{-6} \text{m}$, 普朗克常数 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ 。

解析: 可见光的最大光子能量 $E = h \frac{c}{\lambda} = 6.63 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{4 \times 10^{-7}} \approx 5.0 \times 10^{-19} \text{J}$ 。

可见光子能量大于钠、钾、铷的逸出功, 可以使钠、钾、铷发生光电效应。

答案: 可以使钠、钾、铷发生光电效应。

19. 据报道, 一法国摄影师拍到天宫一号空间站飞过太阳的瞬间。照片中, 天宫一号的太阳帆板轮廓清晰可见。如图所示, 假设天宫一号正以速度 $v=7.7 \text{km/s}$ 绕地球做匀速圆周运动, 运动方向与太阳帆板两端 M、N 的连线垂直, M、N 间的距离 $L=20 \text{m}$, 地磁场的磁感应强度垂直于 v 、MN 所在平面的分量 $B=1.0 \times 10^{-5} \text{T}$, 将太阳帆板视为导体。



(1) 求 M、N 间感应电动势的大小 E 。

解析: M、N 间感应电动势的大小为:

$$E = BLv = 1.0 \times 10^{-5} \times 20 \times 7.7 \times 10^3 = 1.54 \text{V}.$$

答案: M、N 间感应电动势的大小 E 是 1.54V 。

(2) 在太阳帆板上将一只 1.5V 、 0.3W 的小灯泡与 M、N 相连构成闭合电路, 不计太阳帆板和导线的电阻。试判断小灯泡能否发光, 并说明理由。

解析: 小灯泡与 M、N 相连构成闭合电路, 穿过回路的磁通量不变, 没有感应电流产生, 所以小灯泡不能发光。

答案: 小灯泡与 M、N 相连构成闭合电路, 穿过回路的磁通量不变, 没有感应电流产生, 所以小灯泡不能发光。

(3) 取地球半径 $R=6.4 \times 10^3 \text{km}$, 地球表面的重力加速度 $g=9.8 \text{m/s}^2$, 试估算天宫一号距离地球表面的高度 h (计算结果保留一位有效数字)。

解析: 天宫一号绕地球做匀速圆周运动, 由万有引力提供向心力, 则有:

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{R+h}$$

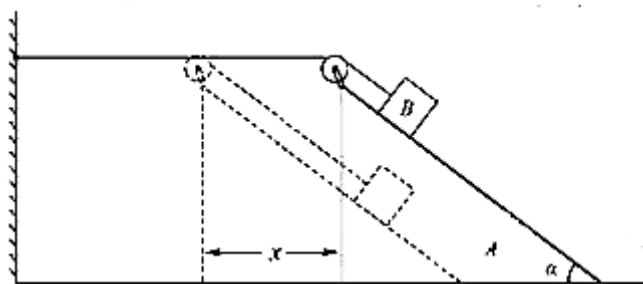
在地球表面, 有: $m' g = G \frac{Mm'}{R^2}$

联立解得： $h = \sqrt{\frac{gR^2}{v^2} - R}$

代入数据解得： $h \approx 4 \times 10^5 \text{m}$ 。

答案：天宫一号距离地球表面的高度 h 是 $4 \times 10^5 \text{m}$ 。

20. 如图所示，倾角为 α 的斜面 A 被固定在水平面上，细线的一端固定于墙面，另一端跨过斜面顶端的小滑轮与物块 B 相连，B 静止在斜面上。滑轮左侧的细线水平，右侧的细线与斜面平行。A、B 的质量均为 m 。撤去固定 A 的装置后，A、B 均做直线运动。不计一切摩擦，重力加速度为 g 。求：



(1) A 固定不动时，A 对 B 支持力的大小 N ；

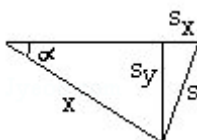
解析：根据受力分析：重力、支持力与绳子的拉力，结合力的平行四边形定则，及平衡条件与三角知识，则斜面的支持力大小为：

