

理科综合·生物答案解析

一、选择题

1. D 此题考查几种常见的生物实验方法,侧重考查实验探究能力。

【解析】双缩脲试剂 B 液是质量浓度为 0.01 g/mL 的 CuSO_4 溶液,而斐林试剂乙液是质量浓度为 0.05 g/mL 的 CuSO_4 溶液,后者浓度更高,A 错误。观察洋葱根尖细胞有丝分裂时,经过解离后细胞已经死亡,观察时不需要始终保持细胞活性,B 错误。只调查遗传病家庭,无法推算出人群中的发病率,需要在社区、学校等更大范围调查才行,C 错误。统计某草地土壤小动物的丰富度,可采用目测估计法和记名计算法,D 正确。

2. B 此题考查几种微生物细胞的结构与功能,侧重考查理解能力。

【解析】蓝藻能吸收无机盐,但大量养殖蓝藻会引起水华带来更严重的污染,A 错误。酵母菌属于兼性厌氧型真菌,常用于发酵面食和酿酒,B 正确。肺炎双球菌可用于探究遗传物质的本质,其中 S 型肺炎双球菌有荚膜,R 型肺炎双球菌没有荚膜,C 错误。根瘤菌属于异养型生物,通过固氮作用能为豆科植物提供含氮养料,D 错误。

3. C 此题考查细胞代谢中的能量变化,侧重考查理解能力。

【解析】荧光素酶基因的表达产物是酶,酶具有催化作用,不能为发光直接供能,直接供能物质是 ATP,A 错误。荧光树发光是因为 ATP 中的化学能可以转变成为光能,B 错误。荧光树发光所需能量的最终来源是太阳光能,C 正确。氧气浓度会影响荧光树的呼吸作用强度,就可能影响 ATP 的产生速率,进而对发光强度产生影响,D 错误。

4. D 此题考查人体生命活动的调节,侧重考查理解能力和处理信息的能力。

【解析】EPO 是一种激素,激素会给相应靶细胞传递改变代谢活动的信息,A 正确。 O_2 是通过体液运输到肝细胞的, O_2 浓度调节肝脏合成 EPO 的过程属于体液调节,B 正确。从图示可以看出,EPO 维持红细胞正常数量的过程中存在反馈调节,C 正确。婴幼儿缺铁性贫血是缺乏铁元素引起的,不是红细胞数量少引起的,因此注射 EPO 不起作用,D 错误。

5. D 此题考查遗传的分子基础,侧重考查理解能力和分析推理能力。

【解析】负载 tRNA 和空载 tRNA 都是单链 RNA,A 正确。负载 tRNA 和空载 tRNA 都是“三叶草形”,因此都含有多个氢键,B 正确。空载 tRNA 会抑制转录过程,因此可能会使 mRNA 的数量减少,C 正确。空载 tRNA 会在细胞缺乏氨基酸的情况下抑制转录和翻译过程,避免细胞中物质和能量的浪费,D 错误。

6. C 此题考查人类遗传病的类型及特点,侧重考查知识获取能力和综合运用能力。

【解析】探针与待测基因杂交能够形成杂交分子,所遵循的原理是碱基互补配对原则,A 正确。

据图分析可知,该家庭成员中的父亲和母亲都含有致病基因,该致病基因为显性,故双亲均为马方综合征患者,B 正确。根据基因检测结果分析,该家庭父亲体内含有正常基因和致病基因这对等位基因,由于致病基因及其对应的正常基因都不能位于 Y 染色体上,也就意味着致病基因及其对应的正常基因也都不能位于 X 染色体上,所以控制马方综合征的致病基因只能位于常染色体上,C 错误。常染色体上的基因在遗传时与性别无关,所以该家庭中女儿基因检测结果有可能与儿子不同,D 正确。

三、非选择题

(一)必考题

29. (9 分)

- (1)施肥类型(1 分) 气孔导度、净光合速率(2 分) 正相关(或气孔导度越大净光合速率越大)(2 分)
- (2)菌剂中的微生物能将稻茬中的有机物分解为无机盐提高土壤肥力,同时释放出 CO_2 利于水稻进行光合作用(2 分) 减少化肥污染;分解植物秸秆;改良土壤状况(2 分)

解析:此题考查光合作用及其影响因素,主要考查信息处理能力和实验探究能力。

- (1)据图分析可知,该实验研究的自变量是施肥类型,实验检测的两个因变量是气孔导度和净光合速率。实验结果表明气孔导度越大净光合速率越大,二者之间存在正相关的关系。
- (2)稻茬中含有较多的有机物,种植水稻时施加 AMF 菌剂,菌剂中的微生物能将稻茬中的有机物分解为无机盐提高土壤肥力,同时释放出 CO_2 利于水稻进行光合作用,从而提高水稻产量。AMF 等微生物菌剂除了能提高农作物产量外,还具有减少化肥污染;分解植物秸秆;改良土壤状况等优点。

30. (10 分)

- (1)生态系统有自我调节能力(2 分) 浮床植物与藻类竞争 N、P 等无机盐,同时遮挡阳光,抑制藻类生长(2 分)
- (2)次生(2 分) 标志重捕(2 分) 食物种类及数量、栖息空间、天敌种类及数量、水中溶氧量(2 分)

解析:此题考查生态系统的稳定性和种群数量调查,主要考查理解能力和应用能力。

- (1)湖泊遭到轻微污染一段时间后能够恢复如初的原因是生态系统有自我调节能力。无机物污染通常会引起水华,生态浮床上的植物与藻类竞争 N、P 等无机盐,同时遮挡阳光,抑制藻类生长从而控制水华。
- (2)向湖中投放一些动物后,群落发生的演替属于次生演替。调查鱼的种群数量,可采用标志重捕法,限制鱼种群数量增加的因素主要有食物种类及数量、栖息空间、天敌种类及数量、水中溶氧量等。

31. (10 分)

- (1)体液(血液)(1 分) 胰岛素(1 分) 胰岛素受体不敏感(或缺乏胰岛素受体)(2 分)

(2)神经调节和体液调节(2分) 刺激神经和注射促胰液素都能促进胰液的分泌量,且注射促胰液素剂量越大,胰液分泌越多(2分)

