

2003 年天津高考理综真题及答案

第 I 卷

(选择题共 22 题, 每题 6 分, 共 132 分)

注意事项:

1. 答第 I 卷前, 考生务必将自己的姓名、准考证号、考试科目涂写在答题卡上。
2. 每小题选出答案后, 用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑, 如需改动, 用橡皮擦干净后, 再选涂其他答案标号, 不能答在试题卷上。

在下列各题的四个选项中, 只有一个选项是最符合题目要求的。

以下数据可供解题时参考:

原子量: H 1 Li 7 Be 9 C 12 O 16 Na 23 Mg 24 P 31 Cl 35.5 K 39 Ca 40

1. 植物叶片从幼到老的整个生命活动过程中 ()
 - A. 有机物输出也输入, 矿质元素只输入
 - B. 有机物只输出, 矿质元素只输入
 - C. 有机物只输出, 矿质元素输入也输出
 - D. 有机物与矿质元素都既输入, 又输出
2. 在过氧化氢酶溶液中加入双缩脲试剂, 其结果应该是 ()
 - A. 产生气泡
 - B. 溶液呈蓝色
 - C. 溶液呈紫色
 - D. 产生砖红色沉淀
3. 取适量干重相等的 4 份种子进行不同处理: (甲) 风干, (乙) 消毒后浸水萌发, (丙) 浸水后萌发, (丁) 浸水萌发后煮着冷却, 消毒。然后分别放入 4 个保温瓶中。一段时间后, 种子堆内温度最高的是 ()
 - A. 甲
 - B. 乙
 - C. 丙
 - D. 丁
4. 据图判断, 下列叙述不符合生态学原理的是 ()



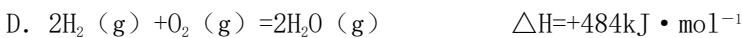
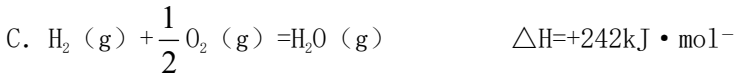
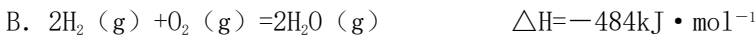
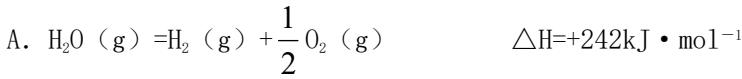
- A. 物质经过了多级利用，实现了良性循环
 B. 每一级生产环节都获得产品，提高了生态经济效益
 C. 由于食物链延长，能量逐级损耗，系统总能量利用效率降低
 D. 由于各级产物都可以利用，减少了废物和污染
5. 下列都属于免疫系统效应 T 细胞所产生的淋巴因子的是 ()
 A. 干扰素，胸腺素
 B. 组织胺、白细胞介素
 C. 组织胺、胸腺素
 D. 干扰素、白细胞介素
6. 甘薯种植多年后易积累病毒而导致品种退化。目前生产上采用茎尖分生组织离体培养的方法快速繁殖脱毒的种苗，以保证该品种的品质和产量水平，这种通过分生组织离体培养获得种苗的过程不涉及细胞的 ()
 A. 有丝分裂
 B. 分化
 C. 减数分裂
 D. 全能性
7. 采用基因工程的方法培育抗虫棉，下列导入目的基因的作法正确的是 ()
 A. ①②
 B. ②③
 C. ③④
 D. ④①
- ①将毒素蛋白注射到棉受精卵中
 ②将编码毒素蛋白的 DNA 序列，注射到棉受精卵中
 ③将编码毒素蛋白的 DNA 序列，与质粒重组，导入细菌，用该细菌感染棉的体细胞，再进行组织培养
 ④将编码毒素蛋白的 DNA 序列，与细菌质粒重组，注射到棉的子房并进入受精卵
- C. 生长激素分泌不足
 D. 生长激素分泌不足、睾丸发育不全
8. 人类探测月球发现，在月球的土壤中含有较丰富的质量数为 3 的氦，它可以作为未来核聚变的重要原料之一。氦的该种同位素应表示为 ()
 A. ${}^4_2\text{He}$
 B. ${}^3_2\text{He}$
 C. ${}^4_3\text{He}$
 D. ${}^3_3\text{He}$
9. 某无色混合气体可能由 CH_4 、 NH_3 、 H_2 、 CO 、 CO_2 和 HCl 中的某几种气体组成。在恒温恒压条件下，将此混合气体通过浓 H_2SO_4 时，总体积基本不变；通过过量的澄清石灰水，未见变浑浊，但混合气体的总体积减小，把剩余气体导出后，在 O_2 中能够点燃，燃烧产物不能使 CuSO_4 粉末变色。则原混合气体的成份是 ()
 A. HCl 和 CO
 B. HCl 、 H_2 和 CO
 C. CH_4 和 NH_3
 D. HCl 、 CO 和 CO_2
10. 将 $20\text{mL} 0.4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硝酸铵溶液跟 $50\text{mL} 0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氢氧化钡溶液混合，则混合溶液中各离子浓度的大小顺序是 ()
 A. $[\text{NO}_3^-] > [\text{OH}^-] > [\text{NH}_4^+] > [\text{Ba}^{2+}]$
 B. $[\text{NO}_3^-] > [\text{Ba}^{2+}] > [\text{OH}^-] > [\text{NH}_4^+]$
 C. $[\text{Ba}^{2+}] > [\text{NO}_3^-] > [\text{OH}^-] > [\text{NH}_4^+]$
 D. $[\text{NO}_3^-] > [\text{Ba}^{2+}] > [\text{NH}_4^+] > [\text{OH}^-]$
11. 在一定条件下， PbO_2 与 Cr^{2-} 反应，产物是 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 和 Pb^{2+} ，则与 1mol Cr^{2-} 反应所需 PbO_2 的物质的量为 ()

