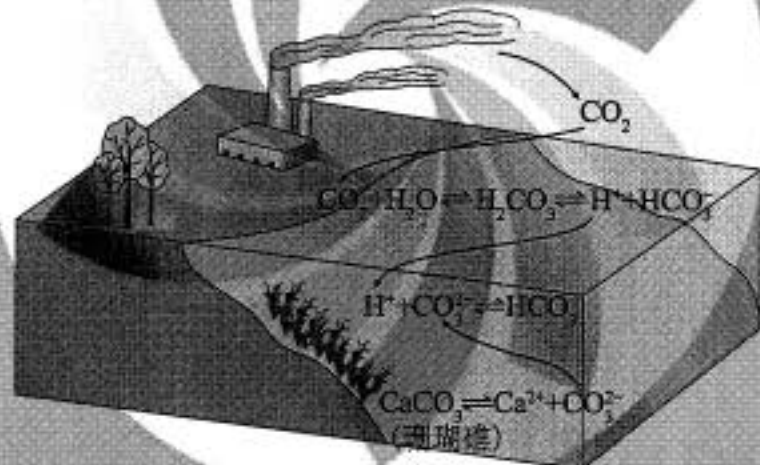


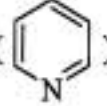
理科综合能力测试

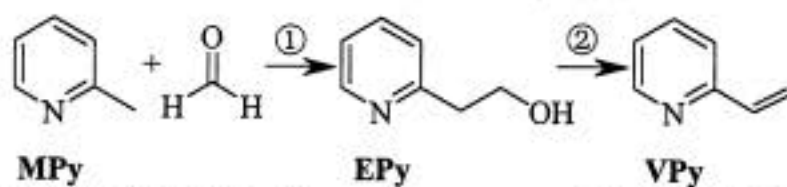
一、选择题：本题共 13 小题，每小题 6 分，共 78 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 新冠病毒 (SARS-CoV-2) 和肺炎双球菌均可引发肺炎，但二者的结构不同，新冠病毒是一种含有单链 RNA 的病毒。下列相关叙述正确的是 **【D】**
 - A. 新冠病毒进入宿主细胞的跨膜运输方式属于被动运输
 - B. 新冠病毒与肺炎双球菌均可利用自身的核糖体进行蛋白质合成
 - C. 新冠病毒与肺炎双球菌二者遗传物质所含有的核苷酸是相同的
 - D. 新冠病毒或肺炎双球菌的某些蛋白质可作为抗原引起机体免疫反应
2. 当人体的免疫系统将自身物质当作外来异物进行攻击时，可引起自身免疫病。下列属于自身免疫病的是 **【B】**
 - A. 艾滋病
 - B. 类风湿性关节炎
 - C. 动物毛屑接触性鼻炎
 - D. 抗维生素 D 佝偻病
3. 下列关于生物学实验的叙述，错误的是 **【B】**
 - A. 观察活细胞中的线粒体时，可以用健那绿染液进行染色
 - B. 探究人体红细胞因失水而发生的形态变化时，可用肉眼直接观察
 - C. 观察细胞中 RNA 和 DNA 的分布时，可用吡罗红甲基绿染色剂染色
 - D. 用细胞融合的方法探究细胞膜流动性时，可用荧光染料标记膜蛋白
4. 关于高等植物细胞中染色体组的叙述，错误的是 **【C】**
 - A. 二倍体植物的配子只含有一个染色体组
 - B. 每个染色体组中的染色体均为非同源染色体
 - C. 每个染色体组中都含有常染色体和性染色体
 - D. 每个染色体组中各染色体 DNA 的碱基序列不同
5. 取某植物的成熟叶片，用打孔器获取叶圆片，等分成两份，分别放入浓度 (单位为 g/mL) 相同的甲糖溶液和乙糖溶液中，得到甲、乙两个实验组 (甲糖的相对分子质量约为乙糖的 2 倍)。水分交换达到平衡时，检测甲、乙两组的溶液浓度，发现甲组中甲糖溶液浓度升高。在此期间叶细胞和溶液之间没有溶质交换。据此判断下列说法错误的是 **【D】**
 - A. 甲组叶细胞吸收了甲糖溶液中的水使甲糖溶液浓度升高
 - B. 若测得乙糖溶液浓度不变，则乙组叶细胞的净吸水量为零
 - C. 若测得乙糖溶液浓度降低，则乙组叶肉细胞可能发生了质壁分离
 - D. 若测得乙糖溶液浓度升高，则叶细胞的净吸水量乙组大于甲组

6. 河水携带泥沙流入大海时, 泥沙会在入海口淤积形成三角洲。在这个过程中, 会出现 3 种植物群落类型: ① 以芦苇为主的植物群落 (生长在淡水环境中), ② 以赤碱蓬为主的植物群落 (生长在海水环境中), ③ 草甸植物群落 (生长在陆地环境中)。该三角洲上的植物群落是通过群落演替形成的, 演替的顺序是 **【A】**
- A. ②①③ B. ③②① C. ①③② D. ③①②
7. 北宋沈括《梦溪笔谈》中记载: “信州铅山有苦泉, 流以为涧。挹其水熬之则成胆矾, 烹胆矾则成铜。熬胆矾铁釜, 久之亦化为铜”。下列有关叙述错误的是 **【A】**
- A. 胆矾的化学式为 CuSO_4
 B. 胆矾可作为湿法冶铜的原料
 C. “熬之则成胆矾”是浓缩结晶过程
 D. “熬胆矾铁釜, 久之亦化为铜”是发生了置换反应
8. 某白色固体混合物由 NaCl 、 KCl 、 MgSO_4 、 CaCO_3 中的两种组成, 进行如下实验:
 ① 混合物溶于水, 得到澄清透明溶液; ② 做焰色反应, 通过钴玻璃可观察到紫色;
 ③ 向溶液中加入碱, 产生白色沉淀。根据实验现象可判断其组成为 **【B】**
- A. KCl 、 NaCl B. KCl 、 MgSO_4
 C. KCl 、 CaCO_3 D. MgSO_4 、 NaCl
9. 二氧化碳的过量排放可对海洋生物的生存环境造成很大影响, 其原理如下图所示。下列叙述错误的是 **【C】**



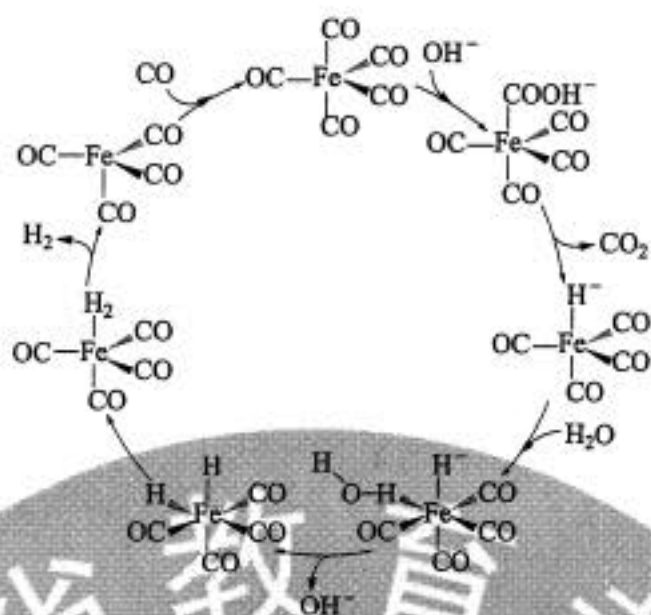
- A. 海水酸化能引起 HCO_3^- 浓度增大、 CO_3^{2-} 浓度减小
 B. 海水酸化能促进 CaCO_3 的溶解, 导致珊瑚礁减少
 C. CO_2 能引起海水酸化, 其原理为 $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
 D. 使用太阳能、氢能等新能源可改善珊瑚的生存环境
10. 吡啶 () 是类似于苯的芳香化合物。2-乙烯基吡啶 (VPy) 是合成治疗矽肺病药物的原料, 可由如下路线合成。下列叙述正确的是 **【D】**



