

理科综合能力测试参考答案和评分标准

生 物

1. B 此题考查以“细胞”为关键词的相关知识,主要测量学生的理解能力。

【解析】对于生物体而言,细胞的增殖是生物体重要的生命活动,是生物体生长、发育、繁殖、遗传的基础,A项正确;细胞衰老时,细胞核的体积变大,细胞变小,C项正确;细胞坏死与细胞凋亡虽结果相同,但细胞坏死是细胞受到强烈理化或生物因素作用引起细胞无序变化的死亡过程,D项正确;白细胞与红细胞均来源于受精卵的分化,由于各自结构与功能的不同,其凋亡速率显然不同,B项错误。

2. B 此题主要考查高中生物中的科学方法及科学史,主要测量学生的理解能力和信息处理能力。

【解析】萨顿运用了类比推理的方法得出了基因在染色体上的推论,A项错误;在光合作用与呼吸作用研究中,常用同位素标记法研究其化学反应过程,B项正确;沃森与克里克运用模型法研究的是DNA分子双螺旋结构,而非DNA分子的复制,C项错误;探究落叶是在土壤微生物的作用下腐烂的实验,其单因子变量即是否有土壤微生物,因此需要设置自然状态的土壤进行对照,D项错误。

3. B 此题考查细胞间的信息交流,主要测量学生搜集、处理信息的能力。

【解析】当A为卵巢细胞,B为下丘脑时,作为反馈调节的信号分子, $\omega$ 应为雌激素,A项错误;在免疫调节过程中,当A为T细胞,B为B细胞时, $\omega$ 表示T细胞在抗原刺激下产生淋巴因子,B细胞在淋巴因子的作用下开始一系列的增殖、分化,B项正确;当A为胰岛B细胞,B为肝细胞时, $\omega$ 应为胰岛素,C项错误;当A、B为两个相邻的神经元时, $\omega$ 为前一个神经元释放的神经递质而不是糖蛋白,D项错误。

4. D 此题考查动物激素调节及免疫调节,主要测量学生获取信息和综合分析的能力。

【解析】当受到病原体感染时,大多数病原体经吞噬细胞等摄取和处理,暴露出病原体所特有的抗原,将抗原传递给T细胞,刺激T细胞产生淋巴因子,少数抗原直接刺激B细胞,B细胞受到刺激后,在淋巴因子的作用下,开始一系列的增殖分化,大部分成为浆细胞,产生抗体,小部分形成记忆细胞,A项错误;在饮水不足时,肾小管和集合管对水分的重吸收加强,速率提高,B项错误;受寒冷刺激时,下丘脑合成促甲状腺激素释放激素,而非促甲状腺激素,C项错误;由于甲状腺激素有促进新陈代谢和生长发育的作用,因此饲喂添加甲状腺激素的饲料,可使蝌蚪快速发育成小青蛙,D项正确。

5. C 此题考查新陈代谢中的酶与能量,主要测量学生的理解能力。

【解析】蓝藻是原核生物,绿藻是真核生物,二者均能进行光合作用,通过光反应产生ATP,但原核生物的光反应在细胞质基质中进行,真核生物的光反应在叶绿体囊状结构薄膜上进行,A项正确;酶之所以能加快化学反应的速率是因为它能降低化学反应的活化能,与无机催化剂相比,其催化效率更高,B项正确;选择淀粉和淀粉酶探究酶的最适温度,检测时如选择斐林试剂,会与实验相冲突,因为滴加斐林试剂需水浴加热才能发生反应,看不到明显现象,C项错误;光合作用的光反应及呼吸作用均能产生ATP,D项正确。

6. A 此题主要考查与育种相关的内容,主要测量学生获取信息的能力及理解能力。

【解析】秋水仙素作用于正在分裂的细胞时,能抑制纺锤体的形成,A项错误;高产青霉菌是诱变育种的产物,其育种原理为基因突变,B项正确;经杂交育种培育的高产矮秆水稻品种将不同优良性状集中到同一植株上,其原理是基因重组,对染色体数目没有影响,C项正确;转基因技术培育抗虫棉主要是将Bt毒蛋白基因导入到棉花的基因组中,相对于棉花细胞而言,染色体数不发生改变,D项正确。

29. (共10分,每空2分)

此题通过创新实验考查神经调节相关内容,主要测量学生获取信息的能力和综合运用能力。



I. (1)传出神经 (2)分级调节 II. (3)否 (4)伸展 (5)大脑皮层

**【解析】**I. 由题干信息可知,“肖氏反射弧”最终形成的是“皮肤—脊髓中枢—膀胱”这一反射弧,而2、3、6连接起来后,最终与膀胱相连,膀胱是效应器,则2、3、6连接起来的部分构成了传出神经;术前“大小便失禁”是因截瘫后部分脊神经受损,无法完成自主排尿反射而形成,“自主控制排尿”则说明排尿反射除了受脊髓中枢控制,还受大脑皮层控制,属于分级调节。II. 虽然“支配翅膀屈曲和下垂的神经”与“支配翅膀伸展和上举的神经”的作用相互拮抗,但鉴于题干实验说明,原先手术过的鸡的肢体屈曲中枢开始执行伸展中枢的机能,说明其释放的递质有可能相同,所以为否。

30. (共13分,除标注外,每空2分)

此题考查光合作用与呼吸作用的关系,主要测量学生在新情境下获取信息的能力和实验探究能力。

(1)二氧化碳的有无 小球藻光合作用的速率(或光合作用的强度) 试管中小球藻的初始数量、实验装置的气密性、锥形瓶中葡萄糖和菌类的混合液的量、温度(任选其二,其他合理答案也可) 试管中小球藻的数量变化

(2)装置二 因为相较于装置一,装置二锥形瓶中乳酸菌进行无氧呼吸无二氧化碳产生,不会对小球藻的呼吸作用结果观察造成干扰 黑暗(1分)

**【解析】**(1)由于装置一锥形瓶中活酵母菌能进行无氧呼吸,产生二氧化碳,为光照环境中小球藻的光合作用提供二氧化碳,促进小球藻的快速繁殖,在同样环境下,由于乳酸菌是厌氧型菌,装置二中的活乳酸菌只能进行无氧呼吸产生乳酸,无二氧化碳产生,因此两装置放在相同且适宜的光照条件下进行实验时,实验中的自变量为锥形瓶中产物二氧化碳的有无,因变量则为小球藻光合作用速率,两装置相较而下,实验者可将试管中小球藻的数量变化作为观测指标来判断光合作用速率。此时实验中的无关变量很多,如:试管中小球藻的初始数量、实验装置的气密性、锥形瓶中葡萄糖和菌类的混合液的量、温度等。

(2)兴趣小组想进一步利用现有装置进行小球藻呼吸作用实验,特在以上两装置的通气管正中央各加上一滴带荧光的红墨水滴后,选用装置二更合适。因为相较于装置一,装置二锥形瓶中乳酸菌进行无氧呼吸无二氧化碳产生,不会对小球藻的呼吸作用结果观察造成干扰。

31. (共7分,每空1分)

此题考查生态系统的相关内容,主要测量学生获取信息及综合分析的能力。

(1)①适宜光照 ②物质循环

(2)①粪便 ②下一营养级摄入 ③不能 ④呼吸作用 逐级递减

**【解析】**(1)由a、b两装置比较可知,适宜光照是两装置的不同点;由b、c两装置比较可知,物质循环是生态系统的重要功能之一。

(2)物种甲不能用第(1)题生态系统b中的水草,是因为图中的物种能产生粪便,属于消费者而不是生产者;物种甲不能用第(1)题生态系统b中的小鱼,是因为c装置中只有小鱼作为唯一的消费者,不存在下一个营养级,更谈不上下一个营养级摄入能量了。农作物作为生产者,其能量的输入主要通过光合作用,施用粪肥,农作物可从粪肥中吸收物质,使之进入新的物质循环,但不能直接利用粪便有机物中的能量。在生态系统中,每一营养级的能量去向大致为:一部分在呼吸作用过程中以热能形式散失,一部分以残枝败叶或动物遗体等形式被微生物分解,还有一部分传给下一个营养级。由图分析可知,D表示呼吸作用散失的热能。由于能量不断流失,此处体现了生态系统能量流动“逐级递减”的特点。