A. 3.0mol B. 1.5mol C. 1.0mol D. 0.75mol

12. 某温度下，在一容积可变的容器中，反应 $2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 达到平衡时，A、B和C的物质的量分别为4mol、2mol和4mol。保持温度和压强不变，对平衡混合物中三者的物质的量做如下调整，可使平衡右移的是 ()

A. 均减半 B. 均加倍 C. 均增加1mol D. 均减少1mol

13. 已知在 $1 \times 10^5 \text{Pa}$ ，298K条件下，2mol氢气燃烧生成水蒸气放出484kJ热量，下列热化学方程式正确的是 ()



14. 某温度下向100g澄清的饱和石灰水中加入5.6g生石灰，充分反应后恢复到原来的温度。下列叙述正确的是 ()

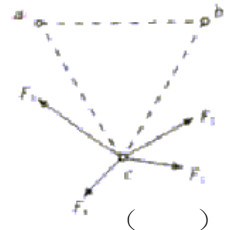
A. 沉淀物的质量为5.6g B. 沉淀物的质量为7.4g
C. 饱和石灰水的质量大于98.2g D. 饱和石灰水的质量小于98.2g

15. 根据中学化学教材所附元素周期表判断，下列叙述不正确的是 ()

A. K层电子为奇数的所有元素所在族的序数与该元素原子的K层电子数相等
B. L层电子为奇数的所有元素所在族的序数与该元素原子的L层电子数相等
C. L层电子为偶数的所有主族元素所在族的序数与该元素原子的L层电子数相等
D. M层电子为奇数的所有主族元素所在族的序数与该元素原子的M层电子数相等

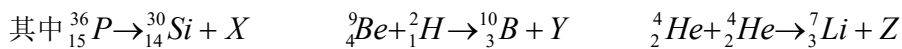
16. 如图所示，三个完全相同的金属小球a、b、c位于等边三角形的三个顶点上。a和c带正电，b带负电，a所带电量的大小比b的小。

已知c受到a和b的静电力的合力可用图中四条有向线段中的一条来表示，它应是 ()