- A. MPy 只有两种芳香同分异构体 B. EPy 中所有原子共平面
 C. VPy 是乙烯的同系物 D. 反应②的反应类型是消去反应

11. 据文献报道： $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 催化某反应的一种反应机理如下图所示。下列叙述错误的是

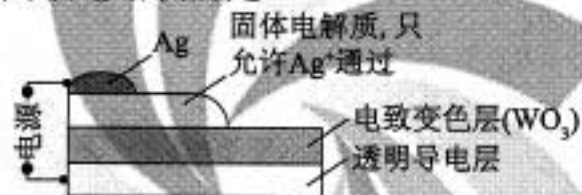
【C】



- A. OH^- 参与了该催化循环
 B. 该反应可产生清洁燃料 H_2
 C. 该反应可消耗温室气体 CO_2
 D. 该催化循环中 Fe 的成键数目发生变化

12. 电致变色器件可智能调控太阳光透过率，从而实现节能。下图是某电致变色器件的示意图。当通电时， Ag^+ 注入到无色 WO_3 薄膜中，生成 Ag_xWO_3 ，器件呈现蓝色，对于该变化过程，下列叙述错误的是

【C】

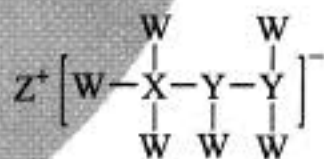


- A. Ag 为阳极
 B. Ag^+ 由银电极向变色层迁移
 C. W 元素的化合价升高
 D. 总反应为： $\text{WO}_3 + x\text{Ag} = \text{Ag}_x\text{WO}_3$

13. 一种由短周期主族元素组成的化合物（如图所示），具有良好的储氢性能，其中元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大，且总和为 24。下列有关叙述错误的是

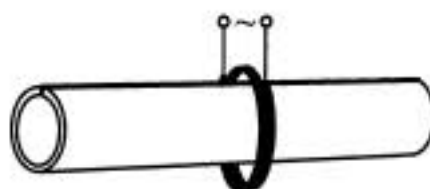
【D】

- A. 该化合物中，W、X、Y 之间均为共价键
 B. Z 的单质既能与水反应，也可与甲醇反应
 C. Y 的最高化合价氧化物的水化物为强酸
 D. X 的氟化物 XF_3 中 X 原子均为 8 电子稳定结构



二、选择题：本题共 8 小题，每小题 6 分，共 48 分。在每小题给出的四个选项中，第 14~18 题只有一项符合题目要求，第 19~21 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

14. 管道高频焊机可以对由钢板卷成的圆管的接缝实施焊接。焊机的原理如图所示，圆管通过一个接有高频交流电源的线圈，线圈所产生的交变磁场使圆管中产生交变电流，电流产生的热量使接缝处的材料熔化将其焊接。焊接过程中所利用的电磁学规律的发现者为

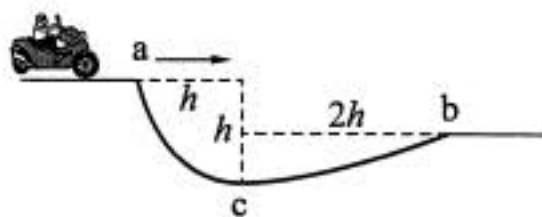


- A. 库仑
 B. 霍尔
 C. 洛伦兹
 D. 法拉第

15. 若一均匀球形星体的密度为 ρ ，引力常量为 G ，则在该星体表面附近沿圆轨道绕其运动的卫星的周期是 **【A】**

A. $\sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$ B. $\sqrt{\frac{4\pi}{G\rho}}$ C. $\sqrt{\frac{1}{3\pi G\rho}}$ D. $\sqrt{\frac{1}{4\pi G\rho}}$

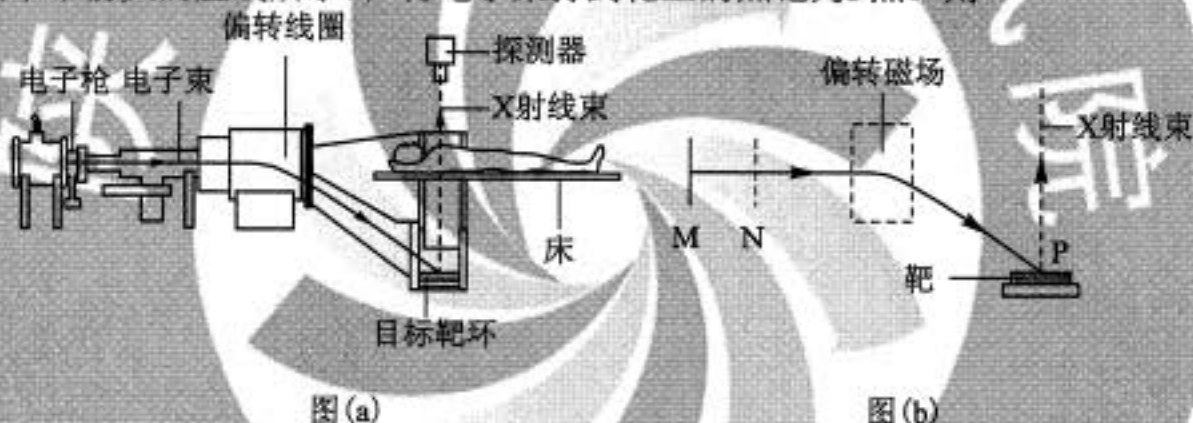
16. 如图，在摩托车越野赛途中的水平路段前方有一个坑，该坑沿摩托车前进方向的水平宽度为 $3h$ ，其左边缘 a 点比右边缘 b 点高 $0.5h$ 。若摩托车经过 a 点时的动能为 E_1 ，它会落到坑内 c 点，c 与 a 的水平距离和高度差均为 h ；若经过



- a 点时的动能为 E_2 ，该摩托车恰能越过坑到达 b 点。 $\frac{E_2}{E_1}$ 等于 **【B】**

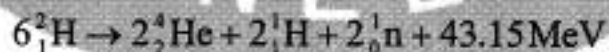
A. 20 B. 18 C. 9.0 D. 3.0

17. CT扫描是计算机X射线断层扫描技术的简称，CT扫描机可用于对多种病情的探测。图(a)是某种CT机主要部分的剖面图，其中X射线产生部分的示意图如图(b)所示。图(b)中M、N之间有一电子束的加速电场，虚线框内有匀强偏转磁场；经调节后电子束从静止开始沿带箭头的实线所示的方向前进，打到靶上，产生X射线(如图中带箭头的虚线所示)；将电子束打到靶上的点记为P点。则 **【D】**



- A. M 处的电势高于 N 处的电势
B. 增大 M、N 之间的加速电压可使 P 点左移
C. 偏转磁场的方向垂直于纸面向外
D. 增大偏转磁场磁感应强度的大小可使 P 点左移

18. 氦核 ${}^2_1\text{H}$ 可通过一系列聚变反应释放能量，其总效果可用反应式



表示。海水中富含氘，已知 1kg 海水中含有的氘核约为 1.0×10^{22} 个，若全都发生聚变反应，其释放的能量与质量为 M 的标准煤燃烧时释放的热量相等；已知 1kg 标准煤燃烧释放的热量约为 $2.9 \times 10^7\text{J}$ ， $1\text{MeV} = 1.6 \times 10^{-13}\text{J}$ ，则 M 约为 **【C】**

