

# 生物 解题 思路

——Rq Cen

# 目 录

第一章 生物的物质基础	1
第二章 细胞的基本结构	15
第三章 物质的跨膜运输	28
第四章 生命活动中的能量变化	44
第五章 呼吸作用和光合作用	54
第六章 细胞的生命历程	71
第七章 遗传的基本规律	82
第八章 基因和染色体	101
第九章 基因的本质与基因的表达	116
第十章 基因突变与染色体变异	130
第十一章 人类的遗传病	140
第十二章 生物的进化	153
第十三章 人体的内环境与稳态	159
第十四章 神经调节	166
第十五章 体液调节	178
第十六章 免疫调节	193
第十七章 植物生命活动的调节	206
第十八章 种群及其动态	217
第十九章 群落及其演替	228
第二十章 生态系统及其稳定性	235

第二十一章 发酵工程.....	253
第二十二章 细胞工程.....	264
第二十三章 基因工程.....	271

## 第一章 生物的物质基础

生物的物质基础主要包括构成生物的无机物和有机物，需掌握一定的化学和物理知识，生物分子的化学结构、化学性质、化学反应都遵循基本的化学规律。从学习本章的角度，各类生物分子之间的关联性不太强，需结合后续章节学习的细胞的结构和生命活动，建立类型生物分子之间的联系，并牢固理解记忆。

1. (2022 全国甲卷) 钙在骨骼生长和肌肉收缩等过程中发挥重要作用。晒太阳有助于青少年骨骼生长，预防老年人骨质疏松。下列叙述错误的是

- A. 细胞中有以无机离子形式存在的钙
- B. 人体内  $\text{Ca}^{2+}$  可自由通过细胞膜的磷脂双分子层
- C. 适当补充维生素 D 可以促进肠道对钙的吸收
- D. 人体血液中钙离子浓度过低易出现抽搐现象

解析：本题考察细胞和人体中钙元素的性质和功能。逐个分析判断各选项。

选项 A，以无机离子形式存在的钙就是  $\text{Ca}^{2+}$ ，对于调节细胞的信号调节有重要作用。正确，排除。

选项 B，细胞膜的磷脂双分子层中间是较厚的疏水层，带电荷的离子都无法自由通过。错误，备选。

选项 C，维生素 D 有促进肠道吸收钙的作用。正确，排除。

选项 D，人体血液中  $\text{Ca}^{2+}$  浓度过低会导致抽搐现象。正确，排除。

本题选 B。

选项 A、C、D 都是需要记忆的知识，记牢了就容易判断，没记牢就难以下手。

选项 B 虽然很大程度上也是需要记忆的知识，但是也可以根据磷脂双分子层的结构特点，亲水与疏水的化学规律进行判断。

从本题可以看出，只要记忆清楚生物中的每个知识点就可以较容易地作出一些题目，通过原理进行分析推断也可以。

2. (2022 湖南) 胶原蛋白是细胞外基质的主要成分之一，其必需氨基酸含量比蛋清蛋白高，下列叙述正确的是 ( )

- A. 胶原蛋白的氮元素主要存在于氨基中
- B. 皮肤表面涂抹的胶原蛋白可被直接吸收
- C. 胶原蛋白的形成与内质网和高尔基体有关
- D. 胶原蛋白比蛋清蛋白的营养价值高

解析：根据胶原蛋白的名称可知该物质是一种蛋白质。

题干已知胶原蛋白是细胞外基质的主要成分之一，表明该蛋白质主要存在于细胞外的基质中。

题干还已知胶原蛋白的非必需氨基酸含量比蛋清蛋白高，表明其胶原蛋白的必需氨基酸含量比蛋清蛋白低。非必须氨基酸是人体自身可以自身合成的氨基酸，即使不通过食物补充一般也不会匮乏。而必需氨基酸是人体自身不能合成的氨基酸，必需从食物中获取。因此胶原蛋白的营养价值不如蛋清蛋白。

逐个分析判断各选项。

选项 A，因为胶原蛋白是一种蛋白质，蛋白质是由氨基酸聚合而成的多肽链，经盘曲折叠、结合而成。氨基酸聚合成多肽链时，氨基与羧基脱水聚合形成酰胺，因此氮元素主要存在于酰胺基团中，而非氨基中。错误，排除。

选项 B，皮肤没有直接吸收蛋白质的功能，蛋白质需由消化系统分解吸收，再由循环系统将营养物质运输到全身各处。错误，排除。

选项 C，胶原蛋白是一种蛋白质，细胞中内质网和高尔基体参与蛋白质的合成与加工。正确，备选。

选项 D，按照上述分析，由于胶原蛋白中的非必需氨基酸含量比

蛋清蛋白高，则必需通过食物补充的必需氨基酸含量比蛋清蛋白低，因此其营养价值比蛋清蛋白低。错误，排除。

本题选 C。

3. (2022 湖南) 洗涤剂中的碱性蛋白酶受到其他成分的影响而改变构象，部分解折叠后可被正常碱性蛋白酶特异性识别并降解(自溶)失活。此外，加热也能使碱性蛋白酶失活，如图所示。下列叙述错误的是 ( )



- A. 碱性蛋白酶在一定条件下可发生自溶失活
- B. 加热导致碱性蛋白酶构象改变是不可逆的
- C. 添加酶稳定剂可提高碱性蛋白酶洗涤剂的去污效果
- D. 碱性蛋白酶可降低洗涤剂用量，减少环境污染

解析：根据碱性蛋白酶的名称可知，这是一种可在碱性条件下催化蛋白质水解的酶。

题干已知碱性蛋白酶受到其他成分的影响而改变构象，部分解折叠后可被正常碱性蛋白酶特异性识别并降解(自溶)失活。表明该酶本身也是一种蛋白质，发生变化后可被同种的其他酶水解。正常的构象可以确保其不会被同类水解。