(3)探究刺激小肠神经和注射促胰液素两种处理在胰液分泌中是否存在相互影响(2分)

解析:此题考查动物生命活动的调节,侧重考查学生的信息能力和实验探究能力。

(1)内分泌腺分泌的激素都要经体液的运输流到全身。胰腺分泌的激素中,能促进肝糖原合成的激素是胰岛素,胰岛素分泌正常的人也会患糖尿病,有可能是胰岛素受体不敏感,或靶细胞缺乏胰岛素受体等原因造成的。

(2)胰液分泌的调节方式有神经调节和体液调节。分析实验结果可知,刺激神经和注射促胰液素都能促进胰液的分泌量,且注射促胰液素的剂量越大,胰液分泌就越多。

(3)增加注射不同剂量促胰液素同时刺激小肠神经的三组实验,目的是探究刺激小肠神经和注射促胰液素两种处理在胰液分泌中是否存在相互影响。

32. (10分)

(1)隐(1分) 绿果肉:黄果肉=5:1(2分)

(2)两(1分) $1/4$ (2分)

(3)不能(2分) 若控制果肉颜色的基因与控制果皮颜色的某一对基因位于一对同源染色体上, F_2 也会出现相同结果(2分)

解析:此题考查孟德尔遗传定律的应用,侧重考查利用遗传学基本原理进行分析和推理的能力。

(1)分析实验①可知,黄果肉相对绿果肉为隐性, F_2 中的绿果肉植株自交后代中,表现型为黄果肉的比例是 $2/3 \times 1/4 = 1/6$,表现型为绿果肉的比例是 $1 - 1/6 = 5/6$,所以子代的表现型及其比例是绿果肉:黄果肉=5:1。

(2)实验②的实验结果显示,子代表现型的比例为12:3:1,是9:3:3:1的一种变式,性状分离及其比例符合自由组合定律,由此推断果皮的颜色至少由两对独立遗传的等位基因控制。假设控制果皮颜色的两对基因分别是A/a、B/b,且A_B_和A_bb表现为紫色果皮, F_2 紫果皮个体中,基因型为AABB、AABb和AAbb的个体连续自交,其后代一直都为紫果皮,它们在 F_2 代中所占的比例为 $1/4$ 。(若假设A_B_和aaB_表现为紫色果皮,推算的结果与此相同。)

(3)研究人员将 P_4 与 P_2 杂交得到 F_1 , F_1 自交后代出现四种表现型且分离比为9:3:3:1,据此不能判定控制果肉颜色的基因与控制果皮颜色的基因是完全独立遗传的,因为如果控制果肉颜色的基因与控制果皮颜色的某一对基因位于一对同源染色体上, F_2 也会出现相同结果。

(二)选考题

37. [生物——选修1:生物技术实践](15分)

(1)使用强烈的理化因素杀死物体内外所有的微生物(包含芽孢和孢子)(3分)

(2)碳源、氮源(2分) 温度高容易烫伤、温度低培养基开始凝固(2分)

- (3)人体呼出的气体(2分) 随着佩戴时间的延长,口罩内、外层细菌数量都增加,滤菌率不断下降(4分) 口罩只使用一次,每间隔2个小时换一次口罩(2分)

解析:此题考查微生物的灭菌、培养及微生物技术的应用,注重考查理解能力、实验探究能力和综合运用能力。

- (1)灭菌是指使用强烈的理化因素杀死物体内外所有的微生物,包含芽孢和孢子。
- (2)培养基中的牛肉膏和蛋白胨可为细菌的生长繁殖提供碳源、氮源、维生素和无机盐等营养物质。培养基灭菌后,需要冷却到 50°C 左右才能倒平板,温度不能过高也不能过低,若温度过高容易烫伤,若温度过低培养基开始凝固,影响最后倒平板的效果和质量。
- (3)该实验过程在无菌环境中进行,因此口罩内层细菌的主要来自实验者呼吸排出的气体中。分析表中实验结果可知,随着口罩佩戴时间的延长,口罩内、外层细菌数量都在增加,滤菌率在不断下降。据此为人们佩戴口罩提出合理的建议是,口罩只使用一次,每间隔2个小时换一次口罩。

38. [生物——选修3:现代生物科技专题](15分)

- (1)动物血清(2分) 维持培养液的pH(2分) 无菌、无毒的环境;营养;温度和pH(2分)
- (2)细胞膜上的糖蛋白较少,细胞之间的黏着性较低(3分)
- (3)在两组相同的培养瓶中装入等量的癌细胞悬浮液,实验组加入一定量的 Nispex,对照组加入等量的生理盐水,两组悬浮液均在适宜条件下培养,一段时间后观察肿瘤细胞的生长速度和细胞凋亡率。若实验结果为实验组中癌细胞的生长速度比对照组中的慢,凋亡率高,则说明 Nispex 具有抑抗肿瘤的作用(6分)

解析:此题考查动物细胞培养计数,注重考查筛选信息的能力、实验探究能力和综合运用能力。

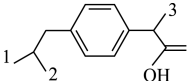
- (1)培养动物细胞时,需在配制的合成培养基中添加动物血清等天然成分。培养一般需在含95%空气和5% CO_2 的气体环境中进行,其中 CO_2 的作用是维持培养液的pH。除了合适的气体环境外,培养动物细胞还需要满足的条件是无菌、无毒的环境、营养、温度和pH等。
- (2)培养普通动物细胞过程中,常出现细胞贴壁现象,而肿瘤细胞培养时表现出贴壁能力下降,原因是细胞膜上的糖蛋白较少,细胞之间的黏着性较低。
- (3)若要通过细胞培养的方法来探究 Nispex 是否具有抗肿瘤的作用,可以在两组相同的培养瓶中装入等量的癌细胞悬浮液,实验组加入一定量的 Nispex,对照组加入等量的生理盐水,两组悬浮液均在适宜条件下培养,一段时间后观察肿瘤细胞的生长速度和细胞凋亡率。若实验结果为实验组中癌细胞的生长速度比对照组中的慢,凋亡率高,则说明 Nispex 具有抑抗肿瘤的作用。