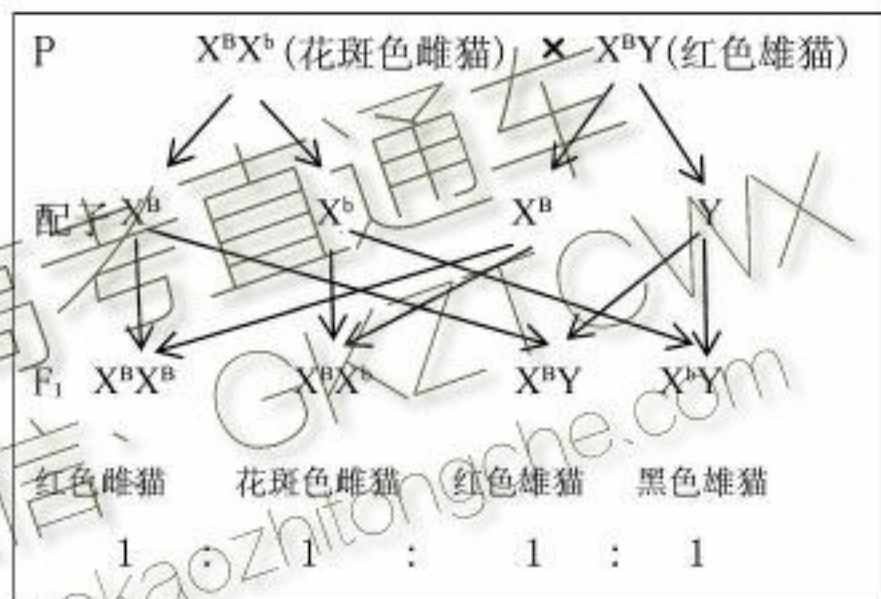
32. (共9分,除标注外,每空1分)

此题考查对常染色体遗传与伴性遗传的理解与判断,主要测量学生获取信息的能力、理解能力及综合分析的能力。当然遗传图解的书写也是本题的关键测量点。

(1)①X ②隐性 因为花斑色雌猫与红色雄猫产生的子代中出现了新的毛色黑色(2分)

(2)(3分)





(3) 花斑色雌猫 : 黑色雄猫 = 1 : 1

**【解析】**由题中所给条件可知,以上性状的遗传与性别有关,且在 F<sub>1</sub> 代中,出现了红色雄猫,可初步判断为伴 X 染色体遗传。由于花斑色雌猫与红色雄猫产生了四种表现型后代可推知亲代的雌猫和雄猫均产生两种类型配子。由此可推测出猫的毛色遗传的表现型与基因型:红色为  $X^B X^B$ 、 $X^B Y$ ;花斑色为  $X^B X^b$ ;黑色为  $X^b X^b$ 、 $X^b Y$ 。如选用黑色雌猫与红色雄猫进行多次杂交,黑色雌猫基因型为  $X^b X^b$ ,红色雄猫基因型为  $X^B Y$ ,经多次杂交产生的后代基因型为  $X^B X^b$ (花斑色雌猫)和  $X^b Y$ (黑色雄猫),无红毛猫性状。其后代中其表现型及比例为:花斑色雌猫 : 黑色雄猫 = 1 : 1。

37. (15 分,除标注外,每空 2 分)

此题考查果酒与果醋的制作这一探究实验,主要测量学生的综合分析能力。

(1)重铬酸钾溶液 在酸性环境下,重铬酸钾能与酒精发生化学反应,变成灰绿色(3 分) 混入了醋酸菌,发酵时处于通气状态

(2)醋酸 异养需氧型 (3)体积分数为 70%的酒精 氧气和糖源

**【解析】**(1)用苹果汁发酵制作果酒,可用橙色的重铬酸钾溶液进行检测,因为在酸性环境下,重铬酸钾能与酒精发生化学反应,变成灰绿色。在酿酒过程中,如果酿制的果酒没有酒味,只有浓烈的醋味,说明此时酿制的酒在有氧条件下进一步反应,形成了醋酸。造成这一现象的原因可能是混入了醋酸菌,发酵时处于通气状态。

(2)用苹果汁制果醋,要选用醋酸菌进行发酵,醋酸菌的新陈代谢类型为异养需氧型。

(3)无论用新鲜苹果汁酿制果酒还是果醋,为防止发酵液被污染,发酵瓶要用体积分数为 70%的酒精消毒,制果醋过程中,当氧气和糖源都充足时,醋酸菌将苹果汁中的糖分解成醋酸。

38. (15 分,除标注外,每空 2 分)

此题考查与哺乳动物胚胎干细胞相关的内容,测量学生的综合分析能力。

(1)外(1 分) 牛黄酸或丁酰环腺苷酸(任选其一)

(2)胰蛋白酶或胶原蛋白酶(任选其一) 血清或血浆(任选其一) 有丝分裂

(3)灭活的病毒 杂交细胞 突破了有性杂交方法的局限,使远缘杂交成为可能

**【解析】**(1)哺乳动物的胚胎干细胞是由早期胚胎或原始性腺中分离出来的一类细胞,在体外培养的条件下,ES 细胞可以增殖而不发生分化。在研究体外细胞分化时,在 ES 细胞的培养液中需添加诱导因子,如牛黄酸、丁酰环腺苷酸等,可诱导 ES 细胞向不同类型的组织细胞分化。

(2)将人的 ES 细胞进行细胞培养时,要用胰蛋白酶或胶原蛋白酶分散细胞,制成细胞悬液,放入培养瓶中使用合成培养基进行细胞培养时,通常要加入血清、血浆等一些天然成分。ES 细胞主要通过有丝分裂的方式进行增殖。

(3)将来源于两种不同哺乳动物的两个 ES 细胞进行细胞融合,常用的生物诱导因素是灭活的病毒。经融合后形成的细胞被称为杂交细胞,动物融合技术的意义在于突破了有性杂交方法的局限,使远缘杂交成为可能。



7. A 传承中华优秀传统文化是教育部考试中心重点强调的各个学科均需要考查的内容之一,该试题意在引导学生从化学视角认识中华优秀传统文化,试题考查内容涉及化学基本概念“焰色反应”与“显色反应”的区别、物质成分的判断、物质变化过程中现象的分析等等。

**【解析】**“落红”指花,含有植物蛋白及纤维素等,从化学物质成分角度分析可知选项 A 正确;烟火诗中“纷纷灿烂如星陨,赫赫喧腾似火攻”描述了焰色反应的现象,而不是化学变化中的显色反应,选项 B 错误;从化学物质分类角度分析,“飞絮”和“棉花”的成分相似,主要成分为纤维素,诗词中“马尾”主要成分为蛋白质,选项 C 错误;“香炉”是庐山的一个山峰,瀑布形成的水雾胶体,在日光照射下产生丁达尔现象,而不是碘的升华现象,选项 D 错误。

8. D 试题通过有机物分子模型观察,获取有关的感性知识和印象,并进行初步加工、吸收,考查学生分析和解决问题的能力,该题型为 2017 年高考题型示例中新增加的题型之一,预计可能为 18 年高考考查的题型。

**【解析】**根据图示可以得出白球表示 H 原子、绿球表示 C 原子、红球表示 O 原子、蓝球表示 N 原子,该球棍模型实质表示的是甘氨酸( $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ),因为具有羧基、氨基,均是亲水基团,易溶于水,选项 A 错误;碳氧双键中碳原子采用  $\text{sp}^2$  杂化,决定了一个平面构型,C—O 键、C—C 键、C—N 键均可旋转,由此推理最多可以有 7 个原子共平面,选项 B 错误;氨基酸可以发生缩聚反应而不是加聚反应,选项 C 错误;分子中含有氨基和羧基两种官能团,选项 D 正确。