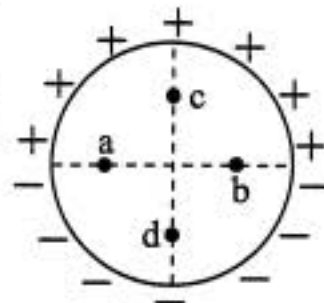
A. 40kg B. 100kg C. 400kg D. 1000kg

19. 特高压输电可使输送中的电能损耗和电压损失大幅降低。我国已成功掌握并实际应用了特高压输电技术。假设从 A 处采用 550kV 的超高压向 B 处输电，输电线上损耗的电功率为 ΔP ，到达 B 处时电压下降了 ΔU 。在保持 A 处输送的电功率和输电线电阻都不变的条件下，改用 1100kV 特高压输电，输电线上损耗的电功率变为 $\Delta P'$ ，

到达B处时电压下降了 $\Delta U'$ 。不考虑其他因素的影响, 则 **【AD】**

- A. $\Delta P' = \frac{1}{4} \Delta P$ B. $\Delta P' = \frac{1}{2} \Delta P$ C. $\Delta U' = \frac{1}{4} \Delta U$ D. $\Delta U' = \frac{1}{2} \Delta U$

20. 如图, 竖直面内一绝缘细圆环的上、下半圆分别均匀分布着等量异种电荷。a、b为圆环水平直径上的两个点, c、d为竖直直径上的两个点, 它们与圆心的距离均相等。则 **【ABC】**



- A. a、b两点的场强相等
B. a、b两点的电势相等
C. c、d两点的场强相等
D. c、d两点的电势相等

21. 水平冰面上有一固定的竖直挡板。一滑冰运动员面对挡板静止在冰面上, 他把一质量为4.0 kg的静止物块以大小为5.0 m/s的速度沿与挡板垂直的方向推向挡板, 运动员获得退行速度; 物块与挡板弹性碰撞, 速度反向, 追上运动员时, 运动员又把物块推向挡板, 使其再一次以大小为5.0 m/s的速度与挡板弹性碰撞。总共经过8次这样推物块后, 运动员退行速度的大小大于5.0 m/s, 反弹的物块不能再追上运动员。不计冰面的摩擦力, 该运动员的质量可能为 **【BC】**

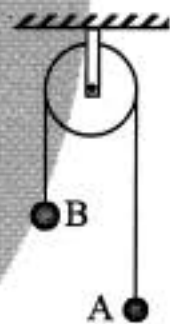
- A. 48kg B. 53kg C. 58kg D. 63kg

三、非选择题: 共174分。第22~32题为必考题, 每个试题考生都必须作答。第33~38题为选考题, 考生根据要求作答。

(一) 必考题: 共129分。

22. (5分)

一细绳跨过悬挂的定滑轮, 两端分别系有小球A和B, 如图所示。一实验小组用此装置测量小球B运动的加速度。



令两小球静止, 细绳拉紧, 然后释放小球, 测得小球B释放时的高度 $h_0 = 0.590\text{m}$, 下降一段距离后的高度 $h = 0.100\text{m}$; 由 h_0 下降至 h 所用的时间 $T = 0.730\text{s}$ 。由此求得小球B加速度的大小为 $a = \underline{1.84} \text{ m/s}^2$ (保留3位有效数字)。

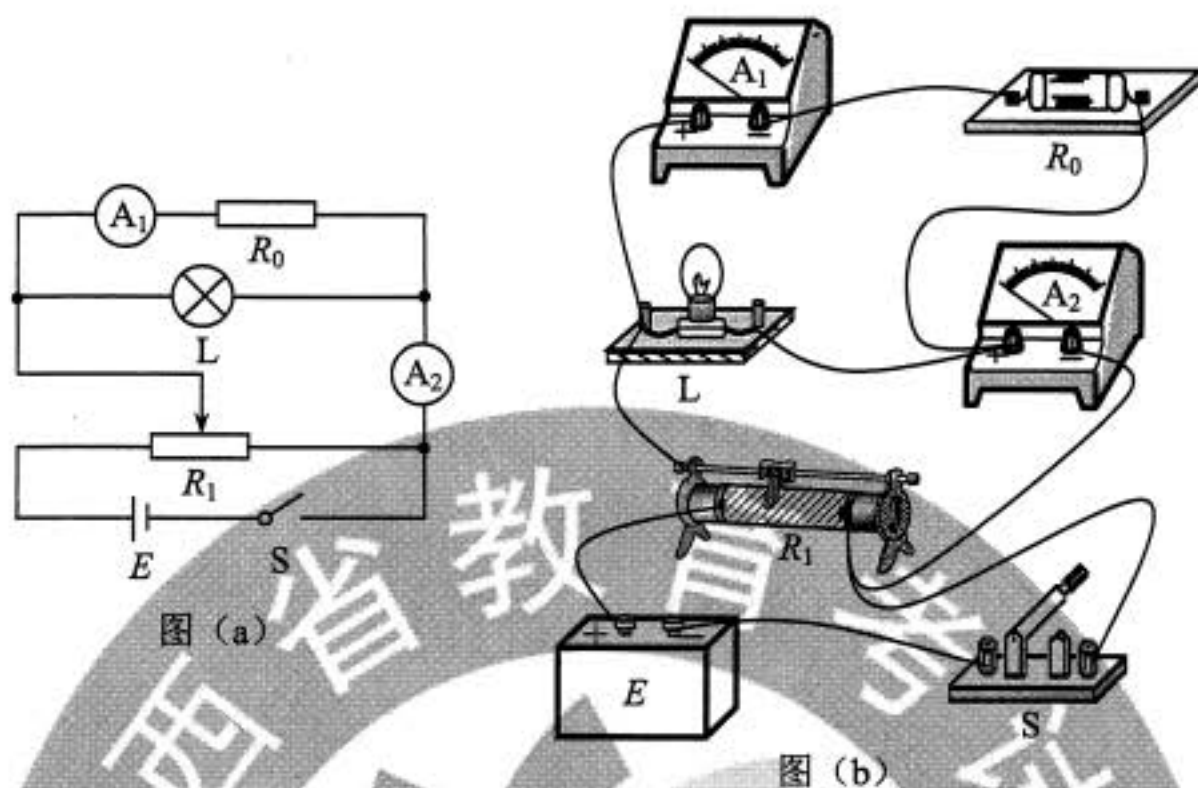
从实验室提供的数据得知, 小球A、B的质量分别为100.0g和150.0g, 当地重力加速度大小为 $g = 9.80\text{m/s}^2$ 。根据牛顿第二定律计算可得小球B加速度的大小为 $a' = \underline{1.96} \text{ m/s}^2$ (保留3位有效数字)。

可以看出, a' 与 a 有明显差异, 除实验中的偶然误差外, 写出一条可能产生这一结果的原因: 滑轮的轴不光滑 或 滑轮有质量。

23. (10分)

某同学要研究一小灯泡L (3.6V, 0.30A)的伏安特性。所用器材有: 电流表 A_1 (量程200mA, 内阻 $R_{g1} = 10.0\Omega$)、电流表 A_2 (量程500mA, 内阻 $R_{g2} = 1.0\Omega$)、定值电阻 R_0 (阻值 $R_0 = 10.0\Omega$)、滑动变阻器 R_1 (最大阻值 10Ω)、电源 E (电动势4.5V, 内阻很小)、开关S和若干导线。该同学设计的电路如图(a)所示。

(1) 根据图 (a), 在图 (b) 的实物图中画出连线。



(2) 若 I_1 、 I_2 分别为流过电流表 A_1 和 A_2 的电流, 利用 I_1 、 I_2 、 R_0 和 R_1 写出: 小灯泡两端的电压 $U = \underline{I_1(R_1 + R_0)}$, 流过小灯泡的电流 $I = \underline{I_2 - I_1}$ 。为保证小灯泡的安全, I_1 不能超过 180 mA。

