

理科综合能力测试

可能用到的相对原子质量: H 1 C 12 N 14 O 16 S 32 Cl 35.5 K 39 Ti 48
Fe 56 I 127

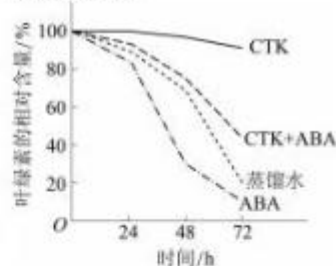
一、选择题: 本题共 13 小题, 每小题 6 分, 共 78 分。在每小题给出的四个选项中, 只有一项是符合题目要求的。

1. 细胞间信息交流的方式有多种。在哺乳动物卵巢细胞分泌的雌激素作用于乳腺细胞的过程中, 以及精子进入卵细胞的过程中, 细胞间信息交流的实现分别依赖于【D】
A. 血液运输, 突触传递
B. 淋巴运输, 突触传递
C. 淋巴运输, 胞间连丝传递
D. 血液运输, 细胞间直接接触

2. 下列关于细胞结构与成分的叙述, 错误的是【B】

- A. 细胞膜的完整性可用台盼蓝染色法进行检测
- B. 检测氨基酸的含量可用双缩脲试剂进行显色
- C. 若要观察处于细胞分裂中期的染色体可用醋酸洋红液染色
- D. 斐林试剂是含有 Cu^{2+} 的碱性溶液, 可被葡萄糖还原成砖红色

3. 通常, 叶片中叶绿素含量下降可作为其衰老的检测指标。为研究激素对叶片衰老的影响, 将某植物离体叶片分组, 并分别置于蒸馏水、细胞分裂素 (CTK)、脱落酸 (ABA)、CTK+ABA 溶液中, 再将各组置于光下。一段时间内叶片中叶绿素含量变化趋势如图所示。据图判断, 下列叙述错误的是

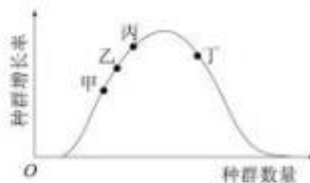


- A. 细胞分裂素能延缓该植物离体叶片的衰老
- B. 本实验中 CTK 对该植物离体叶片的作用可被 ABA 削弱
- C. 可推测 ABA 组叶绿体中 NADPH 合成速率大于 CTK 组
- D. 可推测施用 ABA 能加速秋天银杏树的叶由绿变黄的过程【C】

4. 某同学将一定量的某种动物的提取液 (A) 注射到实验小鼠体内, 注射后若干天, 未见小鼠出现明显的异常表现。将小鼠分成两组, 一组注射少量的 A, 小鼠很快发生了呼吸困难等症状; 另一组注射生理盐水, 未见小鼠有异常表现。对实验小鼠在第二次注射 A 后的表现, 下列解释合理的是【C】

- A. 提取液中含有胰岛素, 导致小鼠血糖浓度降低
- B. 提取液中含有乙酰胆碱, 使小鼠骨骼肌活动减弱
- C. 提取液中含有过敏原, 引起小鼠发生了过敏反应
- D. 提取液中含有呼吸抑制剂, 可快速作用于小鼠呼吸系统

5. 假设某草原上散养的某种家畜种群呈 S 型增长, 该种群的增长率随种群数量的变化趋势如图所示。若要保持尽可能多地收获该种家畜, 则应在种群数量合适时开始捕获, 下列四个种群数量中合适的是 **【D】**



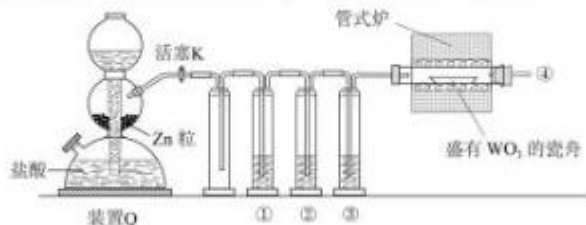
- A. 甲点对应的种群数量
B. 乙点对应的种群数量
C. 丙点对应的种群数量
D. 丁点对应的种群数量
6. 果蝇的红眼基因 (R) 对白眼基因 (r) 为显性, 位于 X 染色体上; 长翅基因 (B) 对残翅基因 (b) 为显性, 位于常染色体上。现有一只红眼长翅果蝇与一只白眼长翅果蝇交配, F_1 雄蝇中有 $1/8$ 为白眼残翅。下列叙述错误的是 **【B】**

- A. 亲本雌蝇的基因型是 $BbX^R X^r$
B. F_1 中出现长翅雄蝇的概率为 $3/16$
C. 雌、雄亲本产生含 X^r 配子的比例相同
D. 白眼残翅雌蝇可形成基因型为 bX^r 的极体
7. 下列生活用品中主要由合成纤维制造的是 **【A】**

- A. 尼龙绳 B. 宣纸 C. 羊绒衫 D. 棉衬衣
8. 《本草衍义》中对精制砒霜过程有如下叙述: “取砒之法, 将生砒就置火上, 以器覆之, 令砒烟上飞着覆器, 遂凝结累然下垂如乳, 尖长者为胜, 平短者次之。” 文中涉及的操作方法是 **【B】**

- A. 蒸馏 B. 升华 C. 干馏 D. 萃取
9. 化合物 (b)、 (d)、 (p) 的分子式均为 C_6H_6 , 下列说法正确的是 **【D】**

- A. b 的同分异构体只有 d 和 p 两种
B. b、d、p 的二氯代物均只有三种
C. b、d、p 均可与酸性高锰酸钾溶液反应
D. b、d、p 中只有 b 的所有原子处于同一平面
10. 实验室用 H_2 还原 WO_3 制备金属 W 的装置如图所示 (Zn 粒中往往含有硫等杂质, 焦性没食子酸溶液用于吸收少量氧气)。下列说法正确的是 **【B】**



- A. ①、②、③中依次盛装 $KMnO_4$ 溶液、浓 H_2SO_4 、焦性没食子酸溶液
B. 管式炉加热前, 用试管在④处收集气体并点燃, 通过声音判断气体纯度
C. 结束反应时, 先关闭活塞K, 再停止加热
D. 装置Q (启普发生器) 也可用于二氧化锰与浓盐酸反应制备氯气

-
- Diagram illustrating a cathodic protection system for a steel pipe pile. The system includes a DC power source (直流电源) connected to the steel pipe pile (钢管桩) and a sacrificial anode made of high-silicon cast iron (高硅铸铁) submerged in seawater (海水).