9. B 本题立足学科特点考查考生基本的实验分析、操作能力以及实验设计与评价等。

**【解析】**85℃时  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液与  $\text{NaNO}_2$  反应制备  $\text{N}_2$ ,利用水浴加热可使装置甲受热均匀且  $\text{N}_2$  气流平稳,A 项错误;在加热过程中  $\text{FeSO}_4$  可能会被空气中氧气氧化,故而先通入  $\text{N}_2$  排尽氧气防止干扰,B 项正确; $\text{BaCl}_2$  溶液可检验  $\text{SO}_3$ ,品红溶液检验  $\text{SO}_2$  气体,由于  $\text{SO}_3$  易与水反应,故先检验  $\text{SO}_3$  后检验  $\text{SO}_2$ ,C 项错误; $\text{NaOH}$  溶液可吸收尾气,但装置丁中应装一导气管连通大气,D 项错误。

10. D 本题借助新型电池考查原电池基本工作原理,意在考查考生运用所学知识读图、分析和解决问题的能力。

**【解析】**根据原电池基本工作原理结合  $\text{Na}-\text{CO}_2$  电池结构,可知多壁碳纳米管作正极, $4\text{Na}^+ + 3\text{CO}_2 + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ ,选项 A 正确;钠电极作负极, $\text{Na} - \text{e}^- \longrightarrow \text{Na}^+$ ,根据电子守恒,可以计算得出选项 B 正确;多壁碳纳米管不仅能够导电,而且具有较大的比表面积,吸附性强,所以其作用主要是导电及吸附  $\text{CO}_2$ ,选项 C 正确; $\text{NaClO}_4$  在四甘醇二甲醚中传导  $\text{Na}^+$ ,从负极移向正极,若用食盐水代替四甘醇二甲醚,负极金属钠可与水直接反应,影响电池工作,选项 D 错误。

11. C “大题小做”试题在 2017 年新课标 I 卷呈现,得到了较好的评价,如何考查化学实验,在解决具体的化学问题的过程中,运用化学原理和科学方法,可以借助化学小实验综合考查。该试题基于该思想命制。该试题重点考查了实验仪器的选取、实验操作的步骤、物质检验的方法等。

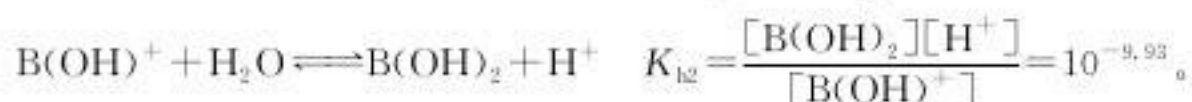
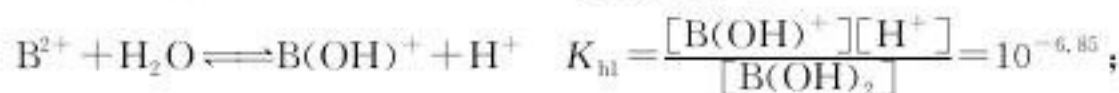
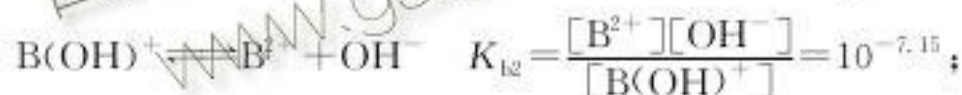
**【解析】**饱和  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液与  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液混合后,由于  $\text{NaHCO}_3$  的溶解度较小,  $\text{NaHCO}_3$  会从混合液中析出,固体 a 为  $\text{NaHCO}_3$ ,注意滤液 a 中仍含有较多的  $\text{NaHCO}_3$ ,加入稀硫酸后,转化为  $\text{CO}_2$  逸出,气体 a 即为  $\text{CO}_2$ 。从流程图可以看出,操作 I 为过滤操作,为了加快过滤速度,一般采用抽滤,普通滤纸抽滤时易破损,一般采用玻璃纤维代替滤纸,选项 A 正确;操作 II 是从溶液中获取溶质的过程,其基本操作为蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥,选项 B 正确;使用  $\text{NaOH}$  试剂可以检验铵明矾的一种阳离子,但是检验  $\text{SO}_4^{2-}$  离子时,需要使用盐酸和氯化钡二种试剂,选项 C 错误; $\text{CO}_2$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  饱和溶液反应可以得到  $\text{NaHCO}_3$  晶体,选项 D 正确。



12. A 本题考查元素推断和物质推断,意在考查考生灵活运用常见元素原子结构、元素化合物的性质进行推断的能力,以及物质的性质等基础知识。

【解析】X、Z 具有 18 电子的氢化物可反应生成淡黄色固体,可知是  $\text{H}_2\text{O}_2$  与  $\text{H}_2\text{S}$  反应生成 S,所以 X、Z 分别为 O、S。W 与 X 同周期且相邻,且 W 原子序数比 X 小,可知 W 为 N。Y 元素是地壳中含量最高的金属元素可知 Y 为 Al。Al、S 元素的最高价氧化物对应的水化物分别为  $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  可相互反应生成  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , A 项正确;根据简单离子半径大小规律可知  $r(\text{Y}) < r(\text{X}) < r(\text{W}) < r(\text{Z})$ , B 项错误;N 的一些氧化物,如  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$  等不属于酸性氧化物, C 项错误;W 和 Z 的氢化物分别为  $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  分子间存在氢键,故  $\text{NH}_3$  的沸点大于  $\text{H}_2\text{S}$ , D 项错误。

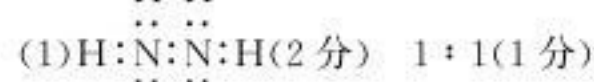
13. D 本题考查弱碱电离平衡和溶液中离子浓度大小以及考生图象分析能力。



$10^{-8} < 10^{-7.15} < 10^{-7}$ , 因此  $K_{\text{b2}}[\text{B}(\text{OH})_2]$  的数量级为  $10^{-8}$ , A 项正确。B(OH)Cl 溶液中由于  $(K_{\text{b2}} = 10^{-7.15}) > (K_{\text{a2}} = 10^{-9.93})$  可知  $\text{B}(\text{OH})^+$  的电离程度大于水解程度,故  $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ , B 项正确。 $\text{BCl}_2$  的  $K_{\text{b1}} = 10^{-6.85}$ ,  $\text{B}(\text{OH})\text{Cl}$  的  $K_{\text{b2}} = 10^{-7.15}$  可知  $\text{B}^{2+}$  的水解程度大于  $\text{B}(\text{OH})^+$  的电离程度,故  $\delta(\text{B}^{2+}) < \delta[\text{B}(\text{OH})^+]$ , C 项正确。利用代入反证法,若  $\delta[\text{B}(\text{OH})_2] = \delta[\text{B}(\text{OH})^+]$ , 则  $c[\text{B}(\text{OH})_2] + 2c(\text{B}^{2+}) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$  可变形得  $c[\text{B}(\text{OH})^+] + 2c(\text{B}^{2+}) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ , 违反了电荷守恒, D 项错误。

26. (14 分)

本题借助陌生物质叠氮酸钠考查元素化合物的制备、分离提纯、纯度计算以及仪器识别、作用分析、实验原理等。



(2) 使  $\text{CH}_3\text{ONO}$  气体与溶液充分接触(其他合理答案均可,如增大  $\text{CH}_3\text{ONO}$  蒸汽与反应液接触面积,加快反应速率或使反应物能够充分反应等)(1 分)



(4) 冷凝水从下口进上口出是为了使冷水与甲醇蒸气的接触面积大,上下对流,接触时间长,提高冷凝效果(1 分)

(5) 甲醇的沸点为  $64.7^\circ\text{C}$ , 而  $\text{NaN}_3$  在  $40^\circ\text{C}$  时分解,因此蒸馏甲醇时需要降低甲醇的沸点,采用减压蒸馏(2 分)

(6) BC (2 分)

(7) 97.00% (3 分,写 97.0%、0.97 或 97% 不扣分)

【解析】(1) 根据教材所学习的氨气分子电子式,可以推理得出  $\text{N}_2\text{H}_4$  的电子式为  $\text{H}:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{N}}}\text{:}\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{N}}}\text{:H}$ ;