(3) 实验时, 调节滑动变阻器, 使开关闭合后两电流表的示数为零。逐次改变滑动变阻器滑片位置并读取相应的 I_1 和 I_2 。所得实验数据在下表中给出。

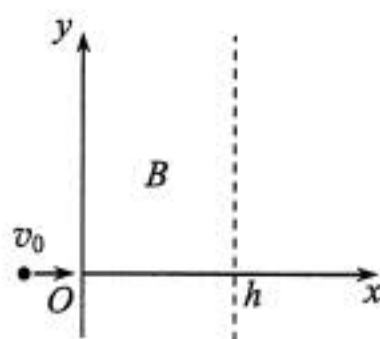
I_1/mA	32	55	85	125	144	173
I_2/mA	171	229	299	379	424	470

根据实验数据可算得, 当 $I_1 = 173 \text{ mA}$ 时, 灯丝电阻 $R = \underline{11.6} \Omega$ (保留 1 位小数)。

(4) 如果用另一个电阻替代定值电阻 R_0 , 其他不变, 为了能够测量完整的伏安特性曲线, 所用电阻的阻值不能小于 8.0 Ω (保留 1 位小数)。

24. (12 分)

如图, 在 $0 \leq x \leq h$, $-\infty < y < +\infty$ 区域中存在方向垂直于纸面的匀强磁场, 磁感应强度 B 的大小可调, 方向不变。一质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子以速度 v_0 从磁场区域左侧沿 x 轴进入磁场, 不计重力。



(1) 若粒子经磁场偏转后穿过 y 轴正半轴离开磁场, 分析说明磁场的方向, 并求在这种情况下磁感应强度的最小值 B_m ;

(2) 如果磁感应强度大小为 $\frac{B_m}{2}$, 粒子将通过虚线所示边界上的一点离开磁场。求粒子在该点的运动方向与 x 轴正方向的夹角及该点到 x 轴的距离。

解: (1) 由题意, 粒子刚进入磁场时应受到方向向上的洛伦兹力, 因此磁场方向垂直于纸面向里。设粒子进入磁场中做圆周运动的半径为 R , 根据洛伦兹力公式和圆周运动规律, 有

$$qv_0B = m\frac{v_0^2}{R} \quad ①$$

由此可得

$$R = \frac{mv_0}{qB} \quad ②$$

粒子穿过 y 轴正半轴离开磁场, 其在磁场中做圆周运动的圆心在 y 轴正半轴上, 半径应满足

$$R \leq h \quad ③$$

由题意, 当磁感应强度大小为 B_m 时, 粒子的运动半径最大, 由此得

$$B_m = \frac{mv_0}{qh} \quad ④$$

(2) 若磁感应强度大小为 $\frac{B_m}{2}$, 粒子做圆周运动的圆心仍在 y 轴正半轴上, 由②④式可得, 此时圆弧半径为

$$R' = 2h \quad ⑤$$

粒子会穿过图中 P 点离开磁场, 运动轨迹如图所示。设粒子在 P 点的运动方向与 x 轴正方向的夹角为 α , 由几何关系

$$\sin \alpha = \frac{h}{2h} = \frac{1}{2} \quad ⑥$$

即

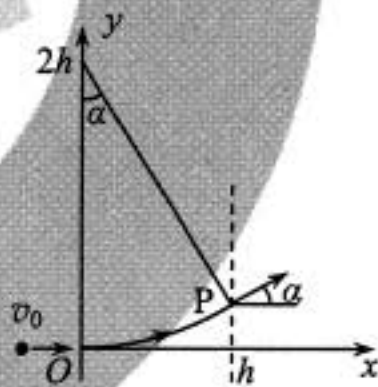
$$\alpha = \frac{\pi}{6} \quad ⑦$$

由几何关系可得, P 点与 x 轴的距离为

$$y = 2h(1 - \cos \alpha) \quad ⑧$$

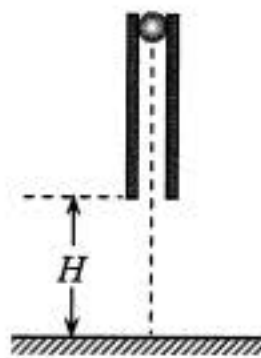
联立⑦⑧式得

$$y = (2 - \sqrt{3})h \quad ⑨$$



25. (20分)

如图, 一竖直圆管质量为 M , 下端距水平地面的高度为 H , 顶端塞有一质量为 m 的小球。圆管由静止自由下落, 与地面发生多次弹性碰撞, 且每次碰撞时间均极短; 在运动过程中, 管始终保持竖直。已知 $M = 4m$, 球和管之间的滑动摩擦力大小为 $4mg$, g 为重力加速度的大小, 不计空气阻力。



(1) 求管第一次与地面碰撞后的瞬间, 管和球各自的加速度大小;

(2) 管第一次落地弹起后, 在上升过程中球没有从管中滑出, 求管上升的最大高度;

(3) 管第二次落地弹起的上升过程中, 球仍没有从管中滑出, 求圆管长度应满足的条件。

解: (1) 管第一次落地弹起的瞬间, 小球仍然向下运动。设此时管的加速度大小为 a_1 , 方向向下; 球的加速度大小为 a_2 , 方向向上; 球与管之间的摩擦力大小为 f , 由牛顿运动定律有

$$Ma_1 = Mg + f \quad \text{①}$$

$$ma_2 = f - mg \quad \text{②}$$

联立①②式并代入题给数据, 得

$$a_1 = 2g, \quad a_2 = 3g \quad \text{③}$$

(2) 管第一次碰地前与球的速度大小相同。由运动学公式, 碰地前瞬间它们的速度大小均为

$$v_0 = \sqrt{2gH} \quad \text{④}$$

方向均向下。管弹起的瞬间, 管的速度反向, 球的速度方向依然向下。

设自弹起时经过时间 t_1 , 管与小球的的速度刚好相同。取向上为正方向, 由运动学公式

$$v_0 - a_1 t_1 = -v_0 + a_2 t_1 \quad \text{⑤}$$

联立③④⑤式得

$$t_1 = \frac{2}{5} \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad \text{⑥}$$

设此时管下端的高度为 h_1 , 速度为 v 。由运动学公式可得

$$h_1 = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a_1 t_1^2 \quad \text{⑦}$$

$$v = v_0 - a_1 t_1 \quad \text{⑧}$$

由③④⑥⑧式可判断此时 $v > 0$ 。此后, 管与小球将以加速度 g 减速上升 h_2 , 到达最高点。由运动学公式有

$$h_2 = \frac{v^2}{2g} \quad \text{⑨}$$

设管第一次落地弹起后上升的最大高度为 H_1 ，则

$$H_1 = h_1 + h_2 \quad \text{⑩}$$

联立③④⑥⑦⑧⑨⑩式可得

$$H_1 = \frac{13}{25}H \quad \text{⑪}$$

(3) 设第一次弹起过程中球相对管的位移为 x_1 。在管开始下落到上升 H_1 这一过程中，由动能定理有

$$Mg(H - H_1) + mg(H - H_1 + x_1) - 4mgx_1 = 0 \quad \text{⑫}$$

联立⑪⑫式并代入题给数据得

$$x_1 = \frac{4}{5}H \quad \text{⑬}$$

同理可推得，管与球从再次下落到第二次弹起至最高点的过程中，球与管的相对位移 x_2 为

$$x_2 = \frac{4}{5}H_1 \quad \text{⑭}$$

设圆管长度为 L 。管第二次落地弹起后的上升过程中，球不会滑出管外的条件是

$$x_1 + x_2 \leq L \quad \text{⑮}$$

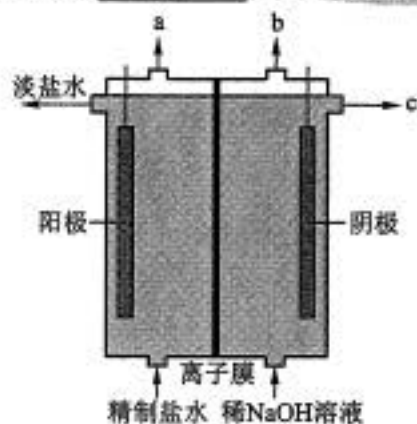
联立⑪⑬⑭⑮式， L 应满足条件为

$$L \geq \frac{152}{125}H \quad \text{⑯}$$

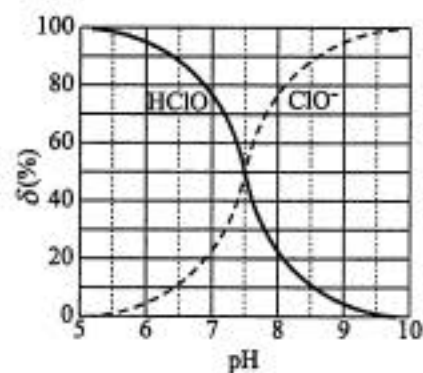
26. (14分)