理科综合·化学参考答案

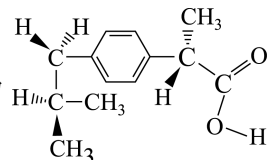
一、选择题

7. B 解析:在一定温度下,无论还原铁粉还是铁块均能置换出 H_2O 中的氢,氢气遇到明火或高温会爆炸,所以浇注钢水前应该对模具干燥,A 正确。乙醇消毒是利用酒精(75%)与蛋白质形成氢键而破坏其空间结构,乙醇没有强氧化性,B 错误。 Na_2CO_3 水溶液因发生盐的水解呈碱性,有利于油脂水解并生成可溶物质,C 正确。电热水器的内胆是钢材制品,加装镁棒时,Mg 作负极失去电子,Fe 为正极得到保护,D 正确。

8. B 解析: HNO_3 溶液中有大量的水分子,其氢原子数远远大于 $0.1N_A$,A 错误。 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$, $\text{Na}_2\text{O}_2 \sim \text{e}^-$, $n(\text{Na}_2\text{O}_2) = \frac{7.8 \text{ g}}{78 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$,所以, Na_2O_2 转移电子数为 $0.1N_A$,B 正确。标准状况下 HF 为液态,所以 22.4 L HF , $n(\text{HF}) \gg 1 \text{ mol}$,其分子数 $N(\text{HF}) \gg N_A$,C 错误。 $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$, Al^{3+} 的水解导致溶液中离子数目增多,所以 $N(\text{离子}) \gg 4N_A$,D 错误。

9. C 解析:  含三个甲基,A 正确。苯环上的烃基可以与 $\text{KMnO}_4(\text{H}^+)$ 反应而

褪色,B 正确。M 分子中只有苯环才可以与 H_2 按 $1:3$ 加成, $-\text{COOH}$ 与 H_2 难于反应,C 错

误。M 分子中的基团相对位置关系可以表示为 ,所以不可能所有碳同

时处于一个平面,D 正确。

10. A 解析:观察钾的焰色反应时,要排除(滤去)钠所产生的黄光,A 正确。不能在量筒中稀释溶液,B 错误。在 $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$ 反应中 Ag^+ 过量,当加入 NaI 时,首先发生的反应是 $\text{Ag}^+ + \text{I}^- = \text{AgI} \downarrow$ 而不是 $\text{AgCl} + \text{I}^- = \text{AgI} + \text{Cl}^-$,C 错误。 NaOH 标准溶液应该盛放在碱式滴定管,从滴定管的手持方式看,该滴定管为酸式滴定管,D 错误。

11. D 解析:从“水溶液”的 pH 值可知其对应的最高价氧化物的水合物中 Y 为二元强酸,W、Z 为一元强酸,X 为一元强碱,可以初步确定 X、Y、Z、W 涉及 Na、S、Cl、N,结合原子序数和 W 单质的应用,可以进一步确定四种元素依次分别为 N、Na、S、Cl。对于 Na_2S_2 可以通过

Na_2O_2 类推,存在阴离子 $[\ddot{\text{S}}:\ddot{\text{S}}:]^{2-}$ 和阳离子 Na^+ ,故 A 正确。W 在自然界存在于 N_2 和

蛋白质等物质中,B正确。 NCl_3 的电子式为: $\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{Cl} \\ \cdot\cdot \end{array} \text{N} \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{Cl} \\ \cdot\cdot \end{array} \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{Cl} \\ \cdot\cdot \end{array}$,N和Cl均满足 $8e^-$ 结构,C正

确。 H_2S 、 HCl 和 NH_3 只有 H_2S 和 HCl 属于酸,D错误。

12. C 解析:从装置看,“泵”只是促进溶液的流动,对电池属性没有影响,风力发电时,该装置属于电解池,电极a发生还原反应为阴极,则b极为阳极,发生氧化反应 $2\text{Cl}^- - 2e^- = \text{Cl}_2 \uparrow$,电解的总反应 $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\text{通电}} \text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3 + \text{Cl}_2 \uparrow$ 。由此可知放电反应为 $\text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{放电}} \text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3 + 2\text{NaCl}$,放电时 $\text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$ 失电子,A正确。充电时b极发生氧化反应,B正确。放电时的总反应如上,C错误。充电时 Cl^- 向 Cl_2/CCl_4 移动并转换为 Cl_2 , Na^+ 向电极a移动并生成 $\text{Na}_3\text{Ti}_2(\text{PO}_4)_3$,从电解总反应可知, $0.2 \text{ mol } e^- \sim 0.2 \text{ mol NaCl}$,故NaCl质量减少 $0.2 \times (23 + 35.5) = 11.7 \text{ g}$,故D正确。

13. D 解析:b点溶液中溶质为MCl,因 M^+ 水解,所以 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{M}^+)$,由 $\text{M}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MOH} + \text{H}^+$,所以 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$,A正确。在MCl的溶液中M水解,由 OH^- 守恒可知 $c(\text{MOH}) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$ 成立,B正确。 c 点 $c^2(\text{H}^+) = 4 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$,则 $c(\text{H}^+) = 2 \times 10^{-7}$,又从a点看 $c(\text{M}^+) = 0$ 时, $c^2(\text{H}^+) = K_w = 2 \times 10^{-14}$,故 $c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$,C正确。由 $\text{M}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{M}(\text{OH}) + \text{H}^+$,有 $K_h = \frac{c(\text{MOH}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{M}^+)}$;如果近似认为 $c(\text{MOH}) = c(\text{H}^+)$,则有 $K_h = \frac{c^2(\text{H}^+)}{c(\text{M}^+)}$,这种情况只适用于 $c(\text{M}^+)$ 比较大成立,故D错误。

三、非选择题

(一)必考题

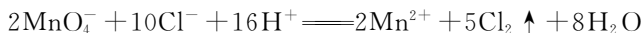
26. (14分)

- (1)b(1分) 通过磁子搅拌使反应物混合均匀,反应更充分(或使反应加速)(只答搅拌得1分,2分)
- (2)氧化过程 $\Delta H < 0$,为放热反应(2分) 5(1分)
- (3)高锰酸钾过量(2分) 黄绿色(2分)
- (4)C(2分) $\frac{10}{19}$ (2分)