A. F_1 B. F_2 C. F_3 D. F_4

17. 下面列出的是一些核反应方程

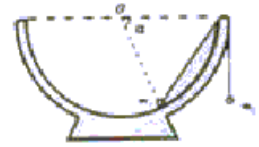


A. X质子，Y是中子Z是正电子 B. X是正电子、Y是质子、Z是中子
C. X是中子，Y是正电子，Z是质子 D. X是正电子，Y是中子，Z是质子

18. 简谐机械波在给定的媒质中传播时，下列说法中正确的是 ()

A. 振幅越大，则波传播的速度越快
B. 振幅越大，则波传播的速度越慢
C. 在一个周期内，振动质元走过的路程等于一个波长
D. 振动的频率越高，则波传播一个波长的距离所用的时间越短

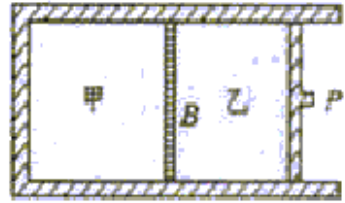
19. 如图所示，一个半球形的碗放在桌面上，碗口水平，O 点为其球心，碗的内表面及碗口是光滑的。一根细线跨在碗口上，线的两端分别系有质量为 m_1 和 m_2 的小球。当它们处于平衡状态时，质量为 m_1 的小球与



O 点的连线与水平线的夹角为 $\alpha = 60^\circ$ 两小球的质量比 $\frac{m_2}{m_1}$ 为

- A. $\frac{\sqrt{3}}{3}$ B. $\frac{\sqrt{2}}{3}$ C. $\frac{\sqrt{3}}{2}$ D. $\frac{\sqrt{2}}{2}$

20. 如图所示，固定容器及可动活塞 P 都是绝热的，中间有一导热的固定隔板 B，B 的两边分别盛有气体甲和乙。现将活塞 P 缓慢地向 B 移动一段距离，已知气体的温度随其内能的增加而升高。则在移动 P 的过程中

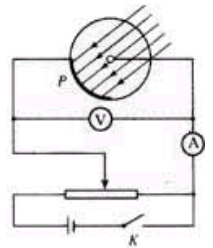


- A. 外力对乙做功；甲的内能不变 B. 外力对乙做功；乙的内能不变
C. 乙传递热量给甲；乙的内能增加 D. 乙的内能增加；甲的内能不变

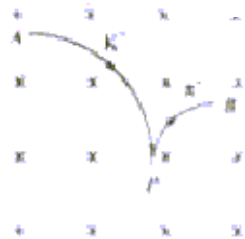
21. 如图，当电键 K 断开时，用光子能量为 2.5eV 的一束光照射阴极 P，发现电流表读数不为零。合上电键，调节滑线变阻器，发现当电压表读数小于 0.60V 时，电流表读数仍不为零；当电压表读数大于或等于 0.60V 时，电流表读数为零，由此可知阴极材料的逸出功为 ()

- A. 1.9eV B. 0.6eV C. 2.5eV

D. 3.1eV



22. K^- 介子衰变的方程为 $K^- \rightarrow \pi^- + \pi^0$ ，其中 K^- 介子和 π^- 介子带负的基元电荷， π^0 介子不带电，一个 K^- 介子沿垂直于磁场的方向射入匀强磁场中，其轨迹为圆弧 AP。衰变后产生的 π^- 介子的轨迹为圆弧 PB，两轨迹在 P 点相切，它们的半径 R_{π^-} 与 R_K 之比为 $2:1$ 。 π^0 介子的轨迹未画出。由此可知 π^- 的动量大小与 π^0 的动量大小之比为



- A. $1:1$ B. $1:2$ C. $1:3$ D. $1:6$

2003 年普通高等学校招生全国统一考试（天津卷）
理科综合能力测试

第 II 卷

注意事项:

1. 用钢笔或圆珠笔直接答在试题卷中 (除题目有特殊规定外)
2. 答卷前将密封线内的项目填写清楚

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 题号 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 总分 |
| 分数 | | | | | | | | | | | | | |

23. (15 分) 用伏安法测量电阻阻值 R , 并求出电阻率 ρ 给定电压表 (内阻约为 $50k\Omega$)、电流表 (内阻约为 40Ω), 滑线变阻器、电源、电键、待测电阻 (约为 250Ω) 及导线若干。