$\text{NaN}_3$  晶体中,注意  $\text{N}_3^-$  为原子团,阴离子与阳离子个数比为 1:1。



(2)根据装置特点,装置中多孔球泡可以使  $\text{CH}_3\text{ONO}$  气体与溶液充分接触,增大  $\text{CH}_3\text{ONO}$  蒸汽与反应液接触面积,加快反应速率,使反应物能够充分反应等。

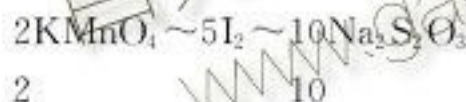
(3)根据元素守恒,可以得出反应为  $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{ONO} + \text{NaOH} \xrightarrow{30^\circ\text{C}} \text{NaN}_3 + \text{CH}_3\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$

(4)根据信息,可以得出采用了逆流原理,冷凝水从下口进上口出是为了使冷水与甲醇蒸气的接触面积大,接触时间长,提高冷凝效果。

(5)根据压强影响沸点的结论,可以得出答案。

(6)减压蒸馏过程中,可通过调节毛细管导入空气量,毛细管下端产生一连串小气泡可成为气化中心,防止液体暴沸,故毛细管的作用是作为液体沸腾的气化中心,使沸腾平稳进行。故 B、C 正确。

(7)根据已知反应方程式关系可知,



$$0.0006\text{mol} \quad 0.100\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.03\text{L}$$

与  $\text{NaN}_3$  反应的  $\text{KMnO}_4$  的物质的量为  $1.00\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.02\text{L} - 0.0006\text{mol} = 0.0194\text{mol}$ ;



$$10 \quad 2$$

$$0.097\text{mol} \quad 0.0194\text{mol}$$

$$m(\text{NaN}_3) = 0.097\text{mol} \times 65\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 6.305\text{g}$$

$$\text{样品纯度} = \frac{6.305\text{g}}{6.50\text{g}} \times 100\% = 97.00\%$$

## 27. (14 分)

本题考查无机化工流程,涉及书写陌生的化学方程式、溶度积计算、控制条件、图象分析等,意在考查考生的综合应用能力。

(1)  $\text{ZrSiO}_4 + 4\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{ZrO}_3 + \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$  (2 分)

(2)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (1 分) 粘合剂(或防火剂等) (1 分)

(3)  $\text{Na}_2\text{ZrO}_3 + 4\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Na}^+ + \text{ZrO}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$  (2 分)

(4)  $\text{ZrO}^{2+}$  浓度越大  $\text{ZrO}_2$  粒径越大 (2 分)

(5)当  $\text{ZrO}^{2+}$  完全沉淀时,由  $K_{\text{sp}}[\text{ZrO}(\text{OH})_2] = c(\text{ZrO}^{2+}) \times c^2(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-5} \times c^2(\text{OH}^-) = 4.0 \times 10^{-26}$  可知  $c(\text{OH}^-) = 6.32 \times 10^{-11}$ 。 $Q_c[\text{Fe}(\text{OH})_3] = c(\text{Fe}^{3+}) \times c^3(\text{OH}^-) = 0.03 \times (6.32 \times 10^{-11})^3 = 7.57 \times 10^{-33} > K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 8.0 \times 10^{-38}$ ,此时  $\text{Fe}^{3+}$  已经沉淀。因此,无法通过调节溶液 pH 制得纯净的  $\text{ZrO}(\text{OH})_2$  (3 分)

(6)  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  (1 分) 在失重相同的情况下,升温速率快时,分解所需温度相对较高(其他合理答案均可,如在相同温度下,升温速率高时,失重百分率小) (2 分)

【解析】(1)根据水洗后得滤饼主要成分为  $\text{Na}_2\text{ZrO}_3$ ,可猜测该反应为  $\text{ZrSiO}_4 + 4\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{ZrO}_3 + \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2)从“碱熔”发生的反应可推知滤液主要成分为  $\text{NaOH}$  和  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,其中  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  常用作粘合剂、防火剂等。

(3)根据流程图中信息  $\text{Na}_2\text{ZrO}_3$  与盐酸反应生成  $\text{ZrO}^{2+}$ ,即可推知离子反应为  $\text{Na}_2\text{ZrO}_3 + 4\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Na}^+ + \text{ZrO}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(4)根据图象走势很容易分析出结论: $\text{ZrO}^{2+}$  浓度越大  $\text{ZrO}_2$  粒径越大。



(5) 当  $ZrO^{2+}$  完全沉淀时, 由  $K_{sp}[ZrO(OH)_2] = 4.0 \times 10^{-26} = c(ZrO^{2+}) \times c^2(OH^-) = 1.0 \times 10^{-5} \times c^2(OH^-)$  可知  $c(OH^-) = 6.32 \times 10^{-11}$ 。

$Q_c[Fe(OH)_3] = c(Fe^{3+}) \times c^3(OH^-) = 0.03 \times (6.32 \times 10^{-11})^3 = 7.57 \times 10^{-33} > K_{sp}[Fe(OH)_3] = 8.0 \times 10^{-38}$ , 此时  $Fe^{3+}$  已经沉淀。因此, 无法通过调节溶液 pH 制得纯净的  $ZrO(OH)_2$ 。

(6) 对比四条曲线可知  $ZrO(OH)_2$  煅烧制取纳米  $ZrO_2$  时, 在失重相同的情况下, 升温速率越快, 分解所需温度相对较高, 因此最佳升温速率为  $5^\circ C/min$ 。

28. (15分)

本题主要考查盖斯定律和化学平衡知识的综合应用。

(1)  $NO_2$  和碳氢化合物(HC) (1分, 仅回答出一种气体不得分)

(2)  $2\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$  (2分) 两个反应均为放热量大的反应 (1分) 降低温度、增大压强 (1分)

找到合适的催化剂 (1分)

(3)  $2g \cdot L^{-1}$  (1分) 钨的负载量过大时在高温下可能使钨颗粒烧结, 致使催化剂活性降低 (2分, 只答催化剂活性降低可得1分)

(4) ① 42.0% (2分, 写 42% 不扣分) 0.118 (2分, 写 0.12 或  $\frac{441}{3741}$  不扣分) ②  $<$  (1分)  $<$  (1分)

【解析】(1) 光化学烟雾污染是  $NO_2$  和碳氢化合物(HC)共同作用的结果, 碳氢化合物被氧化为刺激性气味的醛类, 学生易错误理解为仅仅是氮的氧化物引起。

(2) 根据盖斯定律可知反应④ = 反应①  $\times$  2 + 反应② - 反应③, 因此  $\Delta H_4 = 2\Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$ ; 由于反应④⑤均是放出热量较多的反应, 产物能量较低, 故两个反应在热力学上趋势很大; 反应④⑤均是放热反应且气体分子数减小的反应, 故降低温度和增大压强均有利于反应正向进行, 从而提高  $NO$  转化率; 为了避免  $NO$  与  $H_2$  反应生成  $NH_3$ , 使  $NO$  尽可能参与④⑤反应, 提高反应选择性的关键是找到合适的催化剂。

(3) 根据图象分析可知当钨的负载量在  $2g \cdot L^{-1}$  时三种尾气的转化率最大; 钨的负载量在  $2g \cdot L^{-1}$  时催化剂表面钨颗粒可能已经饱和, 若钨的负载量过大时在高温下可能使钨颗粒烧结, 致使催化活性中心减少, 催化剂活性降低。

(4) ① 设反应达平衡后  $CO$  转化  $x$  mol, 则有:

	$CO(g)$	+	$H_2O(g)$	$\rightleftharpoons$	$CO_2(g)$	+	$H_2(g)$
起始/mol	0.10		0.30		0		0
转化/mol	$x$		$x$		$x$		$x$
生成/mol	$0.10 - x$		$0.30 - x$		$x$		$x$

$$n\%(CO_2) = \frac{x}{0.40} \times 100\% = 10.5\%, \text{ 可知 } x = 0.042, \alpha_1 = \frac{0.042}{0.10} \times 100\% = 42.0\%,$$