根据题图可知，该酶加热后由天然状态变为部分解折叠，即“解除折叠”。降温后可恢复到天然状态。若进一步加热则完全解折叠，可以认为失去活性。

逐个分析判断各选项。

选项 A，题干已经明确了碱性蛋白酶在一定条件下构象变化，可发生自溶失活。正确，排除。

选项 B，根据题图可知，初步加热导致碱性蛋白酶构象改变，降温后可恢复天然状态，是可逆的。错误，备选。

选项 C，根据酶稳定剂的名称，可知其作用可以令酶更加稳定，减少碱性蛋白酶发生自溶失活，从而提高洗涤剂的去污效果。正确，排除。

选项 D，碱性蛋白酶可催化化学成分为蛋白质的污物的分解，提高洗涤剂的去污效果，从而降低洗涤剂用量，减少环境污染。正确，排除。

本题选 B。

需注意，虽然课本中介绍了大多数蛋白质在高温下失活后无法复性，但本题明确告知碱性蛋白酶加热部分解折叠，降温可恢复天然状态，是一种较特殊的酶。

高中生物所学习涉的许多共性规律当中仍有大量特例，一方面，要根据题目的具体情况进行判断；另一方面，要尽可能避免绝对化的表述。

4. (2021 全国乙卷) 植物在生长发育过程中，需要不断从环境中吸收水。下列有关植物体内水的叙述，错误的是 ( )

- A. 根系吸收的水有利于植物保持固有姿态
- B. 结合水是植物细胞结构的重要组成部分
- C. 细胞的有氧呼吸过程不消耗水但能产生水
- D. 自由水和结合水比值的改变会影响细胞的代谢活动

解析：植物从环境中吸收水主要是通过根系从土壤中吸收。植物对水分的利用除了创造水环境的自由水和作为结构物质的结合水外，非常独特且重要的用途是通过蒸腾作用，在植物体内自下而上地运输营养物质。逐个分析判断各选项。

选项 A，根系吸收的水中有一部分作为结合水，构成细胞和生物

体的结构物质。此外，水分也植物细胞内液泡的主要物质，对于维持植物细胞的结构非常重要。水在这两方面的作用都有利于植物保持固有姿态。正确，排除。

选项 B，结合水在许多生物分子的成分之一，因而是植物细胞结构的重要组成部分。正确，排除。

选项 C，虽然细胞的有氧呼吸的总反应方程式为产生水，但是具体过程既消耗水，也产生水。错误，备选。

选项 D，自由水和结合水比值对生物化学反应的速率、细胞环境的酸碱度、渗透压等都有影响，因此会影响细胞的代谢活动。正确，排除。

本题选 C。

5. (2021 全国甲卷) 已知①酶、②抗体、③激素、④糖原、⑤脂肪、⑥核酸都是人体内有重要作用的物质。下列说法正确的是 ( )

- A. ①②③都是由氨基酸通过肽键连接而成的
- B. ③④⑤都是生物大分子，都以碳链为骨架
- C. ①②⑥都是由含氮的单体连接成的多聚体
- D. ④⑤⑥都是人体细胞内的主要能源物质

解析：本题很直接地考察有关生物分子的性质。先逐个简要分析：

①酶当中绝大多数的化学成分是蛋白质，也有一些酶是核酸。

②抗体的主要化学成分是蛋白质。

③激素的种类很多，有些是蛋白质，有些是固醇类。

④糖原是动物体内的储存物质，由葡萄糖单体聚合而成的高分子。

⑤脂肪一般由甘油和脂肪酸脱水生成，磷脂中还含有磷酸基团。

⑥核酸是由核苷酸聚合而成的高分子，主要为遗传功能。

逐个分析判断各选项。

选项 A，一些酶的化学成分是核酸，一些激素的化学成分是固醇



类。错误，排除。

选项 B，固醇不是生物大分子。一般大分子指由大量单体聚合生成的多聚物，如蛋白质、纤维素、糖原、RNA、DNA 等。脂质、固醇等不属于生物大分子。错误，排除。

选项 C，蛋白质的单体是氨基酸，核酸的单体是核苷酸，都是含氮化合物。正确，备选。

选项 D，糖原和脂肪是人体细胞内的主要能源物质，核酸不是。错误，排除。

本题选 C。

6. (2020 天津) 组成下列多聚体的单体的种类最多的是 ( )

A. 血红蛋白

B. DNA

C. 淀粉

D. 纤维素

解析：血红蛋白的是蛋白质，单体为氨基酸。构成蛋白质的氨基酸有 21 种（部分版本教材为 20 种）。

DNA 是脱氧核糖核酸，单体为脱氧核苷酸，有 A、T、G、C 共 4 种。

淀粉和纤维素的单体都是葡萄糖，葡萄糖分子之间成键的方式不同，都只有 1 种单体。

本题选 A。

7. (2020 海南) 下列关于人体脂质的叙述，正确的是 ( )

A. 组成脂肪与糖原的元素种类不同

B. 磷脂水解的终产物为甘油和脂肪酸

C. 性激素属于固醇类物质，能维持人体第二性征

D. 维生素 D 是构成骨骼的主要成分，缺乏维生素 D 会影响骨骼发育

解析：脂质主要有脂肪、磷脂、固醇类三种。脂肪是由甘油和脂

肪酸组成的分子。磷脂是由甘油、脂肪酸、磷酸组成的分子。固醇是有多个碳环的有机物分子。逐个分析判断各选项。

选项 A，脂肪由甘油和脂肪酸组成，甘油含碳、氢、氧元素，脂肪酸含碳、氢元素，综上脂肪主要含碳、氢、氧元素。糖原由葡萄糖聚合而成，葡萄糖含碳、氢、氧元素，糖原与之相同。组成脂肪和糖原的元素种类相同。错误，排除。