解析:(1)冷凝水从下往上流入,磁子在搅拌器的磁场作用下运动,使反应物混合充分。

(2)由于氧化过程 $\Delta H < 0$,所以三颈烧瓶中温度逐渐升高。为了维持 45°C 左右的反应温度,根据图示,选择滴速为5滴/min,由图2可知,25 min以后,反应体系的温度逐渐降低,启动加热装置,维持 45°C 左右,可以提高反应速率,使环己醇完全反应。

(3)黑色物质为 MnO_2 ,紫色环为向四周扩散的 MnO_4^- ,由此说明反应过程中 KMnO_4 过量,加入 KHSO_3 , KHSO_3 还原 KMnO_4 ,当 KMnO_4 反应完全说明“点滴实验呈阴性”。如果不去除过量的 KMnO_4 ,则加入 HCl 后发生如下反应,能观察到黄绿色气体逸出。



(4) 分离 MnO_2 的基本操作为过滤, 选 C。由 $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH} \sim \text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ 可知理论生成己二酸 $\frac{2.0 \times 0.95}{100} \times 146 \text{ g}$

故产率为 $\frac{1.46 \text{ g}}{1.46 \times 0.95 \times 2} \times 100\% = \frac{1}{1.9} \times 100\% = 52.6\%$ 或 $\frac{10}{19}$ 。

27. (14 分)

(1) $\text{PbO}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{PbCO}_3 + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{OH}^-$ (2 分) 3.0×10^{-6} (2 分)

(2) CO_2 (1 分) 不可以 (1 分)

(3) HNO_3 (2 分)

(4) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (或 $\text{Fe}(\text{OH})_3$), 2 分)

$4\text{PbSO}_4 + 6\text{NaOH} \xrightarrow{50 \sim 60^\circ \text{C}} \text{PbSO}_4 \cdot 3\text{PbO} \cdot \text{H}_2\text{O} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (2 分)

(5) 蒸发结晶 (或蒸发至大量晶体析出, 蒸发至浓稠状均可, 1 分)

趁热 (80°C 左右) 过滤 (1 分, 不答温度也可)

解析: (1) $\text{Pb}(\text{IV})$ 转化为 $\text{Pb}(\text{II})$ 说明 Na_2SO_3 起还原剂的作用。所以相关反应为: $\text{PbO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{PbCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH}$, 总反应为 $\text{PbO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{PbCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH}$; 在滤液 1 中存在 $\text{PbSO}_4 + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{PbCO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$ 的平衡, $K = \frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{SO}_4^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3)}{K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)} = \frac{7.5 \times 10^{-14}}{2.5 \times 10^{-8}} = 3.0 \times 10^{-6}$ 。

(2) 加入 H_2SO_4 会促使部分 PbCO_3 转换为 PbSO_4 即 $\text{PbCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 导致 Pb 损失。

(3) “沉铅”反应为 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{PbSO}_4 \downarrow + 2\text{HNO}_3$, 所以可回收利用的物质是 HNO_3 。

(4) “除杂”时, NaOH 的作用是调高 pH, 除去 Fe^{3+} , 所以滤渣的主要成分为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 或 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。

合成时 PbSO_4 与 NaOH 加热反应

$4\text{PbSO}_4 + 6\text{NaOH} \xrightarrow{50 \sim 60^\circ \text{C}} \text{PbSO}_4 \cdot 3\text{PbO} \cdot \text{H}_2\text{O} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

(5) 由图 2 知, 较高温度下可以获得无水 Na_2SO_4 晶体, 所以采取“蒸发浓缩”和“趁热过滤”的操作。

28. (15 分)

(1) $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H$ [或 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 到 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的焓变、 H_2O 的蒸发热等, 合理即可, 1 分]

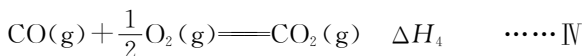
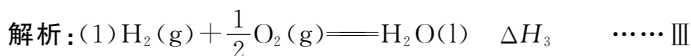
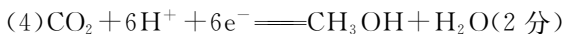
(2) H_2O^* (1 分) 1.40 (1 分)

(3) ① BD (2 分)

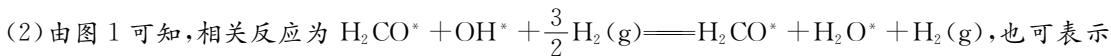
② 反应 I 为放热反应, 反应 II 为吸热反应, 根据勒夏特列原理, 随温度升高, 反应 I 逆向移动, 反应 II 正向移动, 甲醇的选择性降低 (2 分, 未答反应 II 的变化不扣 1 分)

分子筛膜催化反应器能分离出部分水蒸气促使平衡右移 (2 分)

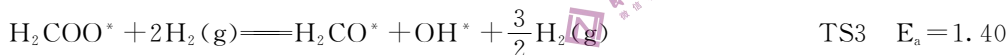
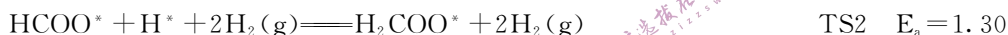
③0.02(2分) $\frac{1}{141}$ (2分)



对比反应 II, 不难得出还需要 $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的焓变。



CH_3OH 的转换所经历的化学反应中活化能不为 0 的有



其中活化能最大的第三步为该机理中的决速反应, 其正反应的活化能 $E_a = 1.40$ 。

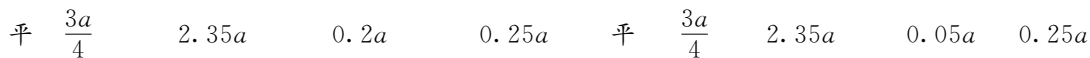
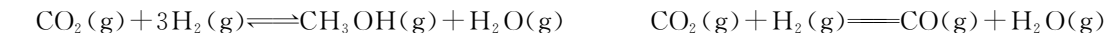


不变, 则 $V_{\text{总}}$ 不变 ($m_{\text{总}}$ 为定值), 故 ρ 不变即达到平衡, B 正确。 CO_2 的消耗与 H_2 的生成与反应 I 和反应 II 有关, C 错误。各物质浓度比不再改变时, $V_{\text{正}} = V_{\text{逆}}$, D 正确。