【C】

- A. X 的简单氢化物的热稳定性比 W 的强
B. Y 的简单离子与 X 的具有相同的电子层结构
C. Y 与 Z 形成化合物的水溶液可使蓝色石蕊试纸变红
D. Z 与 X 属于同一主族, 与 Y 属于同一周期

-

【D】

- A. $K_{a2}(\text{H}_2\text{X})$ 的数量级为 10^{-6}
- B. 曲线 N 表示 pH 与 $\lg \frac{c(\text{HX}^-)}{c(\text{H}_2\text{X})}$ 的变化关系
- C. NaHX 溶液中 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
- D. 当混合溶液呈中性时, $c(\text{Na}^+) > c(\text{HX}^-) > c(\text{X}^{2-}) > c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$

14. 将质量为 1.00kg 的模型火箭点火升空, 50g 燃烧的燃气以大小为 600 m/s 的速度从火箭喷口在很短时间内喷出。在燃气喷出后的瞬间, 火箭的动量大小为 (喷出过程中重力和空气阻力可忽略) 【A】

【A】

- A. $30\text{ kg}\cdot\text{m/s}$ B. $5.7\times 10^2\text{ kg}\cdot\text{m/s}$
C. $6.0\times 10^2\text{ kg}\cdot\text{m/s}$ D. $6.3\times 10^3\text{ kg}\cdot\text{m/s}$

15. 发球机从同一高度向正前方依次水平射出两个速度不同的乒乓球(忽略空气的影响)。速度较大的球越过球网, 速度较小的球没有越过球网; 其原因是 **C**

【C】

- A. 速度较小的球下降相同距离所用的时间较多
B. 速度较小的球在下降相同距离时在竖直方向上的速度较大
C. 速度较大的球通过同一水平距离所用的时间较少
D. 速度较大的球在相同时间间隔内下降的距离较大

16. 如图, 空间某区域存在匀强电场和匀强磁场, 电场方向竖直向上 (与纸面平行), 磁场方向垂直于纸面向里。三个带正电的微粒 a、b、c 电荷量相等, 质量分别为 m_a 、 m_b 、 m_c 。已知在该区域内, a 在纸面内做匀速圆周运动, b 在纸面内向右做匀速直线运动, c 在纸面内向左做匀速直线运动。下列选项正确的是 **【B】**

A. $m_a > m_b > m_c$

B. $m_b > m_a > m_c$

C. $m_c > m_b > m_a$

D. $m_c > m_b > m_a$



17. 大科学工程“人造太阳”主要是将核聚变反应释放的能量用来发电。核聚变反应方程是: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ 。已知 ${}^2_1\text{H}$ 的质量为 2.0136u, ${}^3_1\text{H}$ 的质量为 3.0150u, ${}^4_2\text{He}$ 的质量为 4.0015u, ${}^1_0\text{n}$ 的质量为 1.0087u, $1\text{u} = 931\text{MeV}/c^2$ 。核聚变反应中释放的核能约为 **【B】**

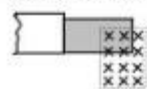
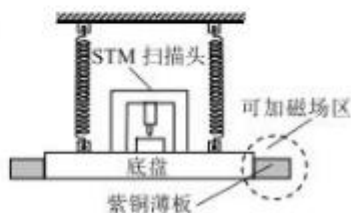
A. 3.7MeV

B. 3.3MeV

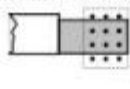
C. 2.7MeV

D. 0.93MeV

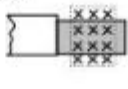
18. 扫描隧道显微镜 (STM) 可用来探测样品表面原子尺度上的形貌。为了有效隔离外界振动对 STM 的扰动, 在圆底盘周边沿其径向对称地安装若干对紫铜薄板, 并施加磁场来快速衰减其微小振动, 如图所示。无扰动时, 按下列四种方案对紫铜薄板施加恒磁场; 出现扰动后, 对于紫铜薄板上下及左右振动的衰减最有效的方案是 **【A】**



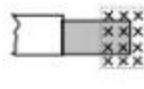
A



B



C



D

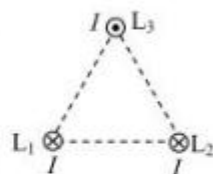
19. 如图, 三根相互平行的固定长直导线 L_1 、 L_2 和 L_3 两两等距, 均通有电流 I , L_1 中电流方向与 L_2 中的相同, 与 L_3 中的相反。下列说法正确的是 **【BC】**

A. L_1 所受磁场作用力的方向与 L_2 、 L_3 所在平面垂直

B. L_1 所受磁场作用力的方向与 L_1 、 L_2 所在平面垂直

C. L_1 、 L_2 和 L_3 单位长度所受的磁场作用力大小之比为 $1:1:\sqrt{3}$

D. L_1 、 L_2 和 L_3 单位长度所受的磁场作用力大小之比为 $\sqrt{3}:\sqrt{3}:1$



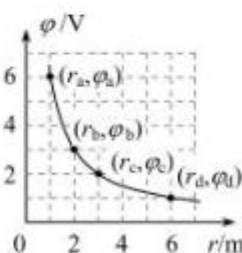
20. 在一静止点电荷的电场中, 任一点的电势 φ 与该点到点电荷的距离 r 的关系如图所示。电场中四个点 a、b、c 和 d 的电场强度大小分别为 E_a 、 E_b 、 E_c 和 E_d 。点 a 到点电荷的距离 r_a 与点 a 的电势 φ_a 已在图中用坐标 (r_a, φ_a) 标出, 其余类推。现将一带正电的试探电荷由 a 点依次经 b、c 点移动到 d 点, 在相邻两点间移动的过程中, 电场力所做的功分别为 W_{ab} 、 W_{bc} 和 W_{cd} 。下列选项正确的是 **【AC】**