选项 B，磷脂水解的终产物为甘油、脂肪酸、磷酸。错误，排除。

选项 C，性激素的化学成分为固醇类，基本作用是维持人体第二性征。正确，备选。

选项 D，维生素 D 可促进骨骼对钙的吸收，骨骼的主要成分是含钙的矿物质。错误，排除。

本题选 C。

8.(2020 江苏)下列关于细胞中生物大分子的叙述,错误的是( )

- A. 碳链是各种生物大分子的结构基础
- B. 糖类、脂质、蛋白质和核酸等有机物都是生物大分子
- C. 细胞利用种类较少的小分子脱水合成种类繁多的生物大分子
- D. 细胞中生物大分子的合成需要酶来催化

解析：逐个分析判断各选项。

选项 A，生物大分子主要包括多糖、蛋白质、DNA、RNA，它们的基本结构都是碳链，事实上碳链是几乎所有天然有机物和绝大多数人工合成的大分子的基本骨架。正确，排除。

选项 B，大分子特指由大量单体聚合而成的聚合物，糖类、蛋白质、核酸是分别由单糖、氨基酸、核苷酸聚合而成的聚合物。脂质是不同的有机分子，不属于大分子。错误，备选。

选项 C，生物大分子都是由种类较少的小分子脱水合成的。生物大分子种类繁多的主要原因是小分子的排列顺序不同，以及间接导致

的空间结构不同。正确，排除。

选项 D，酶是催化细胞中生物化学反应的重要催化剂，几乎所有生物化学反应都需要通过酶的催化进行控制，合成生物大分子属于需要由酶催化控制的反应。正确，排除。

本题选 B。

9. (2020 江苏) 下列关于细胞中无机化合物的叙述，正确的是

- A. 自由水是生化反应的介质，不直接参与生化反应
- B. 结合水是细胞结构的重要组成成分，主要存在于液泡中
- C. 无机盐参与维持细胞的酸碱平衡，不参与有机物的合成
- D. 无机盐多以离子形式存在对维持生命活动有重要作用

解析：细胞中的无机化合物主要包括水和无机盐。逐个分析判断各选项。

选项 A，自由水可以作为水解反应的反应物直接参与生化反应。错误，排除。

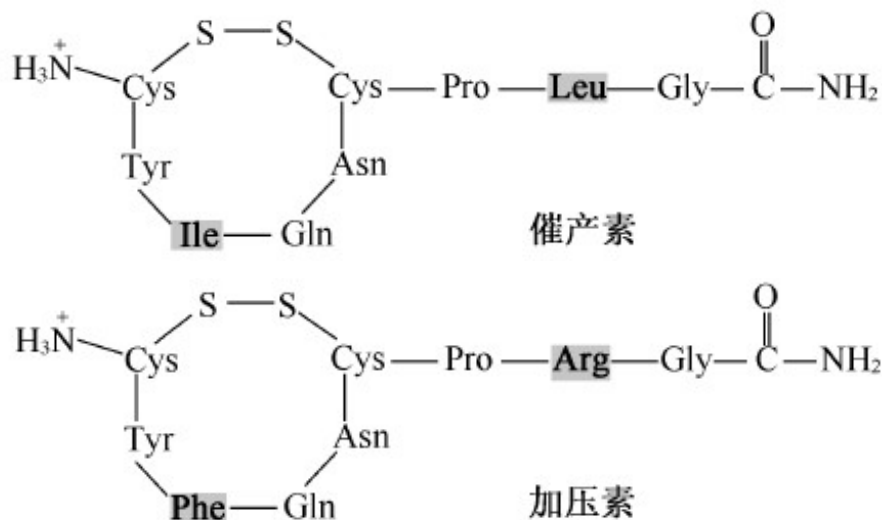
选项 B，液泡中的水是自由水，起到溶剂的作用，结合水主要与生物分子结合在一起，一般不以液态水的形式存在。错误，排除。

选项 C，无机盐中的磷酸参与磷脂、(脱氧)核苷酸的合成。错误，排除。

选项 D，无机盐多以离子形式存在，对维持生命活动有重要作用。前半句正确，后半句是非常笼统的表述。正确，备选。

本题选 D。

10. (2018 江苏) 哺乳动物的催产素具有催产和排乳的作用，加压素具有升高血压和减少排尿的作用。两者结构简式如图，各氨基酸残基用 3 个字母缩写表示。下列叙述正确的是 ( )



- A. 两种激素都是由八肽环和三肽侧链构成的多肽类化合物
- B. 氨基酸之间脱水缩合形成的水分子中氢全部来自氨基
- C. 肽链中游离氨基的数目与参与构成肽链的氨基酸种类无关
- D. 两种激素间因 2 个氨基酸种类不同导致生理功能不同

解析：题干介绍催产素具有催产和排乳的作用，加压素具有升高血压和减少排尿的作用，还给出了两种激素的分子式。升高血压很可能有助于促进排乳，减少排尿也可能对产下胎儿有帮助。

根据结构式可知，这两种激素的化学成分都是蛋白质（多肽），且它们的化学结构很相似，仅两个位置处的氨基酸不同。

根据催产素和加压素的作用和分子式，可以猜测它们发挥功能的途径和原理有相似或相通之处。

逐个分析判断各选项。

选项 A，观察比较两种激素的结构式，肽环都各只有 6 个氨基酸，最上方是两个 S 原子，不是氨基酸，因此是六肽环。错误，排除。

选项 B，氨基酸之间脱水缩合时，羧基脱去  $-\text{OH}$ ，氨基脱去  $-\text{H}$ ，因此脱去的水分子中的两个氢原子一个来自羧基、一个来自氨基。错误，排除。