②反应 I 为放热反应, 而反应 II 为吸热反应, 温度升高反应 I 逆向移动, 反应 II 正向移动。

分子筛膜具有分离部分 H_2O 的功能, $c(\text{H}_2\text{O})$ 减小, 根据勒夏特列原理, 平衡正向移动。

③反应 II 的平衡常数可以借助反应器 A 中物理量进行计算



$n_{\text{总}} = 0.75a + 2.35a + 0.2a + 0.25a + 0.05a = 3.60a$

$P(\text{CO}_2) = \frac{0.75a}{3.6a} \times 1.8 \text{ MPa} \quad P(\text{CO}) = \frac{0.05a}{3.6a} \times 1.8 \text{ MPa}$

$P(\text{H}_2) = \frac{2.35a}{3.6a} \times 1.8 \text{ MPa} \quad P(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0.25a}{3.6a} \times 1.8 \text{ MPa}$

$$K_p(\text{II}) = \frac{0.25 \times 0.05}{2.35 \times 0.75} = \frac{1}{141}$$

$$\bar{v}(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{0.2}{10.0} = 0.02 \text{ mol/s}$$

(4) 铜电极为阴极, CO_2 得到电子, 转换为 CH_3OH 。

(二) 选考题

35. (15 分)

(1) $3d^{10}4s^1$ (1 分) 15 (2 分)

(2) $\text{O} > \text{C} > \text{H}$ (2 分) 平面(正)三角形 (1 分) 短 (1 分)

H_2SO_4 有 2 个非羟基氧而 H_2CO_3 只有 1 个, 中心原子的非羟基氧越多, 其酸性越强 (2 分)

(3) 8 (2 分) $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$ (2 分) $\frac{640}{da^3 \times 10^{-21}}$ (其他表达式合理即可, 2 分)

解析: (1) Cu 为 29 号元素其电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$, 故其价电子排布为 $3d^{10} 4s^1$, 核外电子的空间运动状态即为其轨道数。

(2) H、C、O 的电负性大小即为其非金属性的强弱。 CO_3^{2-} 的价层电子对数 = σ 数 + 孤电子对数 = $3 + 0 = 3$, 则 C 为 sp^2 杂化, 三个 O 原子分别位于杂化轨道的伸展方向上, 所以 CO_3^{2-} 为平面正三角形构型。由于 CO_3^{2-} 有大 π 键, 所以 CO_3^{2-} 中 C—O 键长较短, H_2SO_4 的非羟基氧有两个, 而 H_2CO_3 的非羟基氧只有一个, 非羟基氧越多, 吸电子能力越强, H—O 的电子云密度(电子出现概率)越小, H 越易电离, 注意这种酸的相对强弱与溶剂种类无关。

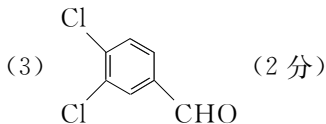
(3) 在 Cu_2S 的晶胞中, 四面体中心共有 8 个, 每个四面体中心均分布一个 Cu^+ , 故其填充率为 100%, 每个 S^{2-} 周围有 8 个 Cu^+ , 故 S^{2-} 的配位数为 8; Cu^+ 的坐标为 $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$ 。晶胞的体

积为 $(a \times 10^{-7})^3$, 每个晶胞的质量为 $\frac{4M(\text{Cu}_2\text{S})}{N_A}$, 则 $d = \frac{4M(\text{Cu}_2\text{S})/N_A}{a^3 \times 10^{-21}}$, 则 $N_A = \frac{4M(\text{Cu}_2\text{S})}{d \times a^3 \times 10^{-21}} \text{ mol}$, N_A 只涉及数值时, 省略单位 $\frac{1}{\text{mol}}$ 。

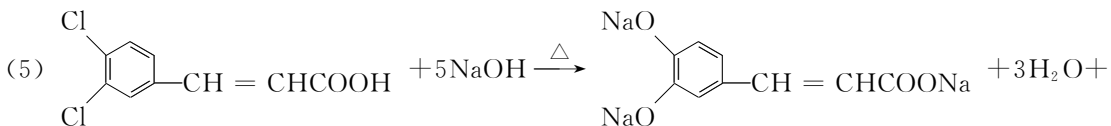
36. (15 分)

(1) 乙烯 (1 分)

(2) (醇) 羟基 (1 分)

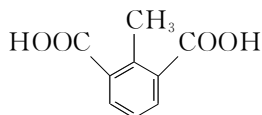


(4) 消去反应 (1 分) 1 (2 分)

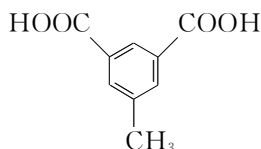


2NaCl (2 分) 吸收反应生成的水, 促进平衡正向移动以提高产率 (2 分)

(6)10(2分)



(或

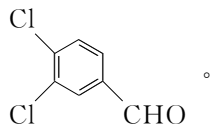


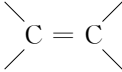
) (2分)

解析:(1)A为气体,结合B可说明A只有两个C, $M=28\text{ g/mol}$,故A为 $\text{CH}_2=\text{CH}_2$,即乙烯。

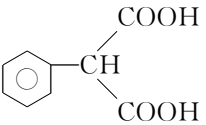
(2)B为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$,其官能团名称为(醇)羟基。

(3)由信息可知D与C的反应为羟醛缩合,C为 CH_3CHO ,故D为

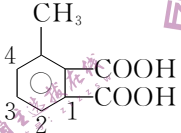


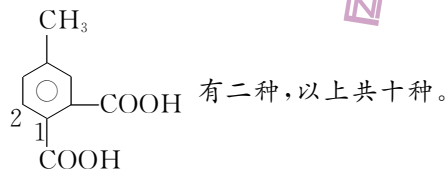
(4) $\text{E} \rightarrow \text{F}$ 没有破坏 $-\text{CHO}$,结合物质H分子结构中的“双键”可知,其反应为 $-\text{OH}$ 的消去反应,E中手性碳只有一个。

(5) $\text{F} \rightarrow \text{G}$ 为银镜反应,故 $\text{G} \rightarrow \text{H}$ 转换是 $\text{R}-\text{Cl}$ 的水解反应。 $\text{H} \rightarrow \text{I}$ 为酯化反应,浓 H_2SO_4 具有吸水性,过量的浓 H_2SO_4 吸收产物水,促进平衡正向移动以提高产率。