A. $E_a:E_b = 4:1$

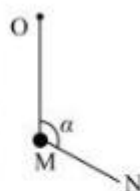
B. $E_c:E_d = 2:1$

C. $W_{ab}:W_{bc} = 3:1$

D. $W_{bc}:W_{cd} = 1:3$



21. 如图，柔软轻绳 ON 的一端 O 固定，其中间某点 M 拴一重物，用手拉住绳的另一端 N。初始时，OM 竖直且 MN 被拉直，OM 与 MN 之间的夹角为 α ($\alpha > \frac{\pi}{2}$)。现将重物向右上缓慢拉起，并保持夹角 α 不变。在 OM 由竖直被拉到水平的过程中



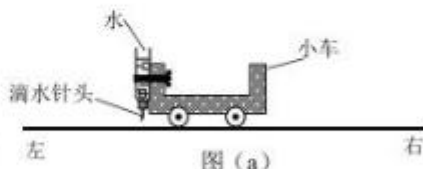
- 【AD】
A. MN 上的张力逐渐增大 B. MN 上的张力先增大后减小
C. OM 上的张力逐渐增大 D. OM 上的张力先增大后减小

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)

某探究小组为了研究小车在桌面上的直线运动，用自制“滴水计时器”计量时间。实验前，将该计时器固定在小车旁，如图 (a) 所示。



实验时，保持桌面水平，用手轻推一下小车。在小车运动过程中，滴水计时器等时间间隔地滴下小水滴，图 (b) 记录了桌面上连续的 6 个水滴的位置。(已知滴水计时器每 30s 内共滴下 46 个小水滴)

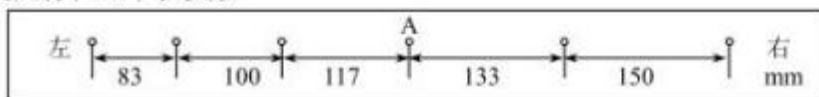


图 (b)

(1) 由图 (b) 可知，小车在桌面上是 从右向左 (填“从右向左”或“从左向右”) 运动的。

(2) 该小组同学根据图 (b) 的数据判断出小车做匀变速运动。小车运动到图 (b) 中 A 点位置时的速度大小为 0.19 m/s，加速度大小为 0.037 m/s²。(结果均保留 2 位有效数字)

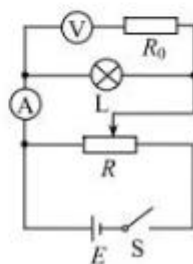
23. (10 分)

某同学研究小灯泡的伏安特性。所使用的器材有：小灯泡 L (额定电压 3.8V，额定电流 0.32A)；电压表 V (量程 3V，内阻 3kΩ)；电流表 A (量程 0.5A，内阻 0.5Ω)；固定电阻 R_0 (阻值 1000Ω)；滑动变阻器 R (阻值 0~9.0Ω)；电源 E (电动势 5V，内阻不计)；开关 S；导线若干。

(1) 实验要求能够实现在 0~3.8V 的范围内对小灯泡的电压进行测量，画出实验电路原理图。

答：实验电路原理图如右图所示

(2) 实验测得该小灯泡伏安特性曲线如图 (a) 所示。



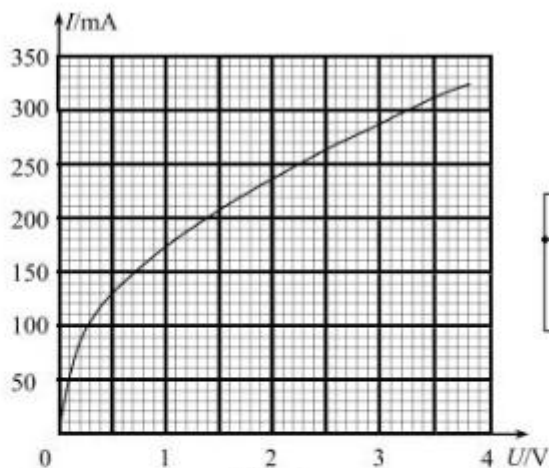


图 (a)

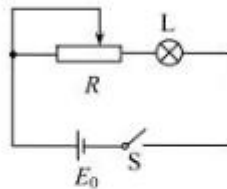


图 (b)

由实验曲线可知,随着电流的增加小灯泡的电阻 增大 (填“增大”“不变”或“减小”),灯丝的电阻率 增大 (填“增大”“不变”或“减小”)。

(3) 用另一电源 E_0 (电动势 4V , 内阻 1.00Ω) 和题给器材连接成图 (b) 所示的电路,调节滑动变阻器 R 的阻值,可以改变小灯泡的实际功率。闭合开关 S ,在 R 的变化范围内,小灯泡的最小功率为 0.39 W ,最大功率为 1.17 W 。(结果均保留 2 位小数)

24. (12 分)

一质量为 $8.00 \times 10^4 \text{ kg}$ 的太空飞船从其飞行轨道返回地面。飞船在离地面高度 $1.60 \times 10^5 \text{ m}$ 处以 $7.50 \times 10^3 \text{ m/s}$ 的速度进入大气层,逐渐减慢至速度为 100 m/s 时下落到地面。取地面为重力势能零点,在飞船下落过程中,重力加速度可视为常量,大小取为 9.8 m/s^2 。(结果保留 2 位有效数字)

(1) 分别求出该飞船着地前瞬间的机械能和它进入大气层时的机械能;

(2) 求飞船从离地面高度 600 m 处至着地前瞬间的过程中克服阻力所做的功,已知飞船在该处的速度大小是其进入大气层时速度大小的 2.0% 。

解: (1) 飞船着地前瞬间的机械能为

$$E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (1)$$

式中, m 和 v_0 分别是飞船的质量和着地前瞬间的速率。由①式和题给数据得

$$E_{k0} = 4.0 \times 10^8 \text{ J} \quad (2)$$

设地面附近的重力加速度大小为 g 。飞船进入大气层时的机械能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv_k^2 + mgh \quad (3)$$