选项 C，有些氨基酸除了骨架中的氨基外，R-基团中也含氨基，所以肽链中游离氨基的数目与参与构成肽链的氨基酸种类有关。错误，

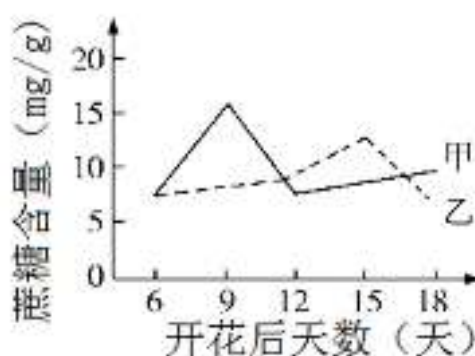
排除。

选项 D, 氨基酸序列的不同, 以及引起的蛋白质结构的不同, 是倒置蛋白质生理功能不同的主要原因。正确, 备选。

本题选 D。

本题的选项 A 存在一定迷惑性, 在阅读分析结构式时, 要仔细分辨氨基酸的简写与具体原子。选项 B 需要掌握具体化学反应过程。选项 C 需要对各氨基酸的 R-基团的大致情况有所了解。

11. (2020 山东)(不定项) 棉花纤维由纤维细胞形成。蔗糖经膜蛋白 SUT 转运进入纤维细胞后逐渐积累, 在纤维细胞的加厚期被大量水解后参与纤维素的合成。研究人员用普通棉花品系培育了 SUT 表达水平高的品系 F, 检测两品系植株开花后纤维细胞中的蔗糖含量, 结果如图所示。下列说法正确的是 ( )



- A. 纤维素的基本组成单位是葡萄糖和果糖
- B. 曲线甲表示品系 F 纤维细胞中的蔗糖含量
- C. 15~18 天曲线乙下降的主要原因是蔗糖被水解后参与纤维素的合成
- D. 提高 SUT 的表达水平会使纤维细胞加厚期延后

解析: 题干已知棉花纤维由纤维细胞形成, 表明棉花纤维具有基本的细胞结构和生命活动。植物纤维的主要成分为纤维素, 由葡萄糖聚合而成, 纤维细胞很可能有利用葡萄糖合成纤维素的功能。

题干还已知蔗糖经膜蛋白 SUT 转运进入纤维细胞后逐渐积累,

在纤维细胞的加厚期被大量水解后参与纤维素的合成。蔗糖是由葡萄糖和果糖二聚形成的二糖，水解后得到葡萄糖和果糖，其中葡萄糖可用于合成纤维素，果糖的利用途径或是否用于合成纤维素暂时无法确定。

需注意，蔗糖经膜蛋白 SUT 转运进入纤维细胞，因此膜蛋白 SUT 的数量和发挥功能的情况决定了转入的蔗糖含量，从而影响着合成的纤维素的多少。

SUT 表达水平高的品系 F 中由于含有较多膜蛋白 SUT，转运蔗糖进入细胞的效率更高。由于转运进入细胞的蔗糖被分解用于合成纤维素，因此细胞内蔗糖含量可能不会明显升高。又因为分解蔗糖的酶的催化效率有上限，因此若转入的蔗糖过多，来不及被及时分解，则会在细胞内积累。

观察题图，横坐标为开花后天数，即时间；纵坐标为蔗糖含量。曲线甲起初显著高于曲线乙，很可能甲是品系 F。品系 F 由于含较多 SUT，所以转运进入细胞的蔗糖很多。后来蔗糖含量开始下降，可能是因为蔗糖含量达到一定值后细胞才能启动分解蔗糖的功能，开始稳定地转运蔗糖、分解蔗糖、合成纤维束。

曲线乙中起初蔗糖含量增加得比甲慢，且蔗糖含量开始下降的天数也明显晚于甲，很可能是因为转入蔗糖的速率较慢，导致细胞启动分解利用蔗糖的功能较晚。

逐个分析判断各选项。

选项 A，纤维素的基本组成单位只有葡萄糖，没有果糖。错误，排除。

选项 B，按照上述分析，曲线甲更早积累了更多蔗糖，且更早启动蔗糖的分解，对应 SUT 表达水平高的品系 F。正确，备选。

选项 C，按照上述分析，15~18 天曲线乙下降的主要原因是蔗糖被水解后参与纤维素的合成。正确，备选。

选项 D, 题干已知蔗糖在纤维细胞的加厚期被大量水解, 而图中甲曲线对应 SUT 表达水平高的品系 F, 蔗糖大量水解的加厚期提前。错误, 排除。

本题选 BC。

本题难度较高, 需要能根据生物分子的具体功能, 分析推理出它对细胞其他生命活动的影响。还要能根据物质随时间的变化, 分析猜测生命活动的过程和调节机制。

12. (2019 江苏) 为探究玉米籽粒发芽过程中一些有机物含量的变化, 研究小组利用下列供选材料用具进行了实验。材料用具: 玉米籽粒; 斐林试剂, 双缩脲试剂, 碘液, 缓冲液, 淀粉, 淀粉酶等; 研钵; 水浴锅, 天平, 试管, 量筒, 容量瓶, 显微镜, 玻片, 酒精灯等。请回答下列问题:

(1) 为了检测玉米籽粒发芽过程中蛋白质(肽类)含量变化, 在不同发芽阶段玉米提取液中, 分别加入\_\_\_\_\_试剂, 比较颜色变化。该实验需要选用的器具有\_\_\_\_\_ (填序号)

①试管 ②滴管 ③量筒 ④酒精灯 ⑤显微镜

(2) 为了检测玉米籽粒发芽过程中淀粉含量变化, 将不同发芽阶段的玉米籽粒纵切, 滴加\_\_\_\_\_, 进行观察。结果显示, 胚乳呈蓝色块状, 且随着发芽时间的延长, 蓝色块状物变小。由此可得出的结论是\_\_\_\_\_。

(3) 为了验证上述蓝色块状物变小是淀粉酶作用的结果, 设计了如下实验: 在 1~4 号试管中分别加入相应的提取液和溶液(如图所示)。40℃温育 30min 后, 分别加入斐林试剂并 60℃水浴加热, 观察试管内颜色变化。请继续以下分析:



①设置试管 1 作为对照，其主要目的是\_\_\_\_\_。

②试管 2 中应加入的 X 是\_\_\_\_\_的提取液。

③预测试管 3 中的颜色变化是\_\_\_\_\_。若试管 4 未出现预测结果(其他试管中结果符合预期)，则最可能的原因是\_\_\_\_\_。

解析：本题的目的是探究玉米籽粒发芽过程中一些有机物含量的变化。材料用具可分为几类：

a.实验原料：玉米籽粒；

b.检验试剂：斐林试剂可检验还原性糖，双缩脲试剂可检验蛋白质，碘液可检验淀粉，缓冲液用于维持稳定的酸碱性的，淀粉和淀粉酶的作用需进一步了解；

c.实验装置：研钵用于将固体磨碎，水浴锅用于恒温加热，天平用于称重，试管是容器，量筒用于量体积，容量瓶用于配溶液，显微镜用于观察，玻片用于制作切片，酒精灯用于加热。

逐个分析回答各问题：

(1) 检验蛋白质（肽类）使用的试剂为双缩脲试剂，遇蛋白质显紫红色。该实验中，一般用滴管将提取液滴加在试管中观察颜色变化。又由于要比较含量的变化，需进行定量的比较，因此要用量筒配置相同浓度和体积的试剂。该实验不需要用显微镜观察，反应也不需要加热。因此选用①试管②滴管③量筒。

(2) 检测淀粉含量变化使用的试剂为碘液。碘遇淀粉显蓝色。胚乳变蓝色，说明淀粉主要在胚乳中。蓝色块状物变小，说明淀粉变少。综上可得结论：玉米籽粒的淀粉主要储存在胚乳中，且随着发芽



时间的延长，淀粉逐渐减少。

(3) 若能证明蓝色块状物变小是淀粉酶作用的结果，则可进一步证实蓝色块状物就是淀粉遇碘液显色所产生的物体。

试管 1 中为缓冲液和淀粉溶液，40℃温育 30min 后不发生变化。再加入斐林试剂并 60℃水浴加热，由于淀粉未水解，所以不会产生砖红色沉淀。

试管 2 中为 X 和淀粉溶液，暂不清楚发生什么现象。

试管 3 中为发芽玉米提取液和淀粉溶液，原本显蓝色。虽然没有额外加淀粉酶，但是因为发芽玉米籽粒中淀粉本身会减少，说明发芽玉米籽粒中应当含有淀粉酶，所以 40℃温育 30min 后部分淀粉水解为葡萄糖。再加入斐林试剂并 60℃水浴加热，与还原性糖反应生成砖红色沉淀。

试管 4 中为淀粉酶和淀粉，40℃温育 30min 后部分淀粉水解为葡萄糖。再加入斐林试剂并 60℃水浴加热，与还原性糖反应生成砖红色沉淀。

①设置试管 1 作为对照，其主要目的是确定在没有淀粉酶的情况下，将淀粉 40℃温育 30min 后不会产生还原性糖。

②实验为验证蓝色块状物变小是淀粉酶作用的结果，而蓝色块状物变小是玉米籽粒发芽过程中的现象，作为对照，X 应为发芽前的玉米提取液，该试管用于证明发芽前的玉米中不含有活性的淀粉酶。

③由于发芽后蓝色块状物变小，说明发芽后玉米籽粒中含淀粉酶，因此可将淀粉水解生成还原性糖，与斐林试剂反应生成砖红色沉淀。

试管 4 中的预期结果应为产生砖红色沉淀。若未出现，有可能是因为淀粉酶失活。

## 第二章 细胞的基本结构

细胞是生命活动的结构基础，没有细胞结构的病毒、类病毒、朊病毒等生物也需要借助宿主的细胞才能进行生命活动。理解细胞学说对生物学研究的重要意义，特别是细胞的统一性和多样性与物种的多样性之间的关系，是将看似零散的生物知识系统地联系起来的的第一步。

细胞的生命功能由细胞核、细胞膜及各类细胞器分别行使。要清晰准确牢固地记忆各功能结构的化学成分、基本结构、主要功能、照片或简图，理清各结构相互之间的协作关系，以及细胞生命活动的作用和失灵所导致的后果。

除了关于细胞结构的具体知识外，观察和分析细胞结构时所使用的仪器设备和物理化学方法的原理、具体操作、现象结果也是需要重点掌握的内容。例如：相对较大的结构可借助光学显微镜直接观察，相对较小的结构或内部结构需要借助电子显微镜等方法间接观测，一些结构由于其特有的化学成分，可以通过染色等方式与周围区分等。

1. (2019 浙江 4 月) 细胞学说认为：所有的生物都是由一个获得多个细胞组成的；细胞是所有生物的结构和功能的单位；所有的细胞必定是由已存在的细胞产生的。据此分析，下列叙述错误的是 ( )

- A. 生物具有多样性
- B. 生物具有遗传性
- C. 生物能定向变异
- D. 生物具有统一性

解析：题干给出了细胞学说的三个要点。需判断三条叙述的正误。最好能根据已学知识直接判断，一般需根据题干条件分析判断。也极小的有可能虽然叙述正确，但不能用题干知识予以解释。

逐个分析判断各选项：

选项 A，生物具有多样性。根据课本知识可知该表述正确。“所

有的生物都是由一个获得多个细胞组成的”表明生物可能有一个或多个细胞组成，细胞数量的多少是导致生物多样性的因素之一。正确，排除。

选项 B，生物具有遗传性。根据课本知识可知该表述正确。“所有的细胞必定是由已存在的细胞产生的”表明新细胞由已存在的细胞产生，表达了细胞之间的遗传性，是导致生物具有遗传性的原因。正确，排除。