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{n(CO_2) \times n(H_2)}{n(CO) \times n(H_2O)} = \frac{0.042 \times 0.042}{0.058 \times 0.258} \approx 0.118$$

② 温度升高后  $CO_2$  的物质的量分数由 10.5% 降为 8.3%, 可知平衡逆向移动, 故  $a_2 < a_1$ , 且为放热反应。

35. [化学——选修3: 物质结构与性质] (15分)

本题主要考查物质结构与性质的综合应用。突破性考查较复杂的离子晶胞结构分析。

(1)  $3d^6 4s^2$  (1分) 4 (2分)

(2)  $Fe^{3+}$  的价电子排布为  $3d^5$ , 处于半充满状态, 能量较  $Fe^{2+}$  低, 更稳定 (2分)

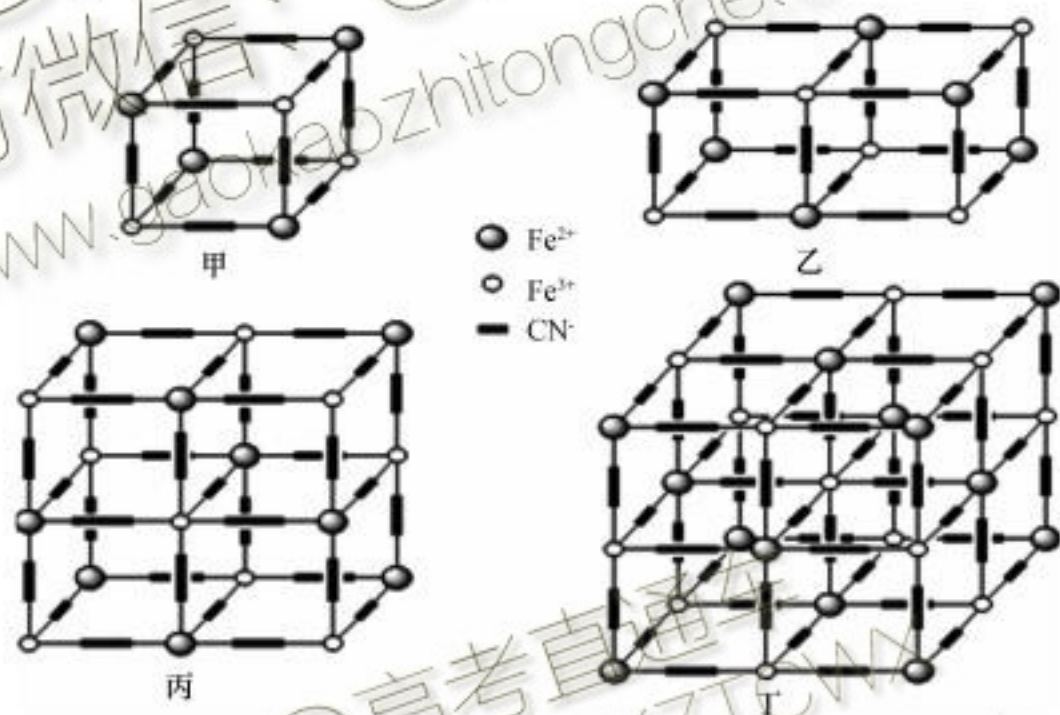
(3)  $N > C > Fe > K$  (2分)

(4)  $sp$  (2分)  $C_2^{2-}$  ( $N_2, CO, NO^+$  或其他合理答案均可) (2分)

(5)  $KFe[Fe(CN)_6]$  [或  $K_3Fe_2(CN)_6$ ] (2分)  $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$  (2分)



- 【解析】**(1) Fe 元素原子核外有 26 个电子, 价电子在 3d4s 轨道上, 因此基态 Fe 原子的价电子排布式为  $3d^6 4s^2$ , 根据鲍林不相容原理和洪特规则可知基态 Fe 原子在 3d 轨道上有 4 个未成对电子。
- (2) 根据洪特规则原子轨道处于全满、半充满、全空时能量最低, 故  $Fe^{3+}$  能量最低也最稳定。
- (3) 根据第一电离能的变化规律很容易判断出第一电离能的大小关系为  $N > C > Fe > K$ 。
- (4) 根据价电子互斥理论可知  $CN^-$  离子中 C 原子的杂化方式为  $sp$ ; 等电子体是指价电子数和原子数相同的分子、离子或基团, 围绕  $CN^-$  可推出  $C_2^{2-}$ 、 $N_2$ 、 $CO$ 、 $NO^+$  等。
- (5) 结合普鲁士蓝晶胞  $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$  结构及整个晶胞结构, 利用分割法计算普鲁士蓝化学式

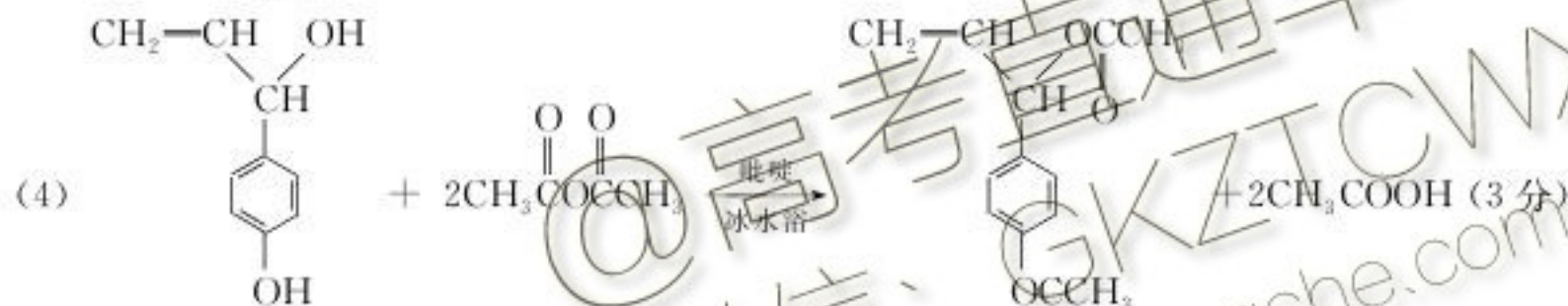
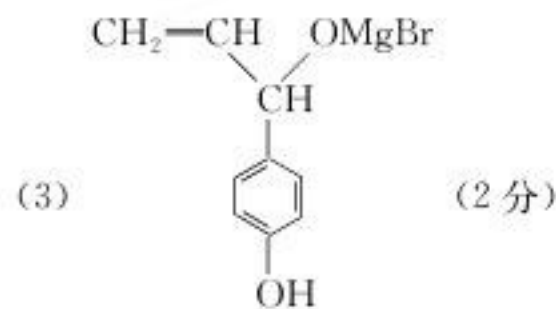


$Fe^{2+}$  处于顶点 8 个, 面心 6 个即 4 个  $Fe^{2+}$ ;  $Fe^{3+}$  处于棱 42 个, 体心 1 个即 4 个  $Fe^{3+}$ ;  $CN^-$  处于棱 24 个即 24 个  $CN^-$ , 体内 6 个, 面上 24 个;  $K^+$  在一个晶胞中含有 4 个, 因此  $N(K^+) : N(Fe^{2+}) : N(Fe^{3+}) : N(CN^-) = 1 : 1 : 1 : 6$ , 即亚铁氰化钾铁的化学式为  $KFe[Fe(CN)_6]$  [或  $KFe_2(CN)_6$ ]。根据 A、B、C 点三维坐标即可推知 D 点坐标为  $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ 。