化学工业为疫情防控提供了强有力的物质支撑。氯的许多化合物既是重要化工原料，又是高效、广谱的灭菌消毒剂。回答下列问题：

(1) 氯气是制备系列含氯化合物的主要原料，可采用如图(a)所示的装置来制取。装置中的离子膜只允许 Na^+ 离子通过，氯气的逸出口是 a (填标号)。



图(a)



图(b)

(2) 次氯酸为一元弱酸, 具有漂白和杀菌作用, 其电离平衡体系中各成分的组成分数 δ [$\delta(X) = \frac{c(X)}{c(\text{HClO}) + c(\text{ClO}^-)}$, X 为 HClO 或 ClO^-] 与 pH 的关系如图 (b) 所示。HClO

的电离常数 K_a 值为 $10^{-7.5}$ 。

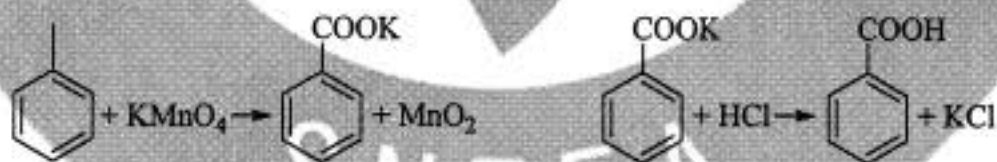
(3) Cl_2O 为淡棕黄色气体, 是次氯酸的酸酐, 可由新制的 HgO 和 Cl_2 反应来制备, 该反应为歧化反应 (氧化剂和还原剂为同一种物质的反应)。上述制备 Cl_2O 的化学方程式为 $2\text{Cl}_2 + \text{HgO} = \text{HgCl}_2 + \text{Cl}_2\text{O}$ 。

(4) ClO_2 常温下为黄色气体, 易溶于水, 其水溶液是一种广谱杀菌剂。一种有效成分为 NaClO_2 、 NaHSO_4 、 NaHCO_3 的“二氧化氯泡腾片”, 能快速溶于水, 溢出大量气泡, 得到 ClO_2 溶液。上述过程中, 生成 ClO_2 的反应属于歧化反应, 每生成 1 mol ClO_2 消耗 NaClO_2 的量为 1.25 mol; 产生“气泡”的化学方程式为 $\text{NaHCO}_3 + \text{NaHSO}_4 = \text{CO}_2 \uparrow + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 。

(5) “84 消毒液”的有效成分为 NaClO , 不可与酸性清洁剂混用的原因是 $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (用离子方程式表示)。工业上是将氯气通入到 30% 的 NaOH 溶液中来制备 NaClO 溶液, 若 NaClO 溶液中 NaOH 的质量分数为 1%, 则生产 1000 kg 该溶液需消耗氯气的质量为 203 kg (保留整数)。

27. (15 分)

苯甲酸可用作食品防腐剂。实验室可通过甲苯氧化制苯甲酸, 其反应原理简示如下:



名称	相对分子质量	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	沸点/ $^{\circ}\text{C}$	密度/ $(\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	溶解性
甲苯	92	-95	110.6	0.867	不溶于水, 易溶于乙醇
苯甲酸	122	122.4 (100 $^{\circ}\text{C}$ 左右开始升华)	248	—	微溶于冷水, 易溶于乙醇、热水

实验步骤:

(1) 在装有温度计、冷凝管和搅拌器的三颈烧瓶中加入 1.5 mL 甲苯、100 mL 水和 4.8 g (约 0.03 mol) 高锰酸钾, 慢慢开启搅拌器, 并加热回流至回流液不再出现油珠。

(2) 停止加热, 继续搅拌, 冷却片刻后, 从冷凝管上口慢慢加入适量饱和亚硫酸氢钠溶液, 并将反应混合物趁热过滤, 用少量热水洗涤滤渣。合并滤液和洗涤液, 于冰水浴中冷却, 然后用浓盐酸酸化至苯甲酸析出完全。将析出的苯甲酸过滤, 用少量冷水洗涤, 放在沸水浴上干燥。称量, 粗产品为 1.0 g。

(3) 纯度测定: 称取 0.122 g 粗产品, 配成乙醇溶液, 于 100 mL 容量瓶中定容。每次移取 25.00 mL 溶液, 用 $0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KOH 标准溶液滴定, 三次滴定平均消耗 21.50 mL 的 KOH 标准溶液。

回答下列问题:

(1) 根据上述实验药品的用量, 三颈烧瓶的最适宜规格为 B (填标号)。

A. 100 mL B. 250 mL C. 500 mL D. 1000 mL

(2) 在反应装置中应选用 球形 冷凝管 (填“直形”或“球形”), 当回流液不再出现油珠即可判断反应已完成, 其判断理由是 无油珠说明不溶于水的甲苯已经被完全氧化。

(3) 加入适量饱和亚硫酸氢钠溶液的目的是 除去过量的高锰酸钾, 避免在用盐酸酸化时, 产生氯气; 该步骤亦可用草酸在酸性条件下处理, 请用反应的离子方程式表达其原理 $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。

(4) “用少量热水洗涤滤渣”一步中滤渣的主要成分是 MnO_2 。

(5) 干燥苯甲酸晶体时, 若温度过高, 可能出现的结果是 苯甲酸升华而损失。

(6) 本实验制备的苯甲酸的纯度为 86.0%; 据此估算本实验中苯甲酸的产率最接近于 C (填标号)。

A. 70% B. 60% C. 50% D. 40%

(7) 若要得到纯度更高的苯甲酸, 可通过在水中 重结晶 的方法提纯。

28. (14分)

天然气的主要成分为 CH_4 , 一般还含有 C_2H_6 等烃类, 是重要的燃料和化工原料。

(1) 乙烷在一定条件可发生如下反应: $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) = \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1$, 相关物质的燃烧热数据如下表所示:

物质	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$
燃烧热 $\Delta H_f / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-1560	-1411	-286

① $\Delta H_1 =$ 137 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

② 提高该反应平衡转化率的方法有 升高温度、减小压强(增大体积)。

③ 容器中通入等物质的量的乙烷和氢气, 在等压下 (p) 发生上述反应, 乙烷的平

平衡转化率为 α 。反应的平衡常数 $K_p = \frac{\alpha(1+\alpha)}{(2+\alpha)(1-\alpha)} \times p$ (用平衡分压代替平衡浓度计算, 分压=总压 \times 物质的量分数)。