选项 C，生物能定向变异。根据进化论可知该表述错误，生物的变异没有方向性，变异是随机的，经生存竞争和自然选择，为适应环境才具有了一定的方向性。题干中的三条表述也与之无关。错误，备选。

选项 D，生物具有统一性。根据课本知识可知该表述正确。“细胞是所有生物的结构和功能的单位”表明了所有生物具有相同的结构和功能单位，即生物具有统一性。正确，排除。

本题选 C。

2. (2020 江苏) 下列关于真核细胞的结构与功能的叙述，正确的是 ( )

- A. 根据细胞代谢需要，线粒体可在细胞基质中移动和增殖
- B. 细胞质基质、线粒体基质和叶绿体基质所含核酸的种类相同
- C. 人体未分化的细胞中内质网非常发达，而胰腺分泌细胞中则较少
- D. 高尔基体与分泌蛋白的合成、加工、包装和膜泡运输紧密相关

解析：题干要求判断关于真核细胞的结构与功能的叙述。逐个分析判断各选项。

选项 A，线粒体是为细胞提供能量的主要细胞器，可以根据细胞代谢需要，聚集在代谢旺盛的区域。一般情况下大部分细胞器可以在

细胞内移动，以及增多或减少。暂认为正确，备选。

选项 B，细胞质机制有可能有从细胞核中运出的用于翻译成蛋白质的 RNA。线粒体基质和叶绿体基质中都含有 DNA。所含核酸种类不同。错误，排除。

选项 C，粗面内质网是合成蛋白质的主要场所，光面内质网是合成脂质的主要场所。合成分泌物质旺盛的细胞往往内质网发达。胰腺分泌细胞的分泌功能比未分化的细胞旺盛，内质网也应当更发达。错误，排除。

选项 D，高尔基体与分泌蛋白加工、包装和膜泡运输紧密相关，与合成无直接联系。错误，排除。

本题选 A。

本题的 D 选项有些抠字眼。如果将“分泌蛋白的合成、加工、包装和膜泡运输”理解为一个流程，则认为高尔基体与该程紧密相关是正确的。如果将其理解为“合成”“加工”“包装”“膜泡运输”四个分别的步骤，则高尔基体与“合成”无直接关联，所以是错误的。

3. (2020 浙江) 溶酶体是内含多种酸性水解酶的细胞器。下列叙述错误的是 ( )

- A. 高尔基体断裂后的囊泡结构和形成溶酶体
- B. 中性粒细胞吞入的细菌可被溶酶体中的多种酶降解
- C. 溶酶体是由脂双层构成的内、外两层膜包被的小泡
- D. 大量碱性物质进入溶酶体可使溶酶体中酶的活性发生改变

解析：题干已知溶酶体是内含多种酸性水解酶的细胞器。课本还介绍溶酶体是单层膜的细胞器。

逐个分析判断各选项。

选项 A，溶酶体以出芽的形式从高尔基体上产生。正确，排除。一些版本的教材没有介绍溶酶体的形成过程，暂不需要掌握。如果遇

到忘记或不知道的内容，本选项没有明显违背所学知识的错误，可以暂时搁置，根据其他选项判断。

选项 B，溶酶体的水解作用有杀死侵入或吞入的病原体的功能。正确，排除。

选项 C，溶酶体是单层膜结构。错误，备选。

选项 D，由于溶酶内含多种酸性水解酶，大量碱性物质进入溶酶体后改变了溶酶体中溶液的酸碱性，导致溶酶体中酶的活性发生改变。正确，排除。

本题选 C。

4. (2020 全国 II) 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 ( )

- 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的免疫反应

解析：题干已知新冠病毒和肺炎双球菌均可引发肺炎，根据名称可知，新冠病毒是一种病毒，没有细胞结构。肺炎双球菌是一种细菌，是原核生物。

题干还已知新冠病毒是一种含有单链 RNA 的病毒，表明其遗传物质为 RNA。新冠病毒应当还有蛋白质衣壳，应当没有 DNA。单链 RNA 病毒极容易发生变异。

逐个分析判断各选项。

选项 A，病毒侵染细胞的过程与细胞的跨膜运输是两种不同的范畴，一般不混同讨论。病毒侵染细胞往往是破坏细胞膜的结构，自行

开辟一条通道并注入遗传物质。错误，排除。

选项 B，新冠病毒没有细胞结构，子很没有核糖体，需利用宿主细胞的核糖体进行蛋白质合成。错误，排除。

选项 C，题干明确新冠病毒的遗传物质为 RNA，肺炎双球菌应当是原核生物，遗传物质为 DNA。不同。错误，排除。

选项 D，病毒和细菌表面的某些蛋白质均可引起人和高等动物机体的免疫反应。正确，备选。

本题选 D。

5. (2021 浙江 1 月) 在进行“观察叶绿体”的活动中，先将黑藻放在光照、温度等均适宜条件下预处理培养，然后进行观察。下列叙述正确的是 ( )

- A. 制作临时装片时，实验材料不需要染色
- B. 黑藻是一种单细胞藻类，制作临时装片时不需切片
- C. 预处理可减少黑藻细胞中叶绿体的数量，便于观察
- D. 在高倍镜下可观察到叶绿体中的基粒由类囊体堆叠而成

解析：本题进行“观察叶绿体”的实验，实验材料为黑藻，虽然名字里有“藻”，但实际上是一种水草。观察对象是叶绿体，叶绿体是一种体积较大的细胞器，且因含叶绿素而显绿色，用光学显微镜可以直接观察。

逐个分析判断各选项。

选项 A，制作临时装片时，如果观察的结构易于分辨，则不需要染色。如果难以分辨，则需要染色。本题的实验目的为“观察叶绿体”，叶绿体本身有鲜明的颜色，故不需要染色。正确，备选。