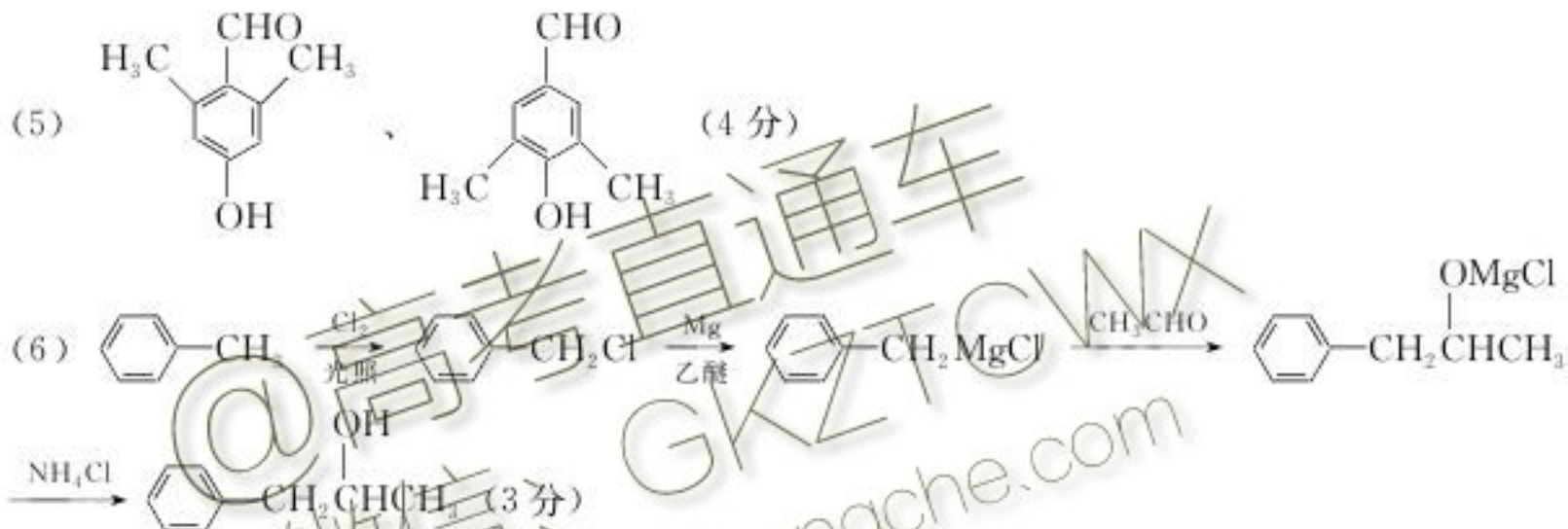
36. [化学——选修 5: 有机化学基础] (15 分)

本题结合有机合成考查多种有机物间的转化、同分异构体的书写、设计有机物合成路线等。

- (1) 乙炔(1 分)      (2) 加成反应(1 分)      氧化反应(1 分)







**【解析】**本题重在分析已知中物质结构变化。(1)根据C的结构简式结合已知逆推可知A为乙炔、B为溴乙烯。(2)根据结构变化可推知反应①、反应②的反应类型分别是加成反应、氧化反应。(3)C→D的反应相当于是—CHO的加成即可知D的结构。(5)X能发生银镜反应说明含有一CHO;X遇FeCl<sub>3</sub>溶液显紫色说明含有酚羟基;X的核磁共振氢谱显示有4种不同化学环境的氢,其峰面积比为6:2:1:1,说X为对称结构且含有两个甲基;综合以上信息即可推出X的结构。(6)参考题干路线B→C→D→E,即可设计出合成路线。

高考直通车



14. A 考查近代物理学史实。

【解析】汤姆孙求出了电子的比荷，而精确测定电子电荷量的是密立根。

15. D 考查远距离输电。

【解析】设输电功率为  $P$ ，输电电压为  $U$ ，输电线的电阻为  $R$ ，则输电线路中的电流  $I = \frac{P}{U}$ ，输电线上损失的功率  $P_{损} = I^2 R_{线} = \frac{P^2}{U^2} R_{线}$ ，而由电阻定律  $R_{线} = \rho \frac{L}{S}$ ，所以  $S = \frac{\rho L P^2}{P_{损} U^2}$ 。而  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{2}{3}$ ，解得  $\frac{S_1}{S_2} = \frac{9}{4}$ 。

16. A 考查匀变速直线运动规律的应用。

【解析】设舰载机起飞速度为  $v_1$ ，加速度为  $a$ ，航母速度为  $v$ 。舰载机从静止的航母上起飞，由运动学公式  $v_1^2 = 2aL_1$ ；舰载机从匀速运动的航母上起飞，由运动学公式  $(v_1 - v)^2 = 2aL_2$ ，联立解得  $v =$

$$\frac{\sqrt{L_1} - \sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1}} v_1, \text{ 代入数据得 } v \approx 16 \text{ m/s}。$$

17. A 考查物体的平衡和牛顿运动定律的应用。

【解析】设圆柱  $P$ 、 $Q$  的圆心连线与水平方向的夹角为  $\theta$ 。以  $P$ 、 $Q$  为整体，

分析受力： $F_{N2} = (m_P + m_Q)g$ ，故  $F_{N2}$  保持不变；

分析  $Q$  受力： $F \sin \theta = m_Q g$ ， $F \cos \theta - F_{N3} = m_Q a$ ，故  $F$  保持不变， $F_{N3}$  减小；分析  $P$  受力： $F_{N1} - F \cos \theta = m_P a$ ，故  $F_{N1}$  增大。

18. AD 考查圆周运动的向心力。

【解析】列车转弯时，外侧轨道高于内侧轨道，可以使轮缘恰好与内、外轨间都无挤压；当车速低于  $v_c$  时，需要的向心力减小，故内侧轨道挤压轮缘。

19. AD 考查电流的磁场、楞次定律的应用。

【解析】送电线圈上的电流由端口 1 流入，由端口 2 流出，由安培定则可以判断，送电线圈中轴线  $OO'$  上的磁场方向水平向左；电流逐渐增强时，穿过送电线圈中向左的磁场增强，由楞次定律，受电线圈中感应电流的磁场向右，由安培定则可以判断，受电线圈中产生由端口 4 流入、由端口 3 流出的感应电流，故端口 3 为电源的正极。

20. CD 考查  $x-t$  图象和动量守恒定律。

【解析】由  $x-t$  图象可知，碰撞前滑块  $a$ 、 $b$  的运动方向相反；碰撞后滑块  $b$  的速度大小  $v_b' = -1 \text{ m/s}$ ；

滑块  $a$ 、 $b$  碰撞过程动量守恒： $m_a v_a + m_b v_b = m_a v_a' + m_b v_b'$ ，

而  $m_a = 80 \text{ g}$ ， $v_a = -5 \text{ m/s}$ ， $v_a' = 0$ ， $v_b = 3 \text{ m/s}$ ，解得  $m_b = 100 \text{ g}$ ；

碰撞前后滑块  $a$ 、 $b$  组成的系统损失的动能为  $E_k = \frac{1}{2} m_a v_a^2 + \frac{1}{2} m_b v_b^2 - \frac{1}{2} m_b v_b'^2 = 1.4 \text{ J}$ 。

21. ABC 考查带电粒子在匀强电场中的加速和偏转。

【解析】小球在加速电场中加速  $qU_1 = \frac{1}{2} m v_0^2$ ，偏转电场上板带正电时，小球处平衡状态，有  $\frac{qU_2}{d} = mg$ ，

下板带正电时，小球类平抛运动，有  $\frac{d}{2} = \frac{1}{2} \cdot \left( g + \frac{qU_2}{md} \right) \cdot \left( \frac{L}{v_0} \right)^2$ ，联立解得  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{L^2}{16d^2}$ ；

为使小球恰好从下极板偏出，设下板加正向电压，有  $\frac{d}{2} = \frac{1}{2} \cdot \left( g - \frac{qU_2'}{md} \right) \cdot \left( \frac{L}{v_0} \right)^2$ ，解得  $U_2' = -\frac{7U_2}{8}$ ，即上板加正向电压  $U_2 = \frac{7U_2}{8}$ ；



为使小球恰好从上极板偏出, 设上板加正向电压  $\frac{d}{2} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{qU_2'}{md} - g \right) \cdot \left( \frac{L}{v_0} \right)^2$ , 解得  $U_2' = \frac{9U_2}{8}$ ,

即上板加正向电压  $U_2' = \frac{9U_2}{8}$ ; 显然其他条件不变, 下板加正向电压时, 小球不能从两板间射出。

22. 考查长度(角度)的测量, 测量弹丸速度的实验原理, 实验条件的控制等基础实验能力。

(1) 22.4 (1分, 22.1~22.7 均正确)