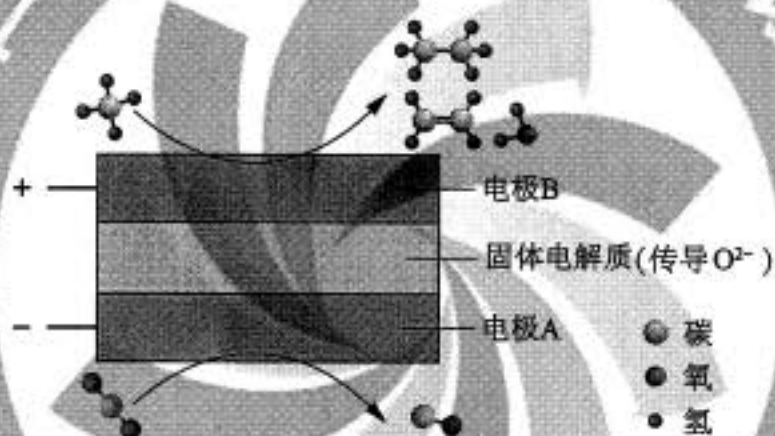
(2) 高温下, 甲烷生成乙烷的反应如下: $2\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2$ 。反应在初期阶段的速率方程为: $r = k \times c_{\text{CH}_4}$, 其中 k 为反应速率常数。

① 设反应开始时的反应速率为 r_1 , 甲烷的转化率为 α 时的反应速率为 r_2 , 则 $r_2 = \frac{1-\alpha}{1} r_1$

② 对于处于初期阶段的该反应, 下列说法正确的是 AD。

- A. 增加甲烷浓度, r 增大 B. 增加 H_2 浓度, r 增大
C. 乙烷的生成速率逐渐增大 D. 降低反应温度, k 减小

(3) CH_4 和 CO_2 都是比较稳定的分子, 科学家利用电化学装置实现两种分子的耦合转化, 其原理如下图所示:



① 阴极上的反应式为 $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- = \text{CO} + \text{O}^{2-}$ 。

② 若生成的乙烯和乙烷的体积比为 2:1, 则消耗的 CH_4 和 CO_2 体积比为 6:5。

29. (10分)

大豆蛋白在人体内经消化道中酶的作用后, 可形成小肽(短的肽链)。回答下列问题:

(1) 在大豆细胞中, 以 mRNA 为模板合成蛋白质时, 除 mRNA 外还需要其他种类的核酸分子参与, 它们是 rRNA、tRNA。

氨基酸	密码子
色氨酸	UGG
谷氨酸	GAA GAG
酪氨酸	UAC UAU
组氨酸	CAU CAC

(2) 大豆细胞中大多数 mRNA 和 RNA 聚合酶从合成部位到执行功能部位需要经过核孔。就细胞核和细胞质这两个部位来说, 作为 mRNA 合成部位的是 细胞核, 作为 mRNA 执行功能部位的是 细胞质; 作为 RNA 聚合酶合成部位的是 细胞质, 作为 RNA 聚合酶执行功能部位的是 细胞核。

(3) 部分氨基酸的密码子如表所示。若来自大豆的某小肽对应的编码序列为

UACGAACAUGG, 则该小肽的氨基酸序列是 酪氨酸-谷氨酸-组氨酸-色氨酸。若该小肽对应的 DNA 序列有 3 处碱基发生了替换, 但小肽的氨基酸序列不变, 则此时编码小肽的 RNA 序列为 UAUGAGCACUGG。

30. (9 分)

为了研究细胞器的功能, 某同学将正常叶片置于适量的溶液 B 中, 用组织捣碎机破碎细胞, 再用差速离心法分离细胞器。回答下列问题:

(1) 该实验所用溶液 B 应满足的条件是 pH 应与细胞质基质的相同, 渗透压应与细胞内的相同 (答出 2 点即可)。

(2) 离心沉淀出细胞核后, 上清液在适宜条件下能将葡萄糖彻底分解, 原因是此上清液中含有 细胞质基质组分和线粒体。

(3) 将分离得到的叶绿体悬浮在适宜溶液中, 照光后有氧气释放; 如果在该适宜溶液中将叶绿体外表的双层膜破裂后再照光, 有 (填“有”或“没有”) 氧气释放, 原因是 类囊体膜是 H_2O 分解释放 O_2 的场所, 叶绿体膜破裂不影响类囊体膜的功能。

31. (9 分)

人在剧烈奔跑运动时机体会出现一些生理变化。回答下列问题:

(1) 剧烈奔跑运动时肌细胞会出现 无氧呼吸, 这一呼吸方式会导致肌肉有酸痛感。

(2) 当进行较长时间剧烈运动时, 人体还会出现其他一些生理变化。例如, 与运动前相比, 胰岛 A 细胞的分泌活动会加强, 分泌 胰高血糖素, 该激素具有 促进糖原分解和非糖物质转化为葡萄糖 (答出 2 点即可) 等生理功能, 从而使血糖水平升高。

(3) 人在进行剧烈运动时会大量出汗, 因此在大量出汗后, 为维持内环境的相对稳定, 可以在饮水的同时适当补充一些 电解质 (或答: 无机盐)。

32. (11 分)

控制某种植物叶形、叶色和能否抗霜霉病 3 个性状的基因分别用 A/a、B/b、D/d 表示, 且位于 3 对同源染色体上。现有表现型不同的 4 种植株: 板叶紫叶抗病 (甲)、板叶绿叶抗病 (乙)、花叶绿叶感病 (丙) 和花叶紫叶感病 (丁)。甲和丙杂交, 子代表现型均与甲相同; 乙和丁杂交, 子代出现个体数相近的 8 种不同表现型。回答下列问题:

(1) 根据甲和丙的杂交结果, 可知这 3 对相对性状的显性性状分别是 板叶、紫叶、抗病。

(2) 根据甲和丙、乙和丁的杂交结果, 可以推断甲、乙、丙和丁植株的基因型分别为 AABBDD、AabbDd、aabbdd 和 aaBbdd。

(3) 若丙和丁杂交, 则子代的表现型为 花叶绿叶感病、花叶紫叶感病。

(4) 选择某一未知基因型的植株 X 与乙进行杂交, 统计子代个体性状。若发现叶形的分离比为 3:1、叶色的分离比为 1:1、能否抗病性状的分离比为 1:1, 则植株 X 的基因型为 AaBbdd。

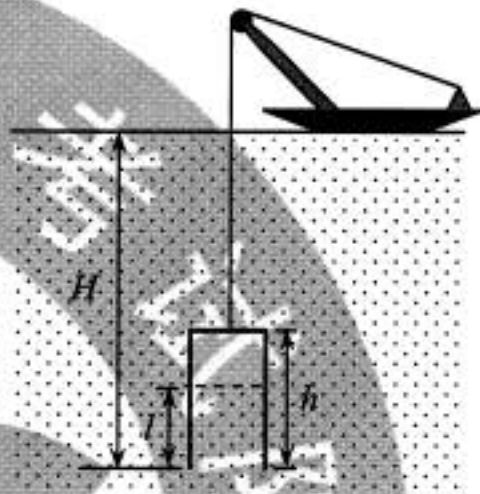
(二) 选考题：共 45 分。请考生从 2 道物理题、2 道化学题、2 道生物题中每科任选一题作答。如果多做，则每科按所做的第一题计分。

33. [物理——选修 3-3] (15 分)

(1) (5 分) 下列关于能量转换过程的叙述，违背热力学第一定律的有 B，不违背热力学第一定律、但违背热力学第二定律的有 C。(填正确答案标号)

- A. 汽车通过燃烧汽油获得动力并向空气中散热
- B. 冷水倒入保温杯后，冷水和杯子的温度都变得更低
- C. 某新型热机工作时将从高温热源吸收的热量全部转化为功，而不产生其他影响
- D. 冰箱的制冷机工作时从箱内低温环境中提取热量散发到温度较高的室内

(2) (10 分) 潜水钟是一种水下救生设备，它是一个底部开口、上部封闭的容器，外形与钟相似。潜水钟在水下时其内部上方空间里存有空气，以满足潜水员水下避险的需要。为计算方便，将潜水钟简化为截面积为 S 、高度为 h 、开口向下的圆筒；工作母船将潜水钟由水面上方开口向下吊放至深度为 H 的水下，如图所示。已知水的密度为 ρ ，重力加速度大小为 g ，大气压强为 p_0 ， $H \gg h$ ，忽略温度的变化和水密度随深度的变化。