选项 B，黑藻是一种水草，是植物，不是单细胞藻类，制作临时装片时不需切片。错误，排除。

选项 C，题干已知预处理的主要内容是将黑藻放在光照、温度等

均适宜条件下培养，该条件适宜黑藻生长，细胞生命活动旺盛，叶绿体的数量应当增多。错误，排除。

选项 D，叶绿体中的基粒尺寸过小，无法用光学显微镜观察，需使用电子显微镜等设备观察。错误，排除。

本题选 A。

做实验题时，实验目的是决定了所应使用的实验材料和实验方法，实验材料也一定程度上决定了具体的实验方法。一些实验方法和操作上的细节需要根据具体情况决定。

6. (2018 海南) 关于普通光学显微镜的使用，下列叙述正确的是 ( )

- A. 在高倍镜下观察时，用粗准焦螺旋调整焦距
- B. 高倍镜下无法观察到花生子叶中被染色的脂肪颗粒
- C. 由低倍镜转到高倍镜前，将待观察目标移至视野中央
- D. 高倍镜下可以观察到细胞膜清晰的暗—亮—暗三层结构

解析：本题考察普通光学显微镜的使用。逐个分析判断各选项。

选项 A，在高倍镜下观察时，应用更加精细的细准焦螺旋调整焦距，粗准焦螺旋调整焦距的调节幅度过大。错误，排除。

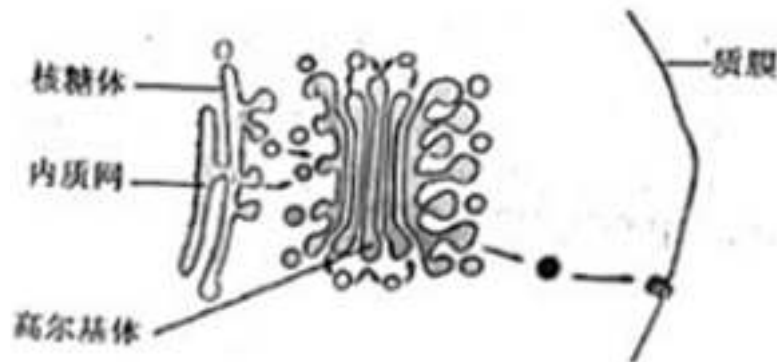
选项 B，高倍镜下可以观察到花生子叶中被染色的脂肪颗粒。错误，排除。

选项 C，由低倍镜转到高倍镜时，由于放大倍数突然增大很大，原本很小的结构会被突然放得很大，为了防止找不到观察目标，应当尽可能将待观察目标移至视野中央。正确，备选。

选项 D，细胞膜的暗—亮—暗三层结构是使用电子显微镜观察到的结构，并非高倍镜。错误，排除。

本题选 C。

7. (2022 浙江 6 月) 动物细胞中某消化酶的合成、加工与分泌的部分过程如图所示。下列叙述正确的是 ( )



- A. 光面内质网是合成该酶的场所
- B. 核糖体能形成包裹该酶的小泡
- C. 高尔基体具有分拣和转运该酶的作用
- D. 该酶的分泌通过细胞的胞吞作用实现

解析: 题干已知是动物细胞, 所以没有细胞壁。

某消化酶的合成、加工与分泌的部分过程。绝大多数酶是蛋白质, 极少数酶是核酸。消化酶一般是蛋白质, 且需分泌到细胞外消化分解食物。图中的内质网、核糖体、高尔基体等结构印证了这是一种蛋白质。因此本题主要涉及分泌蛋白的合成、加工与分泌。

逐个分析判断各选项:

选项 A, 蛋白质合成的场所是粗面内质网上的核糖体, 粗面内质网上由于有大量核糖体, 看起来粗糙而得名。光面内质网是加工和合成脂质的主要场所。错误, 排除。

选项 B, 核糖体是合成蛋白质的场所, 包裹蛋白质的小泡一般在高尔基体形成。错误, 排除。

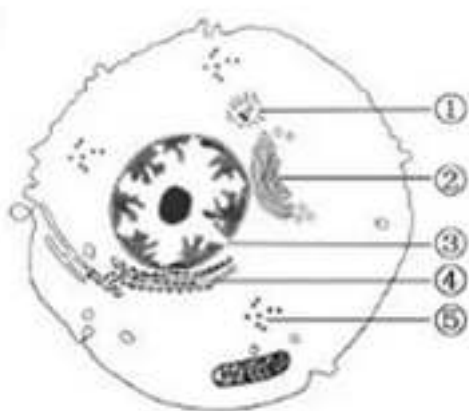
C, 高尔基体具有加工、分拣和转运蛋白质的作用。正确, 备选。

D, 将酶分泌到细胞外的过程应当为胞吐, 胞吞是将体积较大的物质吞入细胞的过程, 与胞吐大致相反。错误, 排除。

本题选 C。



8. (2019 江苏) (多选) 如图为高等动物细胞结构示意图, 下列相关叙述正确的是 ( )



- A. 结构①的数量倍增发生于分裂前期的细胞中
- B. 具有单层生物膜的结构②与细胞分泌活动有关
- C. RNA 和 RNA 聚合酶穿过结构③的方向相同
- D. ④、⑤处的核糖体均由 RNA 和蛋白质组成