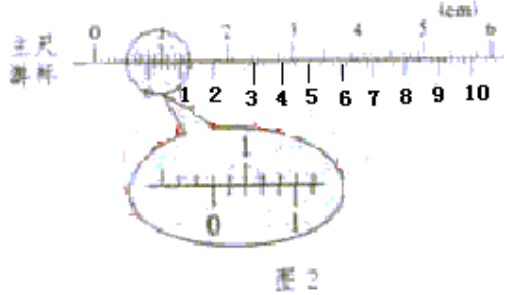
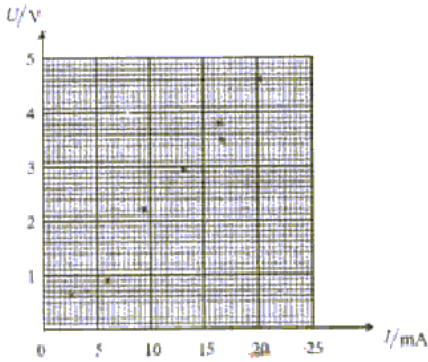


图 2

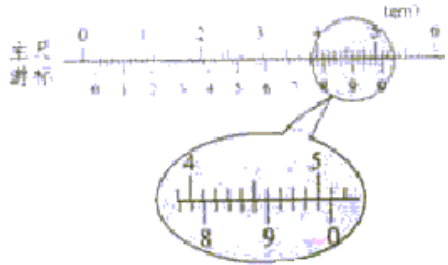


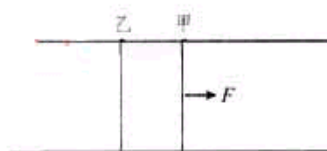
图 3

- (1) 画出测量 R 的电路图。
- (2) 图 1 中的 6 个点表示实验中测得的 6 组电流 I 、电压 U 的值, 试写出根据此图求 R 值的步骤:
求出的电阻值 $R = \underline{\hspace{2cm}}$ (保前 3 位有效数字)
- (3) 待测电阻是一均匀材料制成的圆柱体, 用游标为 50 分度的卡尺测量其长度与直径, 结果分别如图 2、图 3 所示。由图可知其长度为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 直径为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (4) 由以上数据可求出 $\rho = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(保留 3 位有效数字)

24. (15 分) 中子星是恒星演化过程的一种可能结果, 它的密度很大。现有一中子星, 观测到它的自转周期为 $T = \frac{1}{30} s$ 。向该中子星的最小密度应是多少才能维持该星体的稳定因

自转而瓦解。计算时星体可视为均匀球体。（引力常数 $G=6.67 \times 10^{-11} \text{m}^3/\text{s}^2$ ）

25. (18分) 两根平行的金属导轨，固定在同一水平面上，磁感 $B=0.50\text{T}$ 的匀强磁场与导轨所在平面垂直，导轨的电阻很小，可不计。导轨间的距离 $l=0.20\text{m}$ 。两根质量均为 $m=0.10\text{kg}$ 的平行杆甲、乙可在导轨上无摩擦地滑动，滑动过程中与导轨保持垂直，每根金属杆的电阻 $R=0.50\Omega$ ，在 $t=0$ 时刻，两杆都处于静止状态。现有一与导轨平行，大小为 0.20N 的作用于金属杆甲上，使金属杆在导轨上滑动。经过 $t=0.5\text{s}$ ，金属杆甲的加速度 $a=1.37\text{m/s}^2$ ，问此时两金属杆的速度各为多少？