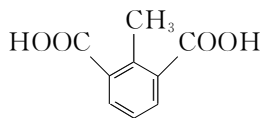
(6)由信息可知,X含、2个 $-\text{COOH}$,则另外含一个饱和碳。①若X为苯环上一元取代,即,共一种;

②若X为苯环上二元取代,即等,包括邻间对共三种;

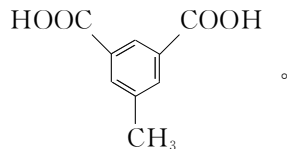
③若X为苯环上的三元取代,即有四种



其中含四种H且比值为3:2:2:1的为



或



理科综合·物理参考答案

二、选择题:本题共8小题,每小题6分。全对6分,选对不全3分,有错0分。

14. B 15. A 16. C 17. C 18. D 19. BC 20. AD 21. BD

14. 答案: B

解析: α 衰变过程放出一个 ${}^4_2\text{He}$ 原子核, 无中子与质子间的转变, A 答案错。 ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ 发生 α 衰变的核反应方程为 ${}^{238}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{234}_{92}\text{U} + {}^4_2\text{He} + \gamma$, B 正确。根据半衰期的定义 C、D 答案错误。

15. 答案: A

解析: 由图像可知, A、B 两点的电场强度之比 $\frac{E_A}{E_B} = \frac{4}{1}$ 。由点电荷场强公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 得: $\frac{r_A}{r_B} =$

$$\sqrt{\frac{E_B}{E_A}} = \frac{1}{2}。A \text{ 正确, BCD 错。}$$

16. 答案: C

解析: 设动摩擦因数为 μ , 甲、乙两斜面的倾角分别为 $\theta_{\text{甲}}$ 、 $\theta_{\text{乙}}$, 木块沿斜面下滑加速度大小分别为 $a_{\text{甲}}$ 、 $a_{\text{乙}}$, 由牛顿第二定律可知: $a_{\text{甲}} = g \sin \theta_{\text{甲}} - \mu g \cos \theta_{\text{甲}}$, $a_{\text{乙}} = g \sin \theta_{\text{乙}} - \mu g \cos \theta_{\text{乙}}$ 。由题意有 $a_{\text{甲}} : a_{\text{乙}} = 1 : 2$, $\sin \theta_{\text{甲}} = 0.6$, $\cos \theta_{\text{甲}} = 0.8$, $\sin \theta_{\text{乙}} = 0.8$, $\cos \theta_{\text{乙}} = 0.6$ 。解得 $\mu = 0.4$, C 正确, ABD 错。

17. 答案: C

解析: 0—2 s 内木板速度大于煤块速度, 煤块相对木板向左运动, 由 $v-t$ 图像得位移差为 $\Delta x_1 = 3 \text{ m}$ 。2—4 s 内木板速度小于煤块速度, 煤块相对木板向右运动, 由 $v-t$ 图像得位移差为 $\Delta x_2 = 2 \text{ m}$ 。 $\Delta x_1 > \Delta x_2$, 煤块仍在初位置左侧, 痕迹长度为 $\Delta x_1 = 3 \text{ m}$ 。C 正确, ABD 错。

18. 答案: D

解析: 设磁感应强度为 B , 两导体棒的质量均为 m 、接入电路的长度均为 d 、电阻均为 R , 导体棒 ab 的初速度为 v_0 。某时刻 t 导体棒 ab、cd 的速度分别为 v_1 、 v_2 , 回路的感应电流为 i 。由法拉第电磁感应定律有: $e_{\text{ab}} = Bdv_1$ 、 $e_{\text{bc}} = Bdv_2$, $i = \frac{Bd(v_1 - v_2)}{2R}$, 两导体棒受到的安培力大小 $F = Bdi$, 方向棒 ab 与运动方向相反、棒 cd 与运动方向相同, 棒 ab 减速、棒 cd 加速度, v_1 减小、 v_2 增大, $(v_1 - v_2)$ 减小, 电流 i 减小, $F = Bdi$ 减小, 棒运动的加速度减小, 即棒 ab 做初速为 v_0 、加速度逐渐减小的减速运动, v_1 、 $e_{\text{ab}} = Bdv_1$ 减小得越来越慢, 最终 e_{ab} 趋于 $\frac{Bdv_0}{2}$, 答案 A 错; 棒 cd 做初速为零、加速度逐渐减小的加速运动, v_2 、 $e_{\text{cd}} = Bdv_2$ 由零开始增加得越来越慢,

最终趋于恒定,答案 B 错; $(v_1 - v_2)$ 、 i 越来越小,最终 $(v_1 - v_2)$ 、 i 趋为零,答案 C 错。两导轨间的电压 $u = e_{ab} - iR$,对两棒由动量守恒有: $mv_0 = mv_1 + mv_2$,联立得 $u = \frac{Bdv_0}{2}$, u 恒定,答案 D 正确。

19. 答案:BC

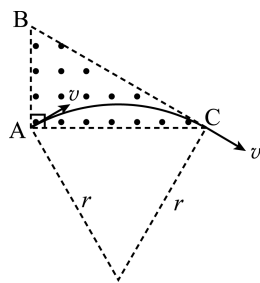
解析:人沿沙坡下滑的距离 $l = \frac{1}{2}vt = 100 \text{ m}$,重力减少 $\Delta E_p = mgl \sin 30^\circ = 2.5 \times 10^4 \text{ J}$,A 错。动能增量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 1.0 \times 10^4 \text{ J}$,B 正确。 $W_f = \Delta E = \Delta E_p - \Delta E_k = 1.5 \times 10^4 \text{ J}$,C 正确、D 错。

20. 答案:AD

解析:设 a、b 两端电压为 U_0 ,变压器原、副线圈两端电压分别为 U_1 、 U_2 。原、副线圈中电流分别为 I' 、 I ,副线圈多个电阻并联后阻值为 $R_{\text{并}}$ 。由变压器规律可知, $U_1 = 2U_2$ 、 $I' = \frac{1}{2}I$,由串联电路知识及欧姆定律可得: $U_0 = U_1 + I' \times 4R$, $U_2 = IR_{\text{并}}$,解得: $I = \frac{U_0}{2(R + R_{\text{并}})}$, $U_2 = \frac{U_0}{2} - IR$,由此可知,开关 S 闭合越多, $R_{\text{并}}$ 越小,电流表示数越大,电压表示数越小,A 正确,B 错;变压器输出功率为 $P = IU_2$, $P = \frac{1}{2}IU_0 - I^2R$,所以当 $I = \frac{U_0}{4R}$ 时,即 $R_{\text{并}} = R$ 时,输出功率最大,所以 C 错,D 正确。