式中, v_k 是飞船在高度 $1.6 \times 10^5 \text{ m}$ 处的速度大小。由③式和题给数据得

$$E_k = 2.4 \times 10^{12} \text{ J} \quad (4)$$

(2) 飞船在高度 $h' = 600 \text{ m}$ 处的机械能为

$$E_{k'} = \frac{1}{2}m\left(\frac{2.0}{100}v_0\right)^2 + mgh' \quad (5)$$

由功能原理得

$$W = E_k - E_{k0} \quad (6)$$

式中, W 是飞船从高度 600m 处至着地前瞬间的过程中克服阻力所做的功。由②⑤⑥式和题给数据得

$$W = 9.7 \times 10^8 \text{ J} \quad (7)$$

25. (20 分)

真空中存在电场强度大小为 E_1 的匀强电场, 一带电油滴在该电场中竖直向上做匀速直线运动, 速度大小为 v_0 。在油滴处于位置 A 时, 将电场强度的大小突然增大到某值, 但保持其方向不变。持续一段时间 t_1 后, 又突然将电场反向, 但保持其大小不变; 再持续同样一段时间后, 油滴运动到 B 点。重力加速度大小为 g 。

(1) 求油滴运动到 B 点时的速度。

(2) 求增大后的电场强度的大小; 为保证后来的电场强度比原来的大, 试给出相应的 t_1 和 v_0 应满足的条件。已知不存在电场时, 油滴以初速度 v_0 做竖直上抛运动的最大高度恰好等于 B、A 两点间距离的两倍。

解:

(1) 设油滴质量和电荷量分别为 m 和 q , 油滴速度方向向上为正。油滴在电场强度大小为 E_1 的匀强电场中做匀速直线运动, 故匀强电场方向向上。在 $t=0$ 时, 电场强度突然从 E_1 增加至 E_2 时, 油滴做竖直向上的匀加速运动, 加速度方向向上, 大小 a_1 满足

$$qE_2 - mg = ma_1 \quad (1)$$

油滴在时刻 t_1 的速度为

$$v_1 = v_0 + a_1 t_1 \quad (2)$$

电场强度在时刻 t_1 突然反向, 油滴做匀变速运动, 加速度方向向下, 大小 a_2 满足

$$qE_2 + mg = ma_2 \quad (3)$$

油滴在时刻 $t_2 = 2t_1$ 的速度为

$$v_2 = v_1 - a_2 t_1 \quad (4)$$

由①②③④式得

$$v_2 = v_0 - 2gt_1 \quad (5)$$

(2) 由题意, 在 $t=0$ 时刻前有

$$qE_1 = mg \quad (6)$$

油滴从 $t=0$ 到时刻 t_1 的位移为

$$s_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2 \quad (7)$$

油滴在从时刻 t_1 到时刻 $t_2 = 2t_1$ 的时间间隔内的位移为

$$s_2 = v_1 t_1 - \frac{1}{2} a_2 t_1^2 \quad (8)$$

由题给条件有

$$v_0^2 = 2g(2h) \quad (9)$$

式中 h 是 B、A 两点之间的距离。

若 B 点在 A 点之上, 依题意有

$$s_1 + s_2 = h \quad (10)$$

由①②③⑥⑦⑧⑨⑩式得

$$E_2 = \left[2 - 2\frac{v_0}{gt_1} + \frac{1}{4}\left(\frac{v_0}{gt_1}\right)^2 \right] E_1 \quad (11)$$

为使 $E_2 > E_1$ ，应有

$$2 - 2\frac{v_0}{gt_1} + \frac{1}{4}\left(\frac{v_0}{gt_1}\right)^2 > 1 \quad (12)$$

即当

$$0 < t_1 < (1 - \frac{\sqrt{3}}{2}) \frac{v_0}{g} \quad (13)$$

或

$$t_1 > (1 + \frac{\sqrt{3}}{2}) \frac{v_0}{g} \quad (14)$$

才是可能的；条件⑬式和⑭式分别对应于 $v_2 > 0$ 和 $v_2 < 0$ 两种情形。

若 B 点在 A 点之下，依题意有

$$s_1 + s_2 = -h \quad (15)$$

由①②③⑥⑦⑧⑨⑮式得

$$E_2 = \left[2 - 2\frac{v_0}{gt_1} - \frac{1}{4}\left(\frac{v_0}{gt_1}\right)^2 \right] E_1 \quad (16)$$

为使 $E_2 > E_1$ ，应有

$$2 - 2\frac{v_0}{gt_1} - \frac{1}{4}\left(\frac{v_0}{gt_1}\right)^2 > 1 \quad (17)$$

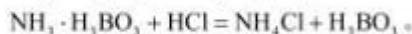
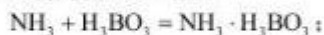
即

$$t_1 > (\frac{\sqrt{5}}{2} + 1) \frac{v_0}{g} \quad (18)$$

另一解为负，不合题意，已舍去。

26. (15 分)

凯氏定氮法是测定蛋白质中氮含量的经典方法，其原理是用浓硫酸在催化剂存在下将样品中有机氮转化成铵盐，利用如图所示装置处理铵盐，然后通过滴定测量。已知：



回答下列问题：

(1) a 的作用是避免 b 中压强过大。

(2) b 中放入少量碎瓷片的目的是防止暴沸。f 的名称是直形冷凝管。

(3) 清洗仪器：g 中加蒸馏水；打开 k_1 ，关闭 k_2 、 k_3 ，加热 b，蒸气充满管路；停止加热，关闭 k_1 ，g 中蒸馏水倒吸进入 c，原因是 c 中温度下降，管路中形成负压；打开 k_2 放掉水。重复操作 2~3 次。

(4) 仪器清洗后，g 中加入硼酸 (H_3BO_3) 和指示剂。铵盐试样由 d 注入 e，随后注入氢氧化钠溶液，用蒸馏水冲洗 d，关闭 k_3 ，d 中保留少量水。打开 k_1 ，加热 b，使水蒸气进入 e。