(i) 求进入圆筒内水的高度 l ；

(ii) 保持 H 不变，压入空气使筒内的水全部排出，求压入的空气在其压强为 p_0 时的体积。

解：(i) 设潜水钟在水面上方时和放入水下后筒内气体的体积分别为 V_0 和 V_1 ，放入水下后筒内气体的压强为 p_1 ，由玻意耳定律和题给条件有

$$p_1 V_1 = p_0 V_0 \quad ①$$

$$V_0 = hS \quad ②$$

$$V_1 = (h-l)S \quad ③$$

$$p_1 = p_0 + \rho g(H-l) \quad ④$$

联立以上各式并考虑到 $H \gg h > l$ ，解得

$$l = \frac{\rho g H}{p_0 + \rho g H} h \quad ⑤$$

(ii) 设水全部排出后筒内气体的压强为 p_2 ，此时筒内气体的体积为 V_0 ，这些气体在其压强为 p_0 时的体积为 V_3 ，由玻意耳定律有

$$p_2 V_0 = p_0 V_3 \quad ⑥$$

其中

$$p_2 = p_0 + \rho g H \quad (7)$$

设需压入筒内的气体体积为 V ，依题意

$$V = V_3 - V_0 \quad (8)$$

联立②⑥⑦⑧式得

$$V = \frac{\rho g S H h}{p_0} \quad (9)$$

34. [物理——选修3-4] (15分)

(1) (5分) 用一个摆长为 80.0cm 的单摆做实验，要求摆动的最大角度小于 5° ，则开始时将摆球拉离平衡位置的距离应不超过 6.9 cm (保留1位小数)。(提示：单摆被拉开小角度的情况下，所求的距离约等于摆球沿圆弧移动的路程。)

某同学想设计一个新单摆，要求新单摆摆动10个周期的时间与原单摆摆动11个周期的时间相等。新单摆的摆长应该取为 96.8 cm 。

(2) (10分) 直角棱镜的折射率 $n=1.5$ ，其横截面如图所示，图中 $\angle C=90^\circ$ ， $\angle A=30^\circ$ 。截面内一细束与 BC 边平行的光线，从棱镜 AB 边上的 D 点射入，经折射后射到 BC 边上。

(i) 光线在 BC 边上是否会发生全反射？说明理由；

(ii) 不考虑多次反射，求从 AC 边射出的光线与最初的入射光线夹角的正弦值。

解：(i) 如图，设光线在 D 点的入射角为 i ，折射角为 r 。折射光线射到 BC 边上的 E 点。设光线在 E 点的入射角为 θ ，由几何关系，有

$$\theta = 90^\circ - (30^\circ - r) > 60^\circ \quad (1)$$

根据题给数据得

$$\sin \theta > \sin 60^\circ > \frac{1}{n} \quad (2)$$

即 θ 大于全反射临界角，因此光线在 E 点发生全反射。

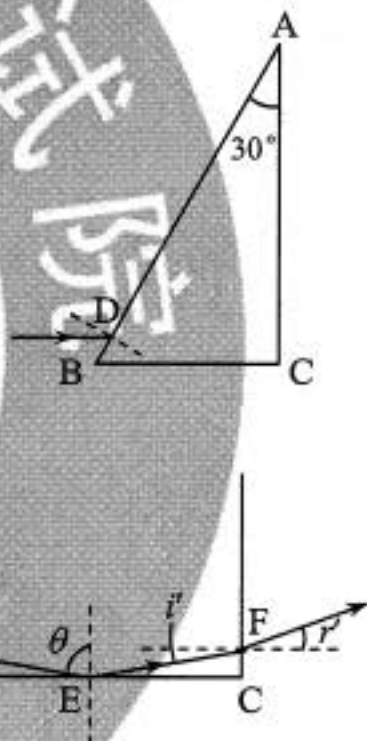
(ii) 设光线在 AC 边上的 F 点射出棱镜，光线的入射角为 i' ，折射角为 r' ，由几何关系、反射定律及折射定律，有

$$i = 30^\circ \quad (3)$$

$$i' = 90^\circ - \theta \quad (4)$$

$$\sin i = n \sin r \quad (5)$$

$$n \sin i' = \sin r' \quad (6)$$



联立①③④⑤⑥式并代入题给数据，得

$$\sin r' = \frac{2\sqrt{2} - \sqrt{3}}{4} \quad \text{⑦}$$

由几何关系， r' 即 AC 边射出的光线与最初的入射光线的夹角。

35. [化学——选修 3: 物质结构与性质] (15 分)

钙钛矿 (CaTiO_3) 型化合物是一类可用于生产太阳能电池、传感器、固体电阻器等的功能材料。回答下列问题:

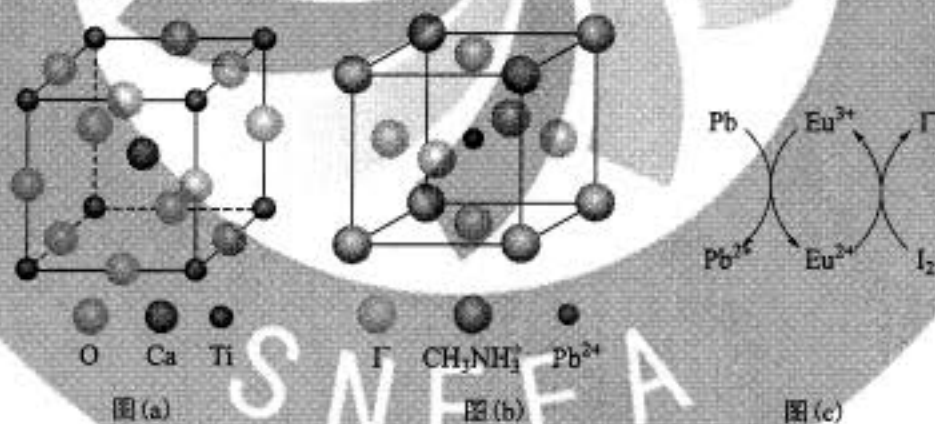
(1) 基态 Ti 原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$ 。

(2) Ti 的四卤化物熔点如下表所示, TiF_4 熔点高于其他三种卤化物, 自 TiCl_4 至 TiI_4 熔点依次升高, 原因是 TiF_4 为离子化合物, 熔点高, 其他三种均为共价化合物, 随相对分子质量的增大分子间作用力增大, 熔点逐渐升高。

化合物	TiF_4	TiCl_4	TiBr_4	TiI_4
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	377	-24.12	38.3	155

(3) CaTiO_3 的晶胞如图(a)所示, 其组成元素的电负性大小顺序是 $\text{O} > \text{Ti} > \text{Ca}$; 金属离子与氧离子间的作用力为 离子键, Ca^{2+} 的配位数是 12。