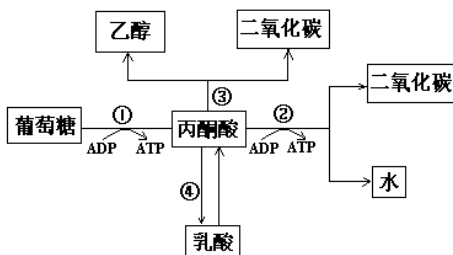


26. (14分) 小麦品种是纯合体，生产上用种子繁殖，现要选育矮秆 (aa)、抗病 (BB) 的小麦新品种；马铃薯品种是杂合体 (有一对基因杂合即可称为杂合体)，生产上通常用块茎繁殖，现要选育黄肉 (Yy)，抗病 (Br) 的马铃薯新品种。请分别设计小麦品种间杂交育种程序，以及马铃薯品种间杂交育种程序。要求用遗传图解表示并加以简要说明。（写出包括亲本在内的三代即可）

27. (10分) 将青蛙脑破坏保留脊髓，在脊柱下部打开脊椎骨，剥离出脊髓一侧的一对脊神经根（包含一个背根和一个腹根，见图）。分别电刺激背根与腹根均可引起蛙同侧后肢发生运动反应。已知背根含有传入神经，腹根含有传出神经，背根与腹根合并成脊神经。

请根据上述提供的实验材料（实验用具自选）设计实验步骤，并预测实验结果，以分别验证背根具有传入功能，腹根具有传出功能。

生物体内葡萄糖分解代谢过程的图解如右：



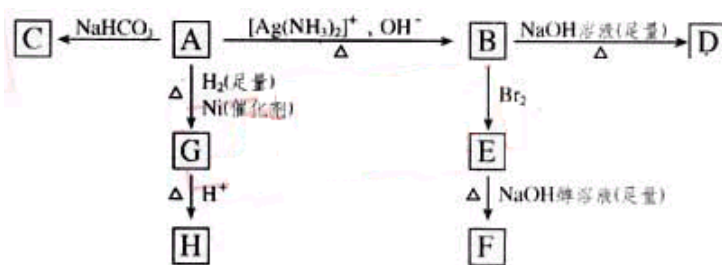
28. (6分) 据右面的图解回答：

- 反应①②③④中，可在人体细胞中进行的是_____。
- 粮食贮藏过程中，有时会发生粮堆湿度增大现象，这是因为_____。
- 在微生物体内酮酸可以转化为 α -酮戊二酸，该酸在酶的催化下可以转化为谷氨酸，当谷氨酸增多并与酶结合时，可导致谷氨酸合成减少，其原因是_____。

29. (7分)

- 1 mol 丙酮酸 ($\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{COOH}$) 在镍催化剂作用下加 1 mol 氢气转变成乳酸，乳酸的结构简式是_____。
- 与乳酸具有相同官能团的乳酸的同分异构体 A 在酸性条件下，加热失水生成 B，由 A 生成 B，B 的化学反应方程式_____
- B 的甲酯可以聚合，聚合物的结构简式是_____

30. (13分) 根据图示填空



H 是环状化合物 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$

F 的碳原子在一条直线上

(1) 化合物 A 含有的官能团是_____。

(2) B 在酸性条件下与 Br_2 反应得到 E, E 在足量的氢氧化钠醇溶液作用下转变成 F, 由 E 转变成 F 时发生两种发生, 其反应类型分别是_____。

(3) D 的结构简式是_____。

(4) 1 mol A 与 2 mol H_2 反应生成 1 mol E, 其反应方程式是

_____。

(5) 与 A 具有相同官能团的 A 的同分异构体的结构简式是_____。

31. (13 分) A、B、C 是短周期 IA 和 IIA 族元素的碳酸盐, 它们的质量分别为 m_A 、 m_B 、 m_C , 与足量盐酸完全反应, 消耗盐酸的物质的量分别为 $n_A(\text{HCl})$ 、 $n_B(\text{HCl})$ 、 $n_C(\text{HCl})$

已知: $m_A = m_B + m_C$, $n_A(\text{HCl}) = n_B(\text{HCl}) + n_C(\text{HCl})$ 请填写:

(1) 写出短周期 IA 和 IIA 族元素形成的所有碳酸盐的名称: _____。

(2) 若以 M_A 、 M_B 和 M_C 分别表示 A、B、C 的相对分子质量, 试写出 M_A 、 M_B 和 M_C 三者的相互关系式_____。

(3) A 的正确选择有_____种, 其化学式为: _____。

(4) 若 A 和 B 为 IIA 族元素的碳酸盐, C 为 IA 族元素的碳酸盐, 则 A、B、C 的化学式依次是_____, $m_B : m_C = 1 : \text{______}$ 。(保留 2 位小数)