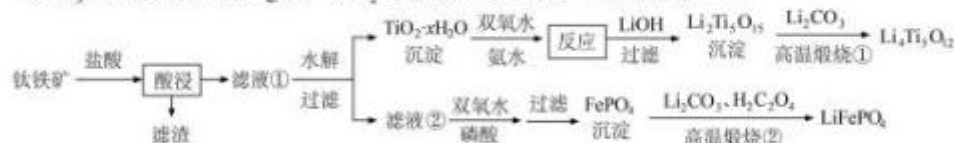
① d 中保留少量水的目的是 液封，防止氨气逸出。

② e 中主要反应的离子方程式为 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，e 采用中空双层玻璃瓶的作用是 保温使氨完全蒸出。

(5) 取某甘氨酸 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$) 样品 m 克进行测定，滴定 g 中吸收液时消耗浓度为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸 $V \text{ mL}$ ，则样品中氮的质量分数为 $\frac{1.4cV}{m}\%$ ，样品的纯度 $\leq \frac{7.5cV}{m}\%$ 。

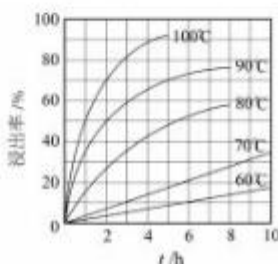
27. (14 分)

$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 都是锂离子电池的电极材料，可利用钛铁矿（主要成分为 FeTiO_3 ，还含有少量 MgO 、 SiO_2 等杂质）来制备。工艺流程如下：

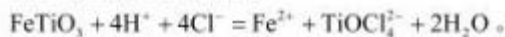


回答下列问题：

(1) “酸浸”实验中，铁的浸出率结果如下图所示。由图可知，当铁的浸出率为 70% 时，所采用的实验条件为 100℃、2 h、90℃、5 h。



(2) “酸浸”后，钛主要以 TiOCl_4^{2-} 形式存在，写出相应反应的离子方程式



(3) $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 沉淀与双氧水、氨水反应 40 min 所得实验结果如下表所示：

温度 /℃	30	35	40	45	50
$\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化率 /%	92	95	97	93	88

分析 40℃ 时 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化率最高的原因 低于 40℃， $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应速率随温度升高而增加；超过 40℃，双氧水分解与氨气逸出导致 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应速率下降。

(4) $\text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 中 Ti 的化合价为 +4，其中过氧键的数目为 4。

(5) 若“滤液②”中 $c(\text{Mg}^{2+}) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，加入双氧水和磷酸（设溶液体积增加 1 倍），使 Fe^{3+} 恰好沉淀完全即溶液中 $c(\text{Fe}^{3+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，此时是否有 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀生成？ Fe^{3+} 恰好沉淀完全时， $c(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{1.3 \times 10^{-22}}{1.0 \times 10^{-5}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.3 \times 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c^3(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{PO}_4^{3-})$ 值为 $0.01^3 \times (1.3 \times 10^{-17})^2 = 1.7 \times 10^{-40} < K_{sp}[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2]$ ，因此不会生成 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀。（列式计算）。 FePO_4 、 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 的 K_{sp} 分别为 1.3×10^{-22} 、 1.0×10^{-24} 。

(6) 写出“高温煅烧②”中由 FePO_4 制备 LiFePO_4 的化学方程式



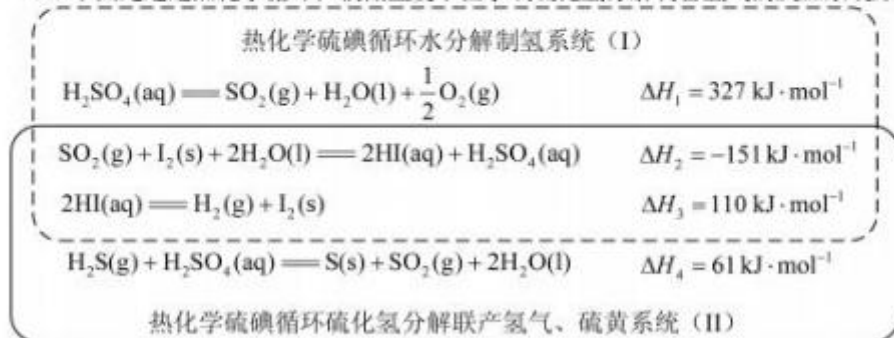
28. (14 分)

近期发现, H_2S 是继 NO 、 CO 之后的第三个生命体系气体信号分子, 它具有参与调节神经信号传递、舒张血管减轻高血压的功能。回答下列问题:

(1) 下列事实中, 不能比较氢硫酸与亚硫酸的酸性强弱的是 D (填标号)。

- A. 氢硫酸不能与碳酸氢钠溶液反应, 而亚硫酸可以
- B. 氢硫酸的导电能力低于相同浓度的亚硫酸
- C. $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氢硫酸和亚硫酸的 pH 分别为 4.5 和 2.1
- D. 氢硫酸的还原性强于亚硫酸

(2) 下图是通过热化学循环在较低温度下由水或硫化氢分解制备氢气的反应系统原理。



通过计算, 可知系统 (I) 和系统 (II) 制氢的热化学方程式分别为
 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = 286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s}) \quad \Delta H = 20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,
 制得等量 H_2 所需能量较少的是 系统 (II)。

(3) H_2S 与 CO_2 在高温下发生反应: $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COS}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。在 610K 时, 将 0.10 mol CO_2 与 $0.40 \text{ mol H}_2\text{S}$ 充入 2.5 L 的空钢瓶中, 反应平衡后水的物质的量分数为 0.02。

① H_2S 的平衡转化率 $\alpha_1 =$ 2.5 %, 反应平衡常数 $K =$ 2.8×10^{-3} 。

② 在 620K 重复实验, 平衡后水的物质的量分数为 0.03, H_2S 的转化率 α_2 > α_1 , 该反应的 ΔH > 0。(填 “>” “<” 或 “=”)。

③ 向反应器中再分别充入下列气体, 能使 H_2S 转化率增大的是 B (填标号)。

- A. H_2S B. CO_2 C. COS D. N_2

29. (10 分)