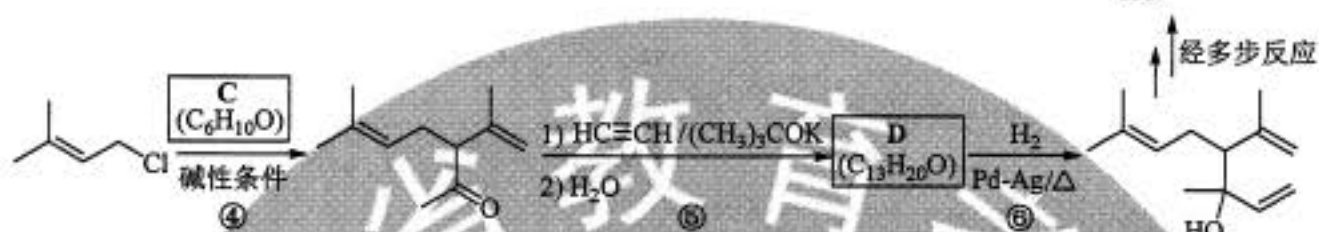
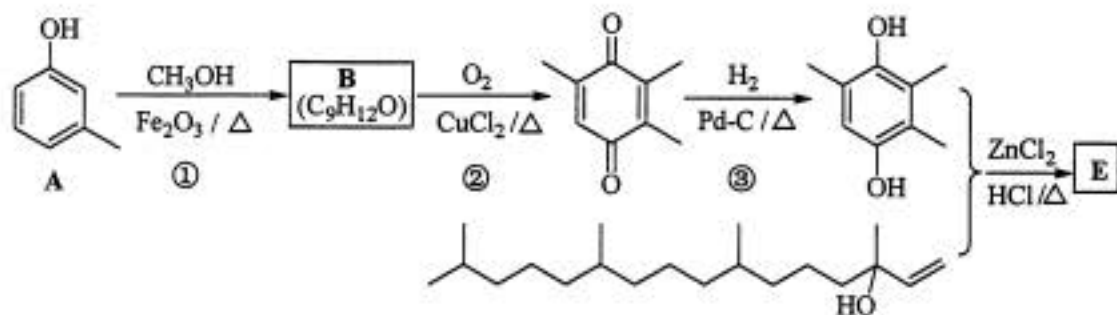
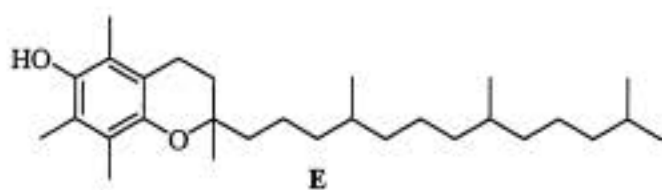
(4) 一种立方钙钛矿结构的金属卤化物光电材料的组成为 Pb^{2+} 、 I^- 和有机碱离子 CH_3NH_3^+ , 其晶胞如图(b)所示。其中 Pb^{2+} 与图(a)中 Ti^{4+} 的空间位置相同, 有机碱 CH_3NH_3^+ 中, N 原子的杂化轨道类型是 sp^3 ; 若晶胞参数为 $a \text{ nm}$, 则晶体密度为 $\frac{620}{a^3 \times N_A} \times 10^{21} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (列出计算式)。



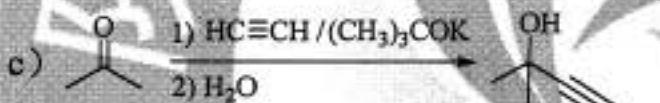
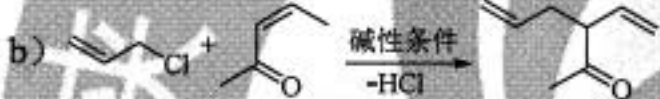
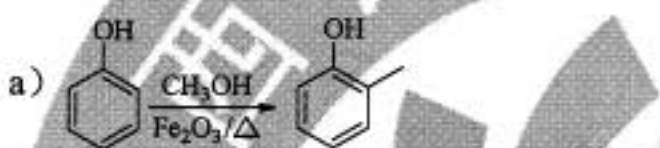
(5) 用上述金属卤化物光电材料制作的太阳能电池在使用过程中会产生单质铅和碘, 降低了器件效率和使用寿命。我国科学家巧妙地在此材料中引入稀土铕 (Eu) 盐, 提升了太阳能电池的效率和使用寿命, 其作用原理如图(c)所示, 用离子方程式表示该原理 $2\text{Eu}^{3+} + \text{Pb} = 2\text{Eu}^{2+} + \text{Pb}^{2+}$ 、 $2\text{Eu}^{2+} + \text{I}_2 = 2\text{Eu}^{3+} + 2\text{I}^-$ 。

36. [化学——选修 5: 有机化学基础] (15 分)

维生素 E 是一种人体必需的脂溶性维生素, 现已广泛应用于医药、营养品、化妆品等。天然的维生素 E 由多种生育酚组成, 其中 α -生育酚 (化合物 E) 含量最高, 生理活性也最高。下面是化合物 E 的一种合成路线, 其中部分反应略去。



已知以下信息：



回答下列问题：

(1) A 的化学名称为 3-甲基苯酚 (或间甲基苯酚)。

(2) B 的结构简式为

(3) 反应物 C 含有三个甲基，其结构简式为

(4) 反应⑤的反应类型为 加成反应。

(5) 反应⑥的化学方程式为

(6) 化合物 C 的同分异构体中能同时满足以下三个条件的有 c 个 (不考虑立体异构体, 填标号)。

(i) 含有两个甲基; (ii) 含有酮羰基 (但不含 C=C=O); (iii) 不含有环状结构。

(a) 4

(b) 6

(c) 8

(d) 10

其中, 含有手性碳 (注: 连有四个不同的原子或基团的碳) 的化合物的结构简式

为

37. [生物——选修1：生物技术实践] (15分)

研究人员从海底微生物中分离到一种在低温下有催化活性的 α -淀粉酶A3，并对其进行了研究。回答下列问题：

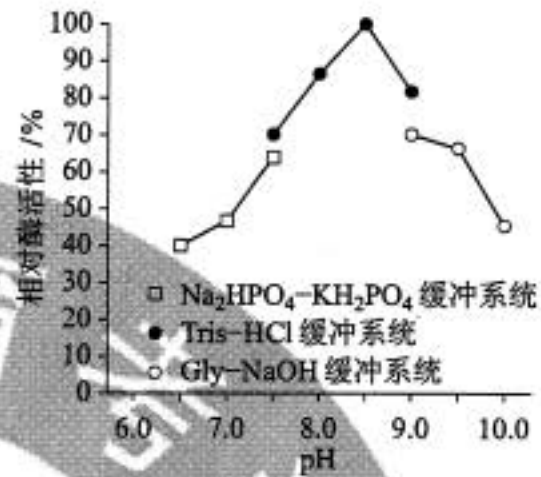
(1) 在以淀粉为底物测定A3酶活性时，既可检测淀粉的减少，检测应采用的试剂是碘液，也可采用斐林试剂检测还原糖（或答：葡萄糖）的增加。

(2) 在A3的分离过程中可采用聚丙烯酰胺凝胶电泳检测其纯度，通常会在凝胶中添加SDS，SDS的作用是消除蛋白质所带净电荷对迁移率的影响和使蛋白质发生变性。

(3) 本实验中，研究人员在确定A3的最适pH时使用了三种组分不同的缓冲系统，结果如图所示。

某同学据图判断，缓冲系统的组分对酶活性有影响，

其判断依据是在pH相同时，不同缓冲系统条件下所测得的相对酶活性不同。



(4) 在制备A3的固定化酶时，一般不宜采用包埋法，原因是酶分子体积小，容易从包埋材料中漏出（答出1点即可）。

38. [生物——选修3：现代生物科技专题] (15分)

植树造林、“无废弃物农业”、污水净化是建设美丽中国的重要措施。回答下列有关生态工程的问题：

(1) 在植树造林时，一般认为，全部种植一种植物的做法是不可取的。因为与混合种植方式所构建的生态系统相比，按照种植一种植物方式所构建的生态系统，其抵抗力稳定性低。抵抗力稳定性的含义是生态系统抵抗外界干扰并使自身的结构与功能保持原状或不受损害的能力。

(2) “无废弃物农业”是我国利用生态工程的原理进行农业生产的一种模式，其做法是收集有机物质，包括人畜粪便、枯枝落叶等，采用堆肥和沤肥等多种方式，把它们转变为有机肥料，再施用到农田中。施用有机肥料的优点是改善了土壤结构；培育了土壤微生物；实现了土壤养分的循环利用（答出3点即可）。在有机肥料的形成过程中，微生物起到了重要作用，这些微生物属于生态系统组分中的分解者。

(3) 在污水净化过程中，除发挥污水处理厂的作用外，若要利用生物来回收污水中的铜、镉等金属元素，请提供一个方案：种植能吸收这些金属元素的水生植物，再从植物中回收金属。