(2)  $v = \frac{m+M}{m} \sqrt{2gl(1-\cos\theta)}$  (2分)

(3) 摆块在推动指针偏转时, 要克服摩擦力做功, 故应使指针先停留在适当的高度, 以减少能量的损耗。(2分, 其他理由, 如“过大的速度碰撞指针要损失较多的机械能”、“指针摆动较长的距离损失的机械能较多”等, 只要合理均给2分)

【解析】(1) 22.4 (22.1~22.7 均正确)

(2) 弹丸射入摆块内, 系统动量守恒:  $mv = (m+M)v'$ ,

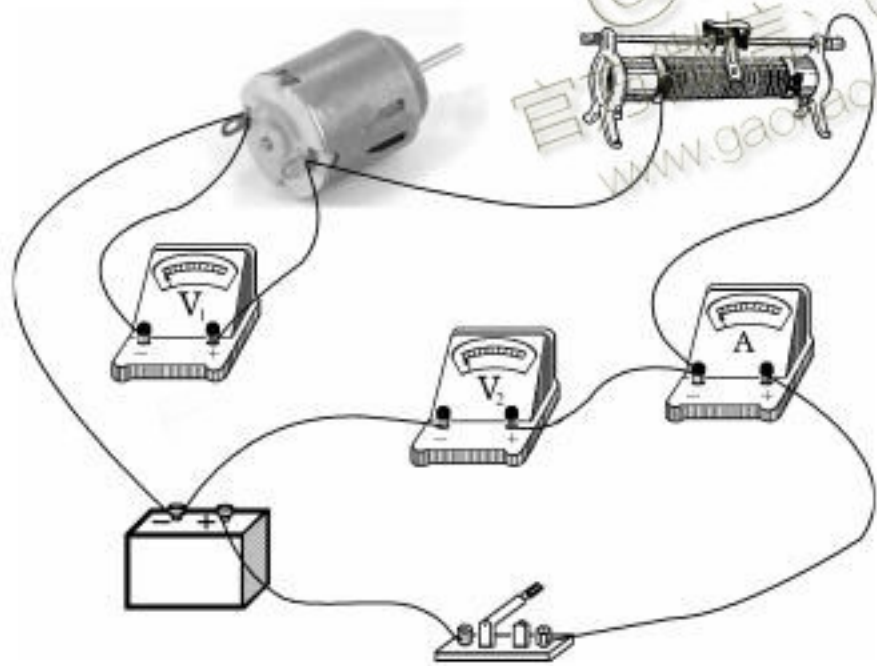
摆块向上摆动, 机械能守恒:  $\frac{1}{2}(m+M)v'^2 = (m+M)gl(1-\cos\theta)$ ,

联立解得:  $v = \frac{m+M}{m} \sqrt{2gl(1-\cos\theta)}$ 。

(3) 摆块在推动指针偏转时, 要克服摩擦力做功, 故应使指针先停留在适当的高度, 以减少能量的损耗。

23. 考查实物连图, 电表读数等基础实验能力; 考查利用图象分析实验结果的探究能力。

(1) 如图所示。(3分)



(2) 2.20 (2分)

(4) 3.00 (1分), 5.00 (1分), 4.00 (1分), 0.134 (2分)

【解析】(1) 按照电路图连接。

(2) 电压表的最小刻度为 0.1V, 估读到最小刻度的下一位, 故读数为 2.20V。

(4) 由图象可知, AB 段反映的是路端电压与干路电流的关系, 故线段与纵轴的交点为电源的电动势, 即  $E = 3.00\text{V}$ ; 图象的斜率等于内阻, 即  $r = 5.00\Omega$ ; CDB 段是电动机上的电压和电流的关系, 而 CD 段是直线, 即电动机没有转动, 可视为纯电阻电路, 所以其内阻  $r_M = 4.00\Omega$ 。加在玩具电动机上的最大电压是 1.60V, 电流是 0.280A, 工作点 B 对应的输出功率为  $P_{\text{出}} = 1.60 \times 0.280\text{W} - 0.280^2 \times 4.00\text{W} = 0.134\text{W}$ 。



24. 考查受力分析、物体的平衡。

(1)  $m_1 : m_2 = \sqrt{3} : 1$     (2)  $\theta = 30^\circ$

【解析】(1) 三棱柱转动之前, 物块  $P$  恰好不向下滑动。分析  $P$  的受力, 有

$F_{f1} = \mu F_{N1}$  ..... (1分)

$F_{N1} = m_1 g \cos \alpha$  ..... (1分)

$m_1 g \sin \alpha + F_{f1} = F_T$  ..... (1分)

分析  $Q$  的受力, 有

$F_{f2} = \mu F_{N2}$  ..... (1分)

$F_{N2} = m_2 g \cos \beta$  ..... (1分)

$m_2 g \sin \beta + F_{f2} = F_T$  ..... (1分)

解得  $\frac{m_1}{m_2} = \sqrt{3}$  ..... (1分)

(2) 三棱柱转动  $\theta$  角后, 物块  $Q$  恰好不下滑。分析  $Q$  的受力, 有

$F'_{f2} = \mu F'_{N2}$  ..... (1分)

$F'_{N2} = m_2 g \cos(\beta + \theta)$  ..... (1分)

$m_2 g \sin(\beta + \theta) + F'_{f2} = F'_T$  ..... (1分)

分析  $P$  的受力, 有

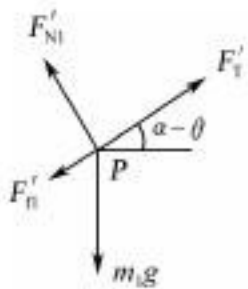
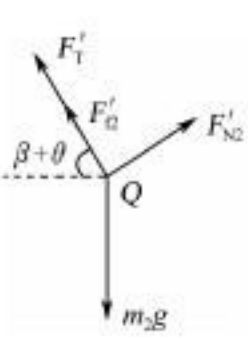
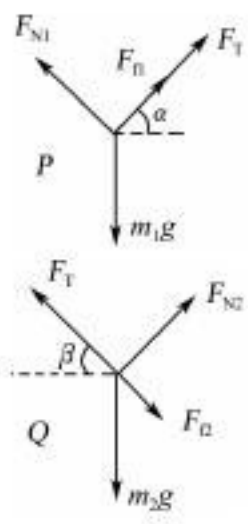
$F'_{f1} = \mu F'_{N1}$  ..... (1分)

$F'_{N1} = m_1 g \cos(\alpha - \theta)$  ..... (1分)

$m_1 g \sin(\alpha - \theta) + F'_{f1} = F'_T$  ..... (1分)

解得  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{\sin(30^\circ + \theta)}{\sin(60^\circ - \theta)}$

所以  $\theta = 30^\circ$  ..... (1分)



25. 考查带电粒子在匀强磁场中的运动。

(1)  $\frac{\pi}{6} \times 10^{-6} \text{ s}$     (2)  $0 \leq y \leq 0.8 \text{ m}$     (3)  $0.4 \text{ m}$

【解析】(1) 设粒子在磁场中匀速圆周运动的半径为  $r$ , 由牛顿第二定律

$qvB = \frac{mv^2}{r}$  ..... (2分)

解得  $r = 0.4 \text{ m}$  ..... (1分)

如图 1 所示, 经过  $(-0.1 \text{ m}, 0)$  的粒子进入圆形区域的时间

最短, 由几何关系得  $\sin \theta = \frac{MD_0}{D_0O_0} = \frac{0.2}{0.4} = 0.5$  ..... (1分)

由圆周运动公式

$T = \frac{2\pi r}{v}$  ..... (1分)

$t = \frac{\theta}{2\pi} T$  ..... (1分)

联立解得

$t = \frac{\pi}{6} \times 10^{-6} \text{ s}$  (或  $0.52 \times 10^{-6} \text{ s}$ ) ..... (2分)