根据遗传物质的化学组成, 可将病毒分为 RNA 病毒和 DNA 病毒两种类型。有些病毒对人类健康会造成很大危害。通常, 一种新病毒出现后需要确定该病毒的类型。

假设在宿主细胞内不发生碱基之间的相互转换。请利用放射性同位素标记的方法, 以体外培养的宿主细胞等为材料, 设计实验以确定一种新病毒的类型。简要写出 (1) 实验思路, (2) 预期实验结果及结论即可。(要求: 实验包含可相互印证的甲、乙两个组)

答: (1) 思路

甲组: 将宿主细胞培养在含有放射性标记尿嘧啶的培养基中, 之后接种新病毒。培养一段时间后收集病毒并检测其放射性。

乙组: 将宿主细胞培养在含有放射性标记胸腺嘧啶的培养基中, 之后接种新病毒。培养一段时间后收集病毒并检测其放射性。

(2) 结果及结论

若甲组收集的病毒有放射性，乙组无，即为 RNA 病毒；反之为 DNA 病毒。

30. (9 分)

植物的 CO_2 补偿点是指由于 CO_2 的限制，光合速率与呼吸速率相等时环境中的 CO_2 浓度。已知甲种植物的 CO_2 补偿点大于乙种植物的。回答下列问题：

(1) 将正常生长的甲、乙两种植物放置在同一密闭小室中，适宜条件下照光培养。培养后发现两种植物的光合速率都降低，原因是植物在光下光合作用吸收 CO_2 的量大于呼吸作用释放 CO_2 的量，使密闭小室中 CO_2 浓度降低，光合速率也随之降低。甲种植物净光合速率为 0 时，乙种植物净光合速率 大于 0 (填“大于 0”“等于 0”或“小于 0”)。

(2) 若将甲种植物密闭在无 O_2 、但其他条件适宜的小室中，照光培养一段时间后，发现植物的有氧呼吸增加，原因是甲种植物在光下光合作用释放的 O_2 使密闭小室中 O_2 增加，而 O_2 与有机物分解产生的 NADH 发生作用形成水是有氧呼吸的一个环节，所以当 O_2 增多时，有氧呼吸会增加。

31. (8 分)

血浆渗透压可分为胶体渗透压和晶体渗透压，其中，由蛋白质等大分子物质形成的渗透压称为胶体渗透压，由无机盐等小分子物质形成的渗透压称为晶体渗透压。回答下列问题：

(1) 某种疾病导致人体血浆蛋白含量显著降低时，血浆胶体渗透压降低，水分由 血浆 进入组织液，可引起组织水肿等。

(2) 正常人大量饮用清水后，胃肠腔内的渗透压下降，经胃肠吸收进入血浆的水量会 增加，从而使血浆晶体渗透压 降低。

(3) 在人体中，内环境的作用主要为：① 细胞生存的直接环境，② 细胞与外界环境进行物质交换的媒介。

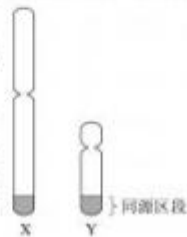
32. (12 分)

某种羊的性别决定为 XY 型。已知其有角和无角由位于常染色体上的等位基因 (N/n) 控制；黑毛和白毛由等位基因 (M/m) 控制，且黑毛对白毛为显性。回答下列问题：

(1) 公羊中基因型为 NN 或 Nn 的表现为有角，nn 无角；母羊中基因型为 NN 的表现为有角，nn 或 Nn 无角。若多对杂合体公羊与杂合体母羊杂交，则理论上，子一代群体中母羊的表现型及其比例为 有角：无角=1：3；公羊的表现型及其比例为 有角：无角=3：1。

(2) 某同学为了确定 M/m 是位于 X 染色体上，还是位于常染色体上，让多对纯合黑毛母羊与纯合白毛公羊交配，子二代中黑毛：白毛=3：1，我们认为根据这一实验数据，不能确定 M/m 是位于 X 染色体上，还是位于常染色体上，还需要补充数据，如统计子二代中白毛个体的性别比例，若 白毛个体全为雌性，则说明 M/m 是位于 X 染色体上；若 白毛个体中雄性：雌性=1：1，则说明 M/m 是位于常染色体上。

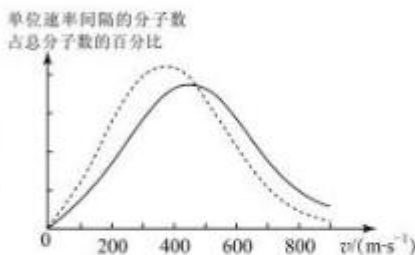
(3) 一般来说，对于性别决定为 XY 型的动物群体而言，当一对等位基因 (如 A/a) 位于常染色体上时，基因型有 3 种；当其仅位于 X 染色体上时，基因型有 5 种；当其位于 X 和 Y 染色体的同源区段时 (如图所示)，基因型有 7 种。



(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，则每科技所做的第一题计分。

33. [物理——选修 3-3] (15 分)

(1) (5 分) 氧气分子在 0°C 和 100°C 温度下单位速率间隔的分子数占总分子数的百分比随气体分子速率的变化分别如图中两条曲线所示。下列说法正确的是 ABC。(填正确答案标号。选对 1 个得 2 分，选对 2 个得 4 分，选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分，最低得分为 0 分)



- 【ABC】
- A. 图中两条曲线下面积相等
 - B. 图中虚线对应于氧气分子平均动能较小的情形
 - C. 图中实线对应于氧气分子在 100°C 时的情形
 - D. 图中曲线给出了任意速率区间的氧气分子数目
 - E. 与 0°C 时相比， 100°C 时氧气分子速率出现在 $0 \sim 400\text{m/s}$ 区间内的分子数占总分子数的百分比较大