21. 答案:BD

解析:根据带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的特点可知,粒子从 C 点沿 BC 方向射出磁场时,粒子做匀速圆周运动的半径最小、磁场磁感应强度最大、通过磁场的时间最长、周期最小、角速度最大。当粒子从 C 点沿 BC 方向射出磁场时,粒子的运动轨迹如图,设粒子的轨道半径为 r ,由几何知识可知 $r = AC = \sqrt{3}d \cot \angle C = 3d$ 。由 $r =$



$\frac{mv}{qB}$ 、 $t = \frac{\pi r}{v}$ 、 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 、 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 得:最大磁感应强度为 $\frac{mv}{3qd}$ 、通过磁场的

最长时间为 $\frac{\pi d}{v}$ 、最小周期为 $\frac{6\pi d}{v}$ 、最大角速度 $\frac{v}{3d}$ 。答案:BD 正确,AC 错。

22. (6 分)

答案:200(2 分),3.8(2 分),0~8(2 分)。

解析: $k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{(8-0) \text{ N}}{(6-2) \times 10^{-2} \text{ m}} = 200 \text{ N/m}$

$F_1 = k\Delta x_1 = 200 \times (3.9-2) \times 10^{-2} = 3.8 \text{ N}$, $F_m = k\Delta x_m = 200 \times (6-2) \times 10^{-2} = 8 \text{ N}$ 。

23. (9 分)

答案: (1) $\times 100$ (2 分) (2) 40 (2 分) (3) B (2 分) (4) ① ∞ (1 分), ② 10 (1 分), ③ 2.5 (1 分)

解析: (1) 欧姆表调零时, $R_{\Omega} = R_g + R = \frac{E}{I_g}$, 测量时 $R_x + R_{\Omega} = \frac{E}{I_x}$, 电流表量程越小, 对应电阻越大, 开关断开, 电流表量程小, 对应欧姆表倍率应为“ $\times 100$ ”。(2) 开关断开、闭合两种状态, 欧姆表对应“ $\times 100$ ”、“ $\times 10$ ”, $R'_{\Omega} = \frac{R_{\Omega}}{10}$, $I'_g = 10I_g$, $I_g R_g = (I'_g - I_g) R_0$, 得: $R_0 = 40 \Omega$ 。(3) 由 $R_{\Omega} = R_g + R = \frac{E}{I_g}$ 得 $R = 140 \Omega$, 由 $R'_{\Omega} = R_g + R' = \frac{E}{I'_g}$ 得: $R' = 14 \Omega$, 滑动变阻器电阻调节范围 $14 \Omega \sim 140 \Omega$, 所以选择 B。(4) 由 $R_x + R_{\Omega} = \frac{E}{I_x}$, $R_{\Omega} = R_g + R = \frac{E}{I_g}$, 结合欧姆表倍率“ $\times 100$ ”可得: ① ∞ , ② 10, ③ 2.5。

24. (12 分)

解: (1) 由动能定理有: $W - mg\Delta h = \frac{1}{2}mv_3^2$ (2 分)

解上式并代入数据得: $W = 2.6775 \times 10^6 \text{ J}$ (2 分)

(2) 设人沿水平、竖直方向的平均加速度为 a_x 、 a_y , 由牛顿第二定律有:

$F_x = ma_x$ (2 分)

$F_y - mg = ma_y$ (2 分)

由加速度定义式有:

$a_x = \frac{v_2 \cos \theta - v_1}{\Delta t}$ (1 分)

$a_y = \frac{v_2 \sin \theta - 0}{\Delta t}$ (1 分)

解以上各式并代入数据得:

$F_x = 29.5 \text{ N}$ (1 分)

$F_y = 733 \text{ N}$ (1 分)

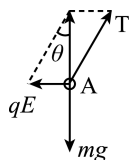
25. (20 分)

解: (1) 小球 Q 静止时, 受力如图, 由平衡条件可知, 细线对小球 Q 的拉力 T 、电场力 qE 的合力与小球 Q 受的重力 mg 大小相等方向相反, 可得:

$\tan \theta = \frac{qE}{mg}$ (2 分)

代入数据得: $q = \frac{\sqrt{3}mg}{3E}$ (1 分)

(2) 要两球碰后小球 Q 能沿直线运动, 电场力 F 、重力 mg 沿两球运动方向的分力应大小相



等、方向相反,合力为零。洛伦兹力与电场力、重力沿垂直速度方向的分力之和平衡。设两球碰撞前后速度与竖直方向的夹角为 α ,有:

$$3qE\sin\alpha = mg\cos\alpha \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$f = 3qE\cos\alpha + mg\sin\alpha \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

设 P、Q 两球碰前 P 的速度为 v ,碰后 P、Q 的速度分别为 v_P 、 v_Q ,两球碰撞过程,由动量守恒、动能守恒有:

$$3mv = 3mv_P + mv_Q \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\frac{1}{2} 3mv^2 = \frac{1}{2} 3mv_P^2 + \frac{1}{2} mv_Q^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{由速度分解可知: } v_0 = v\sin\alpha \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{由洛伦兹力公式有: } f = qBv_Q \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得: } B = \frac{2\sqrt{3}E}{3v_0} \quad \dots\dots\dots (2 \text{ 分})$$

(3) 设 C 点与 A 点的高度差为 h_0 ,小球 P 与 Q 碰前沿竖直方向的分速度大小为 v_y ,由速度分解及平抛运动规律有:

$$2gh_0 = v_y^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$v_y = v_0 \cot\alpha \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