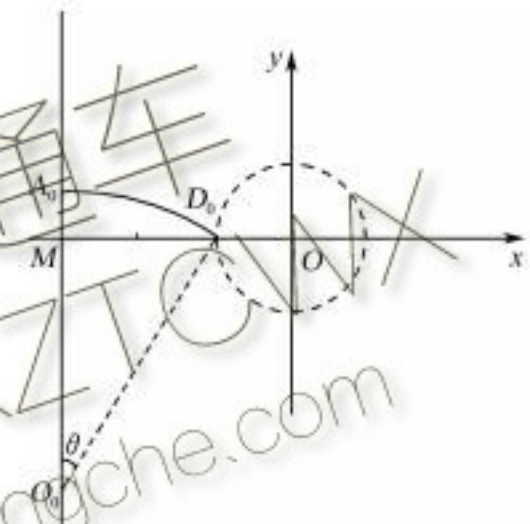


图 1



(2)如图 2 所示,在  $A_1$  点发射的粒子恰好能进入圆形区域。由几何关系

$$O_1M = \sqrt{O_1O^2 - MO^2}, A_1M = A_1O_1 + O_1M$$

$$\text{解得 } A_1M = 0.8\text{m} \quad \dots\dots\dots (2\text{分})$$

如图 2 所示,在  $A_2$  点发射的粒子恰好能进入圆形区域。由几何关系

$$O_2M = \sqrt{O_2O^2 - MO^2}$$

$$A_2M = O_2M - A_2O_2$$

$$\text{解得 } A_2M = 0 \text{ (即 } A_2 \text{ 与 } M \text{ 重合)} \quad \dots\dots\dots (2\text{分})$$

综上,在直线  $x = -0.3\text{m}$  上  $0 \leq y \leq 0.8\text{m}$  范围内发射的粒子才能进入圆形区域。..... (2分)

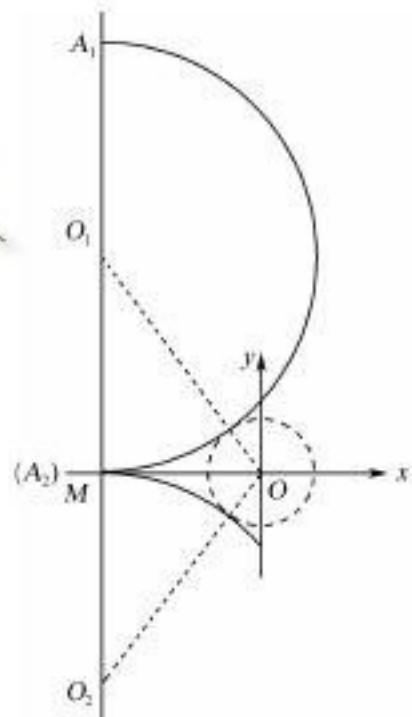


图 2

(3)如图 3 所示,粒子从原点  $O(0,0)$  发射,设初速度方向与  $x$  轴负方向成  $\theta$  角,轨迹与荧光屏相切与  $D$  点  $(-0.3, y)$ 。由几何关系

$$\sin\theta = \frac{\overline{O_3F}}{\overline{O_3C}} = \frac{0.1 + 0.1\cos\theta}{0.4} \quad \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$\text{解得 } \theta = 2\arcsin \frac{1}{\sqrt{17}} \quad \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$\text{而 } y_m = \overline{MD} = 0.1\sin\theta + 0.4\cos\theta \quad \dots\dots\dots (1\text{分})$$

$$\text{解得 } y_m = 0.4\text{m} \quad \dots\dots\dots (1\text{分})$$

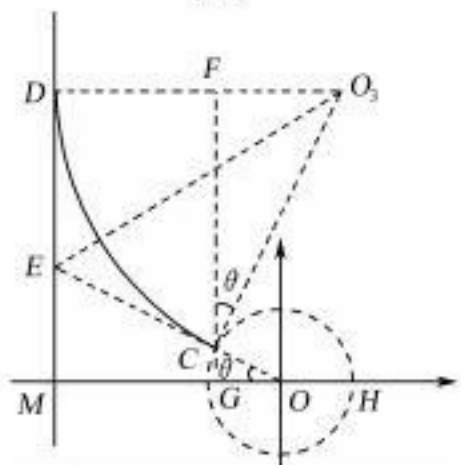


图 3

33. (1) ABD 考查理想气体的状态变化、热力学第一定律等。

【解析】理想气体从状态  $a$  变化到状态  $b$ ,  $p/\left(\frac{1}{V}\right) = pV = \text{常数}$ ,

故为等温变化;从状态  $b$  变化到状态  $c$ ,  $pV$  的乘积变大,即温度升高,气体内能增加;从状态  $c$  变化到状态  $d$ ,等压压缩,外界对气体做功;从状态  $d$  变化到状态  $a$ ,气体等容降温,由热力学第一定律,  $W=0, \Delta U < 0$ ,故  $Q < 0$ ,即气体放热;整个循环过程,外界对气体做功,内能不变,由热力学第一定律,气体吸收热量。

(2)考查理想气体状态方程的推导和应用。

(i)见解析 (ii)  $62.8\text{cm}^3$

【解析】(i)让气体保持温度  $T_1$  不变,体积从  $V_1$  变到  $V_2$ ,压强从  $p_1$  变到  $p_c$ 。由玻意耳定律  $p_1V_1 = p_cV_2$  ..... (2分)

再让气体保持体积  $V_2$  不变,温度从  $T_1$  变到  $T_2$ ,压强从  $p_c$  变到  $p_2$ 。由查理定律

$$\frac{p_c}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad \dots\dots\dots (2\text{分})$$

$$\text{联立解得 } \frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \quad \dots\dots\dots (2\text{分})$$

(ii)气体在初态时,压强  $p_1 = p_0 + \rho gh = 1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ,体积  $V_1 = 10 \times 10^{-6} \text{m}^3$ ,温度  $T_1 = 277\text{K}$ ; 气体在末态时,压强  $p_2 = p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ,体积为  $V_2$ ,温度  $T_2 = 290\text{K}$ 。

$$\text{由理想气体的状态方程 } \frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \quad \dots\dots\dots (2\text{分})$$

$$\text{解得 } V_2 = 62.8\text{cm}^3 \quad \dots\dots\dots (2\text{分})$$

34. (1)考查简谐运动的特点。



$$\frac{kA}{(M+m)g} \text{ (2分)}, \quad \sqrt{\frac{kA^2}{m+M}} \text{ (2分)}, \quad A \text{ (1分)}$$

【解析】两个物块一起振动,即加速度相同。系统的最大加速度为  $a_{\max} = \frac{F_{\max}}{M+m} = \frac{kA}{(M+m)}$ , 而  $m$  的加速度由二者之间的最大静摩擦力提供  $a_{\max} = \mu g$ , 所以  $\mu = \frac{kA}{(M+m)g}$ ; 它们经过平衡位置时, 机械能全部转化为动能, 故  $\frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}(m+M)v^2$ , 所以  $v = \sqrt{\frac{kA^2}{m+M}}$ ; 由于振动过程中系统机械能守恒, 而弹簧振子的总机械能与振幅的平方成正比, 所以振幅不变, 仍为  $A$ 。

(2)  $Q$  点在  $CP$  的延长线上, 距  $C$  点  $nR$  考查光的折射。

【解析】从  $P$  点向球面任意作一条光线  $PA$ , 与轴线夹角为  $\theta$ 。设光线在球面上的入射角为  $i$ , 折射角为  $r$ , 光路如图。

由折射定律  $n = \frac{\sin r}{\sin i}$  ..... (2分)

在  $\triangle PCA$  中, 由正弦定理  $\frac{PC}{\sin i} = \frac{R}{\sin \theta}$  即  $\frac{R}{\sin i} = \frac{R}{\sin \theta}$   
..... (2分)

解得  $r = \theta$  ..... (2分)

$AQ$  为折射光线的反向延长线, 有  $\triangle QAC \sim \triangle APC$ ,

所以  $\frac{QC}{AC} = \frac{AC}{PC}$ , 即  $\frac{QC}{R} = \frac{R}{nR}$  ..... (2分)

解得  $QC = nR$  .....