32. (11 分) X、Y、Z 是短周期元素的三种常见氧化物。X 跟水反应后可生成一种具有还原性的不稳定的二元酸, 该酸的化学式是_____ ; Y 和 X 的组成元素相同, Y 的化学式是_____ ; 1mol Z 在加热时跟水反应的产物需要用 6mol 的氢氧化钠才能完全中和, 在一定条件下, Y 可以跟非金属单质 A 反应生成 X 和 Z, 单质 A 是_____。

33. (22 分) 用下面两种方法可以制得白色的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$: 沉淀

方法一: 用不含 Fe^{2+} 的 FeSO_4 溶液与用不含 O_2 的蒸馏水配制的 NaOH 溶液反应制备。

(1) 用硫酸亚铁晶体配制上述 FeSO_4 溶液时

还需加入_____。



(2) 除去蒸馏水中溶解的 O_2 常采用_____的方法。

(3) 生成白色 $Fe(OH)_2$ 沉淀的操作是用长滴管吸取不含

O_2 的 $NaOH$ 溶液，插入 $FeSO_4$ 溶液液面下，再挤

出 $NaOH$ 溶液。这样操作的理由是_____。

方法二：在如图装置中，用 $NaOH$ 溶液、铁屑、稀 H_2SO_4 等试剂制备。

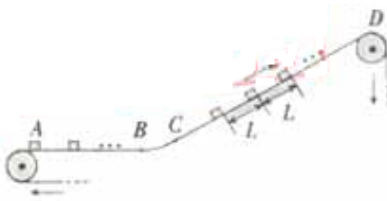
(1) 在试管 I 里加入的试剂是_____。

(2) 在试管 II 里加入的试剂是_____。

(3) 为了制得白色 $Fe(OH)_2$ 沉淀，在试管 I 和 II 中加入试剂，打开止水夹，塞紧塞子后的实验步骤是_____。

(4) 这样生成的 $Fe(OH)_2$ 沉淀能较长时间保持白色，其理由是_____。

34. (22 分) 一传送带装置示意如图，其中传送带经过 AB 区域时是水平的，经过 BC 区域时变为圆弧形（圆弧由光滑模板形成，未画出），经过 CD 区域时是倾斜的，AB 和 CD 都与 BC 相切。现将大量的质量均为 m 的小货箱一个一个在 A 处放到传送带上，放置时初速为零，经传送带运送到 D 处，D 和 A 的高度差为 h 。稳定工作时传送带速度不变，CD 段上各箱等距排列，相邻两箱的距离为 L 。每个箱在 A 处投放后，在到达 B 之前已经相对于传送带静止，且以后也不再滑动（忽略经 BC 段时的微小滑动）。已知在一段相当长的时间 T 内，共运送小货箱的数目为 N 。这装置由电动机带动，传送带与轮子间无相对滑动，不计轮轴处的摩擦。求电动机的平均输出功率 P 。



I 卷包括 22 小题，每题 6 分，共 132 分。

1. D 2. C 3. C 4. C 5. 6. C 7. C 8. B 9. C 10. B 11. B 12. C

13. A

14. D 15. C 16. B 17. D 18. D 19. A 20. C 21. A 22. C

II 卷包括 12 小题，共 168 分。

23. (15 分) 如图

(1) 答案如图 1 或图 2

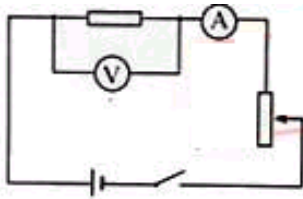


图1

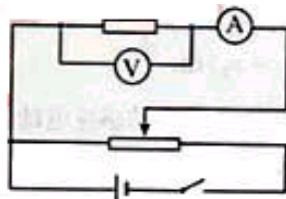


图2

(2) ①作 $U-I$ 直线，舍去左起第 2 点，其余 5 个点尽量靠近直线且均匀分布在直线两侧。

②求该直线的斜 K ，则 $R=K$ 。

$R=229\Omega$ ($221-237\Omega$ 均为正确)。(3) 0.800cm , 0.194cm 。

(4) $\rho=8.46 \times 10^{-2} \Omega \cdot m$ 均为正确)