$$N = mg \cos \alpha$$

答案：A 固定不动时，A 对 B 支持力的大小 $mg \cos \alpha$ 。

(2) A 滑动的位移为 x 时，B 的位移大小 s ；

解析：撤去固定 A 的装置后，A、B 均做直线运动，根据运动的合成与分解，当 A 滑动的位移为 x 时，设 B 的位移大小 s ，依据几何关系有：



$$\text{则有：} s_x = x(1 - \cos \alpha)$$

$$s_y = x \sin \alpha$$

$$\text{且 } s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$

$$\text{解得：} s = x \sqrt{2(1 - \cos \alpha)}$$

答案：A 滑动的位移为 x 时，B 的位移大小 $x \sqrt{2(1 - \cos \alpha)}$ 。

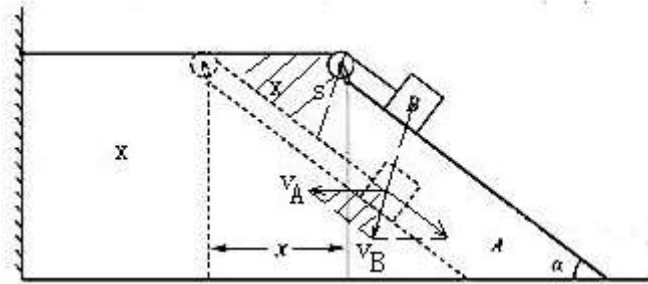
(3) A 滑动的位移为 x 时的速度大小 v_x 。

解析：因 B 的下降的高度为 $s_y = x \sin \alpha$ ；

根据系统只有重力做功，机械能守恒定律，则有：

$$mgs_y = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2$$

如下图所示，画阴影部分的三角形相似，依据位移之比等于速度之比，



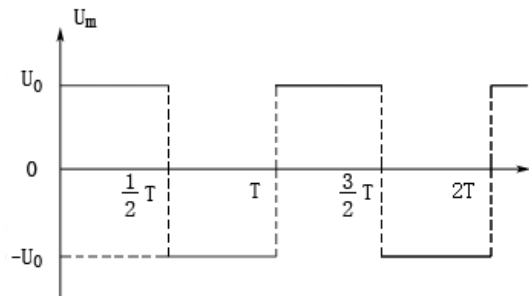
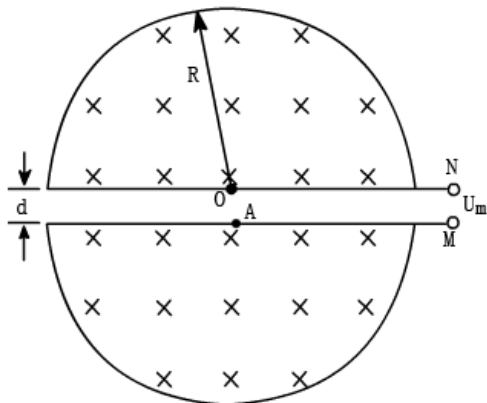
可得： $\frac{v_A}{v_B} = \frac{x}{s}$

则有： $v_B = v_A \sqrt{2(1 - \cos \alpha)}$ ；

解得： $v_A = \sqrt{\frac{2gx \sin \alpha}{3 - 2\cos \alpha}}$ 。

答案： A滑动的位移为 x 时的速度大小 $\sqrt{\frac{2gx \sin \alpha}{3 - 2\cos \alpha}}$ 。

21. 回旋加速器的工作原理如图所示，置于真空中的 D 形金属盒半径为 R，两盒间狭缝的间距为 d，磁感应强度为 B 的匀强磁场与盒面垂直，被加速粒子的质量为 m，电荷量为 +q，加在狭缝间的交变电压如图所示，电压值的大小为 U_0 ，周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 。一束该粒子在 $t=0 - \frac{T}{2}$ 时间内从 A 处均匀地飘入狭缝，其初速度视为零。现考虑粒子在狭缝中的运动时间，假设能够出射的粒子每次经过狭缝均做加速运动，不考虑粒子间的相互作用。求：



(1) 出射粒子的动能 E_m ；

解析： 粒子运动半径为 R 时，依据牛顿第二定律，结合洛伦兹力提供向心力，

则有： $qvB=m\frac{v^2}{R}$,

且 $E_m=\frac{1}{2}mv^2$

解得： $E_m=\frac{q^2B^2R^2}{2m}$ 。

答案： 出射粒子的动能 $\frac{q^2B^2R^2}{2m}$

(2) 粒子从飘入狭缝至动能达到 E_m 所需的总时间 $t_{总}$ ；

解析： 粒子被加速 n 次到达动能为 E_m ， 则 $E_m=nqU_0$ ，

粒子在狭缝间做匀加速运动， 设 n 次经过狭缝的总时间为 Δt ；

而加速度 $a=\frac{qU_0}{md}$

因匀加速直线运动， 依据运动学公式， 则有： $nd=\frac{1}{2}a\Delta t^2$

由 $t_0=(n-1)\frac{T}{2}+\Delta t$ ，

解得： $t_0=\frac{\pi BR^2+2BRd}{2U_0}-\frac{\pi m}{qB}$ 。

答案： 粒子从飘入狭缝至动能达到 E_m 所需的总时间 $\frac{\pi BR^2+2BRd}{2U_0}-\frac{\pi m}{qB}$ 。

(3) 要使飘入狭缝的粒子中有超过 99% 能射出， d 应满足的条件。

解析： 只有在 0 到 $(\frac{T}{2}-\Delta t)$ 时间内， 飘入的粒子才能每次均被加速，

则所占的比例为 $\eta=\frac{\frac{T}{2}-\Delta t}{\frac{T}{2}}$ ；

由 $\eta > 99\%$ ， 解得： $d < \frac{\pi m U_0}{100q B^2 R}$ 。

答案： 要使飘入狭缝的粒子中有超过 99% 能射出， d 应满足的条件： $d < \frac{\pi m U_0}{100q B^2 R}$ 。