(2) (10 分) 如图，容积均为 V 的汽缸 A、B 下端有细管（容积可忽略）连通，阀门 K_2 位于细管的中部，A、B 的顶部各有一阀门 K_1 、 K_3 ；B 中有一可自由滑动的活塞（质量、体积均可忽略）。初始时，三个阀门均打开，活塞在 B 的底部；关闭 K_2 、 K_3 ，通过 K_1 给汽缸充气，使 A 中气体的压强达到大气压 p_0 的 3 倍后关闭 K_1 。已知室温为 27°C ，汽缸导热。



(i) 打开 K_2 ，求稳定时活塞上方气体的体积和压强；

答：设打开 K_2 后，稳定时活塞上方气体的压强为 p_1 ，体积为 V_1 。依题意，被活塞分开的两部分气体都经历等温过程。由玻意耳定律得

$$p_0 V = p_1 V_1 \quad (1)$$

$$(3p_0)V = p_1(2V - V_1) \quad (2)$$

联立①②式得

$$V_1 = \frac{V}{2} \quad (3)$$

$$p_1 = 2p_0 \quad (4)$$

(ii) 接着打开 K_3 ，求稳定时活塞的位置；

答：打开 K_3 后，由④式知，活塞必定上升。设在活塞下方气体与 A 中气体的体积之和为 V_2 ($V_2 \leq 2V$) 时，活塞下气体压强为 p_2 。由玻意耳定律得

$$(3p_0)V = p_2 V_2 \quad (5)$$

由⑤式得

$$p_2 = \frac{3V}{V_2} p_0 \quad (6)$$

由⑥式知，打开 K_3 后活塞上升直到 B 的顶部为止；此时 p_2 为 $p_2' = \frac{3}{2}p_0$ 。

(iii) 再缓慢加热汽缸内气体使其温度升高 20°C ，求此时活塞下方气体的压强。

答：设加热后活塞下方气体的压强为 p_3 ，气体温度从 $T_1 = 300\text{K}$ 升高到 $T_2 = 320\text{K}$ 的

等容过程中，由查理定律得

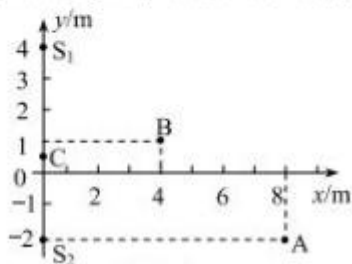
$$\frac{p_2'}{T_1} = \frac{p_3}{T_2} \quad (7)$$

将有关数据代入⑦式得

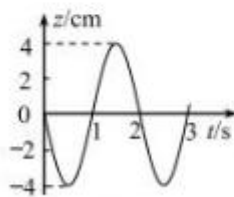
$$p_3 = 1.6 p_0 \quad (8)$$

34. [物理——选修3-4] (15分)

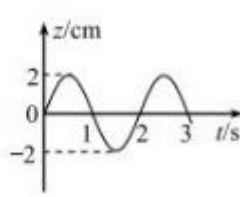
(1) (5分) 如图(a)，在 xy 平面内有两个沿 z 方向做简谐振动的点波源 $S_1(0, 4)$ 和 $S_2(0, -2)$ 。两波源的振动图线分别如图(b)和图(c)所示。两列波的波速均为 1.00 m/s 。两列波从波源传播到点 $A(8, -2)$ 的路程差为 2 m，两列波引起的点 $B(4, 1)$ 处质点的振动相互 减弱 (填“加强”或“减弱”)，点 $C(0, 0.5)$ 处质点的振动相互 加强 (填“加强”或“减弱”)。



图(a)



图(b)



图(c)

(2) (10分) 如图，一玻璃工件的上半部是半径为 R 的半球体， O 点为球心；下半部是半径为 R 、高为 $2R$ 的圆柱体，圆柱体底面镀有反射膜。有一平行于中心轴 OC 的光线从半球面射入，该光线与 OC 之间的距离为 $0.6R$ 。已知最后从半球面射出的光线恰好与入射光线平行(不考虑多次反射)。求该玻璃的折射率。

答：如图，根据光路的对称性和光路可逆性，与入射光线相对于 OC 轴对称的出射光线一定与入射光线平行。这样，从半球面射入的折射光线，将从圆柱体底面中心 C 点反射。

设光线在半球面的入射角为 i ，折射角为 r 。由折射定律有

$$\sin i = n \sin r \quad (1)$$

由正弦定理有

$$\frac{\sin r}{2R} = \frac{\sin(i-r)}{R} \quad (2)$$

由几何关系，入射点的法线与 OC 的夹角为 i 。由题设条件和几何关系有

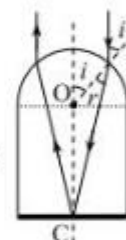
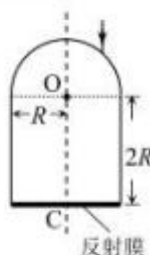
$$\sin i = \frac{L}{R} \quad (3)$$

式中 L 是入射光线与 OC 的距离。由②③式和题给数据得

$$\sin r = \frac{6}{\sqrt{205}} \quad (4)$$

由①③④式和题给数据得

$$n = \sqrt{2.05} \approx 1.43 \quad (5)$$



35. [化学——选修3：物质结构与性质] (15分)

钾和碘的相关化合物在化工、医药、材料等领域有着广泛的应用。回答下列问题：

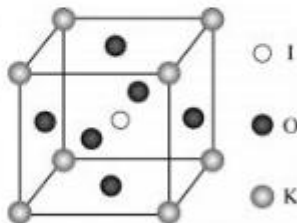
(1) 元素 K 的焰色反应呈紫红色，其中紫色对应的辐射波长为 A nm (填标号)。

A. 404.4 B. 553.5 C. 589.2 D. 670.8 E. 766.5

(2) 基态 K 原子中，核外电子占据最高能层的符号是 N，占据该能层电子的电子云轮廓图形状为 球形。K 和 Cr 属于同一周期，且核外最外层电子构型相同，但金属 K 的熔点、沸点等都比金属 Cr 低，原因是 K 原子半径较大且价电子数较少，金属键较弱。