24. 考虑中子是赤道外一块物质，只有当它受到的万有引力大于或等于它随星体所需的向心力时，中子星才不会瓦解。

设中子星的密度为 ρ ，质量为 M ，半径为 R ，自转角速度为 ω ，位于赤道处的小块物为 m ，则有

$$\frac{GMm}{R^2} = m\omega^2 R \quad \text{①} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{②} \quad M = \frac{4}{3}\pi R^2 \rho \quad \text{③} \quad \text{由以上各式得}$$

$$\rho = \frac{3\pi}{GT^2} \quad \text{④} \quad \text{代入数据解得 } \rho = 1.27 \times 10^{34} \text{ kg}.$$

25. 设任一时刻 t 两金属杆甲、乙之间的距离为 x ，速度分别为 v_1 和 v_2 ，经过很短的时间 Δt ，杆甲移动距离 $v_1\Delta t$ ，杆乙移动距离 $v_2\Delta t$ ，回路面积改变

$$\Delta S = [(x - v_2\Delta t) + v_1\Delta t]l - lx = (v_1 - v_2)l\Delta t$$

由法拉第电磁感应定律，回路中的感应电动势 $\varepsilon = B \frac{\Delta S}{\Delta t}$

$$\text{回路中的电流 } i = \frac{\varepsilon}{2R}$$

$$\text{杆甲的运动方程 } F - Bli = ma$$

由于作用于杆甲和杆乙的安培力总是大小相等，方向相反，所以两杆的动量 ($t=0$ 时为

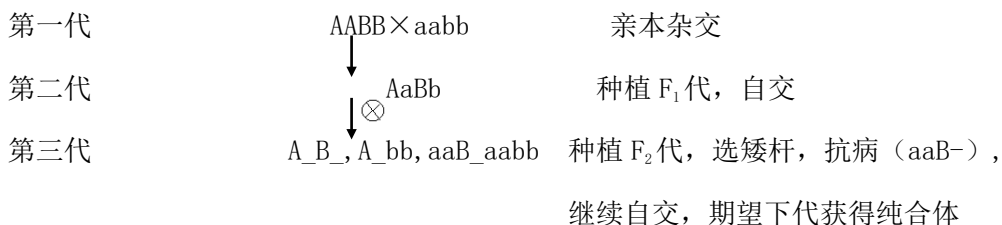
0) 等于外力 F 的冲量 $F_1 = mv_1 + mv_2$

$$\text{联立以上各式解得 } v_1 = \frac{1}{2} \left[\frac{F_1}{m} + \frac{2R}{B^2 l^2} (F - ma) \right] \quad v_2 = \frac{1}{2} \left[\frac{F_1}{m} - \frac{2R}{B^2 l^2} (F - ma) \right]$$

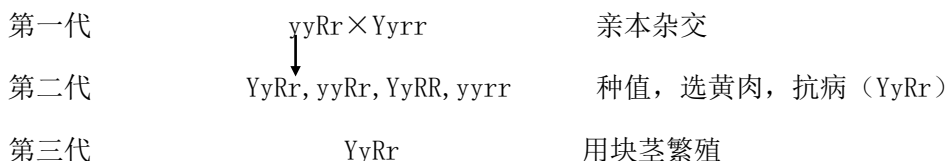
代入数据得 $v_1 = 8.15m/s$ $v_2 = 1.85m/s$

26. 答:

小麦



马铃薯

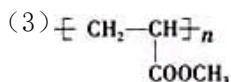
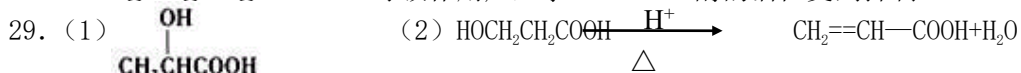