设 A 点距地面的高度为 h_1 ,两球碰后 P 球运动到地面的时间为 t ,P、Q 两球运动到地面的过程中沿水平方向发生的位移分别为 x_P 、 x_Q

$$h_1 = (v_P \cos\alpha)t + \frac{1}{2}gt^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$x_P = (v_P \sin\alpha)t \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\tan\alpha = \frac{x_Q}{h_1} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{由题意有: } \frac{h_0 + h_1}{h_1} = \frac{7}{3}$$

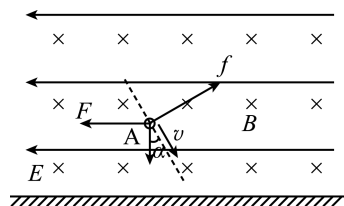
$$\Delta x = x_Q - x_P \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得: } \Delta x = \frac{\sqrt{3}v_0^2}{8g} \quad \dots\dots\dots (3 \text{ 分})$$

33. [物理——选修 3—3](15 分)

(1)(5 分)答案:ADE

解析:理想气体可能发生的过程必须遵守热力学第一定律、理想气体状态方程、体积膨胀对外做功(体积缩小外界对气体做功)、内能增加(或减小)对应温度增加(或减小)。由此可以判断 ADE 正确,BC 错。



(2)(10 分)

解:玻璃管自由下落过程中,管内水银处于完全失重状态,上、下气体的压强均为 P 。设玻璃管的横截面积为 S ,对管内上端气体,由玻意耳定律有:

$$P_0 l_1 S = P l'_1 S \dots\dots\dots (2 \text{ 分})$$

对下端气体,初态压强: $P_2 = P_0 + P_h \dots\dots\dots (2 \text{ 分})$

由玻意耳定律有: $P_2 l_2 S = P l'_2 S \dots\dots\dots (2 \text{ 分})$

设上、下两部分气体的总长度为 l ,由几何关系可知:

$$l_1 + l_2 = l \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$l'_1 + l'_2 = l \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

由题意有: $\frac{l_1}{l_2} = \frac{4}{3} \quad \frac{l'_1}{l'_2} = \frac{5}{4}$

联立以上各式得:

$$h = 5 \text{ cm} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$P = 77 \frac{1}{7} \text{ cmHg} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

34. [物理——选修 3-4](15 分)

(1)(5 分)答案: BCE

解析:波从 P 到 Q 用时 0.45 s,所以波速为 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 1 \text{ m/s}$, $t = 0.45 \text{ s}$ 时 P 点恰好第三次到波峰,所以周期 $T = \frac{0.45}{2 + \frac{1}{4}} = 0.2 \text{ s}$,所以波长为 $\lambda = vT = 0.2 \text{ m}$, A 错, B 正确; $t = 0.45 \text{ s}$ 时, P 在波峰, Q 在平衡位置且向上运动,半周期以后, P 在波谷, Q 在平衡位置且向下运动,选项 C 正确。P、Q 间沿波的传播方向上的距离为 0.45 m,为 2.25 个波长,所以 P、Q 间可能只有 4 个位移最大点,选项 D 错误; $\Delta t = \frac{1}{30} \text{ s} = \frac{T}{6}$,由振动图像可知 $\frac{T}{6}$ 时间内的路程最多就是一个振幅, E 正确。

波峰, Q 在平衡位置且向上运动,半周期以后, P 在波谷, Q 在平衡位置且向下运动,选项 C 正确。P、Q 间沿波的传播方向上的距离为 0.45 m,为 2.25 个波长,所以 P、Q 间可能只有 4 个位移最大点,选项 D 错误; $\Delta t = \frac{1}{30} \text{ s} = \frac{T}{6}$,由振动图像可知 $\frac{T}{6}$ 时间内的路程最多就是一个振幅, E 正确。

(2)(10 分)解: (i) 垂直 AP 面射入的光,在该光学器件中的光路如图。由题意可知,该单色光在 AM 界面上的入射角刚好为全反射的临界角,设为 C ,由几何知识可知:

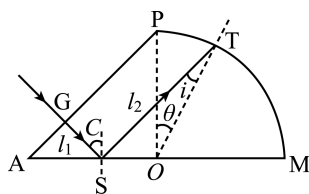
$$C = \angle A \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\angle A = 45^\circ$$

由全反射的临界角与折射率的关系式有:

$$n = \frac{1}{\sin C} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

联立以上各式解得: $n = \sqrt{2} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$



(ii) 从 AP 面上某点 G 垂直 AP 面射入的光, 经 AM 面上的 S 点全反射后, 射到 PM 面的 T 点, 由几何知识可知, 光在 PM 面的入射角

$$i < C \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

该光从 PM 面射出, 该光在光学器件中传播的时间为从 G 到 T 的时间。设 G、S 间的距离为 l_1 , S、T 间的距离为 l_2 , OT 与 OP 间的夹角为 θ , 由几何知识可知

$$l_2 \sin 45^\circ = R \cos \theta \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\sqrt{2} l_1 + l_2 \cos 45^\circ = R + R \sin \theta \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{该光在光学器件中的传播速度为: } v = \frac{c}{n} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$t = \frac{l_1 + l_2}{v} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立以上各式解得: } t = \frac{R + \sqrt{2} R \sin(45^\circ + \theta)}{c} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{时间最大值为: } t_m = \frac{R + \sqrt{2} R}{c} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

(ii) 另解

从 AP 间任意一点 G 垂直 AP 面射入的光, 经 AM 面上的 S 点全反射后, 射到 PM 面的 T 点, 由几何知识可知, 光在 PM 面的入射角为 i

$$i < C \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

该光一定能从 PM 面射出, 光在光学器件中的路程为从 G 经 S 到 T。当此路程最长时, 通过器件所用时间最长。连接 P、M 做一辅助线, ST 垂直于 PM, 交 PM 于 N 点, 则光的路程为:

$$x = x_{GS} + x_{SN} + x_{NT} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{由几何知识可知: } x_{GS} + x_{SN} = AP \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

与入射点无关, 所以当 NT 最长时, 路程最长, 由几何知识可知, 正对 O 点入射, 从 T' 点射出的光线, 所用时间最长, 最长路程为

$$x = \sqrt{2} R + (R - R \cos 45^\circ) \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{该光在光学器件中的传播速度为: } v = \frac{c}{n} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$t = \frac{x}{v} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{最长时间为: } t_m = \frac{R + \sqrt{2} R}{c} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