(3) X 射线衍射测定等发现， I_3AsF_6 中存在 I_3^+ 离子。 I_3^+ 离子的几何构型为 V 形，中心原子的杂化形式为 sp^3 。

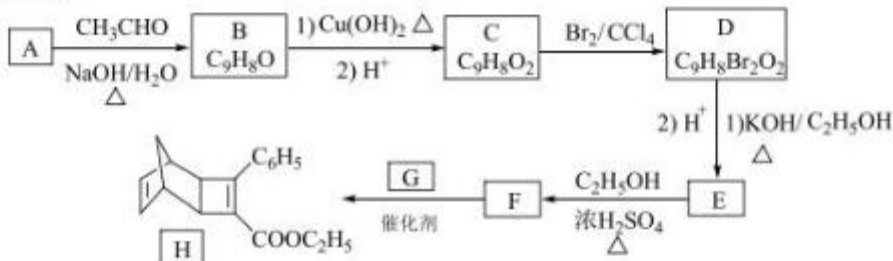
(4) KIO_3 晶体是一种性能良好的非线性光学材料，具有钙钛矿型的立方结构，边长为 $a = 0.446 \text{ nm}$ ，晶胞中 K、I、O 分别处于顶角、体心、面心位置，如图所示。K 与 O 间的最短距离为 0.315 nm，与 K 紧邻的 O 个数为 12。



(5) 在 KIO_3 晶胞结构的另一种表示中，I 处于各顶角位置，则 K 处于 体心 位置，O 处于 棱心 位置。

36. [化学——选修 5：有机化学基础] (15 分)

化合物 H 是一种有机光电材料中间体。实验室由芳香化合物 A 制备 H 的一种合成路线如下：



已知：① $RCHO + CH_3CHO \xrightarrow[\Delta]{NaOH/H_2O} RCH=CHCHO + H_2O$



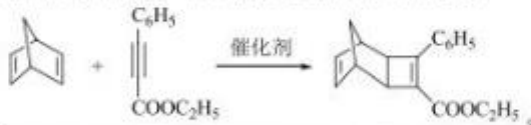
回答下列问题：

(1) A 的化学名称是 苯甲醛。

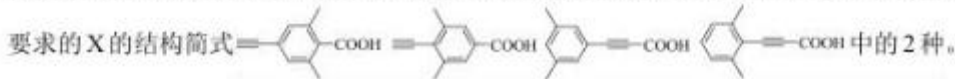
(2) 由 C 生成 D 和 E 生成 F 的反应类型分别是 加成反应、取代反应。

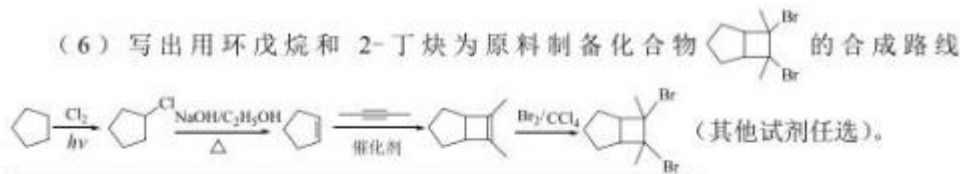
(3) E 的结构简式为 $C_6H_5-C\equiv C-COOH$ 。

(4) G 为甲苯的同分异构体，由 F 生成 H 的化学方程式为



(5) 芳香化合物 X 是 F 的同分异构体，X 能与饱和碳酸氢钠溶液反应放出 CO_2 ，其核磁共振氢谱显示有 4 种不同化学环境的氢，峰面积比为 6:2:1:1。写出 2 种符合要求的 X 的结构简式





37. [生物——选修1：生物技术实践] (15分)

某些土壤细菌可将尿素分解成 CO_2 和 NH_3 ，供植物吸收和利用。回答下列问题：

(1) 有些细菌能分解尿素，有些细菌则不能，原因是前者能产生脲酶尿素的细菌不能以尿素的分解产物 CO_2 作为碳源，原因是分解尿素的细菌是异养生物，不能利用 CO_2 来合成有机物。但可用葡萄糖作为碳源，进入细菌体内的葡萄糖的主要作用是为细胞生命活动提供能量，为其他有机物的合成提供原料 (答出两点即可)。

(2) 为了筛选可分解尿素的细菌，在配制培养基时，应选择尿素 (填“尿素”“ NH_4NO_3 ”或“尿素+ NH_4NO_3 ”)作为氮源，不选择其他两组的原因是其他两组都含有 NH_4NO_3 ，能分解尿素的细菌和不能分解尿素的细菌都能利用 NH_4NO_3 ，不能起到筛选作用。

(3) 用来筛选分解尿素细菌的培养基含有 KH_2PO_4 和 Na_2HPO_4 ，其作用有为细菌生长提供无机营养，作为缓冲剂保持细胞生长过程中pH稳定 (答出两点即可)。

38. [生物——选修3：现代生物科技专题] (15分)

真核生物基因中通常有内含子，而原核生物基因中没有，原核生物没有真核生物所具有的切除内含子对应的RNA序列的机制。已知在人体中基因A (有内含子) 可以表达出某种特定蛋白 (简称蛋白A)。回答下列问题：

(1) 某同学从人的基因组文库中获得了基因A，以大肠杆菌作为受体细胞却未得到蛋白A，其原因是基因A有内含子，在大肠杆菌中，其初始转录产物中与内含子对应的RNA序列不能被切除，无法表达出蛋白A。

(2) 若用家蚕作为表达基因A的受体，在噬菌体和昆虫病毒两种载体中，不选用噬菌体作为载体，其原因是噬菌体的宿主是细菌，而不是家蚕。

(3) 若要高效地获得蛋白A，可选用大肠杆菌作为受体。因为与家蚕相比，大肠杆菌具有繁殖快、容易培养 (答出两点即可) 等优点。

(4) 若要检测基因A是否翻译出蛋白A，可用的检测物质是蛋白A的抗体 (填“蛋白A的基因”或“蛋白A的抗体”)。

(5) 艾弗里等人的肺炎双球菌转化实验为证明DNA是遗传物质做出了重要贡献，也可以说是基因工程的先导，如果说他们的工作为基因工程理论的建立提供了启示，那么，这一启示是DNA可以从一种生物个体转移到另一种生物个体。