27. (14分)

实验步骤 1: 在背根中央处剪断 (或用麻醉药阻断) 分别电刺激背根向中段、外周段、观察蛙后肢是否发生运动反应。预期结果: 电刺激背根向中段应发生蛙后肢运动反应, 电刺激背根外周段不发生反应, 说明背根具有传入功能。

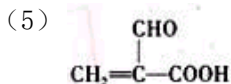
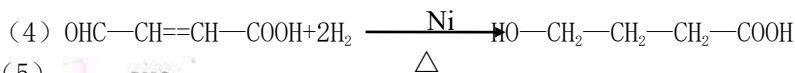
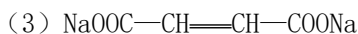
实验步骤 2: 在腹根中央处剪断 (或用麻醉药阻断), 分别电刺激腹根向中段、外周段, 观察蛙后肢是否发生运动反应。预期结果: 电刺激腹根向中段不发生反应, 电刺激腹根外周段应发生蛙后肢运动反应, 说明腹根具有传出功能。

28. (1) ①、②、④ (2) 呼吸作用产生水 (3) 酶的活性受到抑制



30. (1) 碳碳双键, 醛基, 羧基

(2) 消去反应 中和反应



31. (1) 碳酸锂, 碳酸钠, 碳酸铍, 碳酸镁。 (2)

$$\frac{m_A}{M_A} = \frac{m_B}{M_B} + \frac{m_C}{M_C} \text{ (或 } M_B < M_A < M_C; M_C < M_A < M_B$$

以及其它合理答案) (3) 2 Li₂CO₃ MgCO₃ (4) MgCO₃, BeCO₃, Na₂CO₃ 1:1.05

32. (7分) H₂SO₄ SO₃ 磷

33. (1) 稀 H₂SO₄ 铁屑 (2) 煮沸 (3) 避免生成的 Fe(OH)₂ 沉淀接触 O₂

方法二 (1) 稀 H₂SO₄ 铁屑 (2) NaOH 溶液 (3) 检验试管 II 出口处排出的氢气的纯度。当排出的 H₂ 纯净时, 再夹紧止水夹。 (4) 试管 I 中反应生成的 H₂ 充满了试管 I 和试管 II, 且外界空气不容易进入

34. 解: 以地面为参考系 (下同), 设传送带的运动速度为 v_0 , 在水平段运输的过程中, 小货箱先在滑动摩擦力作用下做匀加速运动, 设这段路程为 s , 所用时间为 t , 加速度为

$$a, \text{ 则对小箱有 } s = \frac{1}{2}at^2 \text{ ①} \quad v_0 = at \text{ ②} \text{ 在这段时间内, 传送带运动的路程为 } s_0 = v_0t$$

$$\text{③ 由以上可得 } s_0 = 2s \text{ ④}$$

$$\text{用 } f \text{ 表示小箱与传送带之间的滑动摩擦力, 则传送带对小箱做功为 } A = fx = \frac{1}{2}mv_0^2 \text{ ⑤}$$

$$\text{传送带克服小箱对它的摩擦力做功 } A_0 = fx_0 = 2 \cdot \frac{1}{2}mv_0^2 \text{ ⑥}$$

$$\text{两者之差就是克服摩擦力做功发出的热量 } Q = \frac{1}{2}mv_0^2 \text{ ⑦}$$

可见, 在小箱加速运动过程中, 小箱获得的动能与发热量相等。T 时间内, 电动机输出的功为

$$W = \bar{P}T \text{ ⑧ 此功用于增加小箱的动能、势能以及克服摩擦力发热, 即}$$

$$W = \frac{1}{2}Nmv_0^2 + Nmgh + NQ \text{ ⑨ 已知相邻两小箱的距离为 } L, \text{ 所以 } v_0T = NL \text{ ⑩}$$

$$\text{联立⑦⑧⑨⑩, 得 } \bar{P} = \frac{Nm}{T} \left[\frac{N^2L^2}{T^2} + gh \right] \text{ (11)}$$