解析: 题图为高等动物细胞, 与教材中的大致类似。逐个分析判断各选项。

选项 A, 结构①是中心体, 在动物细胞的分裂间期分为两组数量倍增, 而不是在分裂前期。错误, 排除。

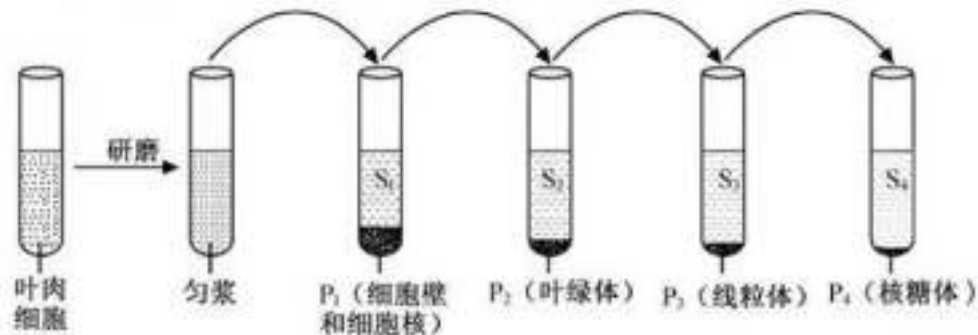
选项 B, 结构②是高尔基体, 是单层膜结构, 与蛋白质的加工、转运、分泌有关, 因此与细胞分泌活动有关。正确, 备选。

选项 C, 结构③是细胞核的核孔。RNA 在细胞核内通过转录过程合成, 从内向外通过核孔, 抵达核糖体后进行翻译。RNA 聚合酶是蛋白质, 在细胞核外的核糖体上合成后, 从外向内通过核孔, 在细胞核内催化 RNA 的聚合。二者的通过方向相反。错误, 排除。

选项 D, ④处是粗面内质网上的核糖体, ⑤处是游离的核糖体, 都是合成蛋白质的主要场所, 均由 RNA 和蛋白质组成。正确, 备选。

本题选 BD。

9. (2020 浙江 1 月) 研究叶肉细胞的结构和功能时, 取匀浆或上清液依次离心, 将不同的结构分开, 其过程和结果如图所示,  $P_1 \sim P_4$  表示沉淀物,  $S_1 \sim S_4$  表示上清液。



据此分析, 下列叙述正确的是 ( )

- A. ATP 仅在  $P_2$  和  $P_3$  中产生
- B. DNA 仅存在于  $P_1$ 、 $P_2$  和  $P_3$  中
- C.  $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$  和  $S_3$  中均能合成相应的蛋白质
- D.  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  和  $P_4$  中均有具膜结构的细胞器

解析: 根据题干可知, 每一次新的离心的材料是上一步的匀浆或上清液, 因此上一步的匀浆或上清液中应含有后续所有步骤中匀浆和沉淀中的所有位置。

即: 研磨叶肉细胞得到的匀浆, 第一次离心后得到的  $P_1$  是细胞壁和细胞核,  $S_1$  含细胞中除细胞壁、细胞核以外的其他所有物质。

第二次离心后得到的  $P_2$  是叶绿体,  $S_1$  含细胞中除细胞壁、细胞核、叶绿体以外的其他所有物质。

第三次离心后得到的  $P_3$  是线粒体,  $S_3$  含细胞中除细胞壁、细胞核、叶绿体、线粒体以外的其他所有物质。

第四次离心后得到的  $P_4$  是核糖体,  $S_4$  含细胞中除细胞壁、细胞核、叶绿体、线粒体、核糖体以外的其他所有物质。

即:  $S_1$  中含叶绿体、线粒体、核糖体及  $S_4$  中的物质,  $S_2$  中含线粒体、核糖体及  $S_4$  中的物质,  $S_3$  中含核糖体及  $S_4$  中的物质。

逐个分析判断各选项。

选项 A, ATP 可在线粒体和叶绿体中产生, 除了  $P_2$  和  $P_3$  外,  $S_1$  和  $S_2$  也含有线粒体或叶绿体。错误, 排除。

选项 B, 细胞核、线粒体、叶绿体中都含有 DNA, 除了  $P_1$ 、 $P_2$  和  $P_3$  外,  $S_1$  和  $S_2$  也含有线粒体或叶绿体。错误, 排除。

选项 C,  $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$  和  $S_3$  中都含有核糖体, 都能合成相应的蛋白质。正确, 备选。

选项 D,  $P_4$  中为核糖体, 不具有膜结构。错误, 排除。

本题选 C。

解答本题需理解离心分离的原理, 即让溶液高速旋转, 密度较大的物质受到的离心力较大, 以沉淀的形式聚集在离心管的底部, 密度较小的物质仍留在溶液中。通过逐次增大旋转的速率, 逐次分离出密度从大到小的物质。

10. (2020 山东) 经内质网加工的蛋白质进入高尔基体后, S 酶会在其中的某些蛋白质上形成 M6P 标志。具有该标志的蛋白质能被高尔基体膜上的 M6P 受体识别, 经高尔基体膜包裹形成囊泡, 在囊泡逐渐转化为溶酶体的过程中, 带有 M6P 标志的蛋白质转化为溶酶体酶; 不能发生此识别过程的蛋白质经囊泡运往细胞膜。下列说法错误的是 ( )

A. M6P 标志的形成过程体现了 S 酶的专一性

B. 附着在内质网上的核糖体参与溶酶体酶的合成

C. S 酶功能丧失的细胞中, 衰老和损伤的细胞器会在细胞内积累

D. M6P 受体基因缺陷的细胞中, 带有 M6P 标志的蛋白质会聚集在高尔基体内

解析: 题干已知 S 酶会在某些内质网加工过的蛋白质上形成 M6P 标志。蛋白质带有该标志后, 可被高尔基体膜上的 M6P 受体识别。

在囊泡逐渐转化为溶酶体的过程中, 带有 M6P 标志的蛋白质转

化为溶酶体酶；不能发生此识别过程的蛋白质经囊泡运往细胞膜。

根据上述信息可知，若蛋白质含有可识别的 M6P 标志，则转化为溶酶体酶，若没有 M6P 标志或虽然有但不能识别，则分泌出细胞成为分泌蛋白。因此 M6P 标志的识别与否决定着蛋白质的去向。

逐个分析判断各选项。

选项 A，S 酶的功能是在某些蛋白质上形成 M6P 标志，这种功能的专一性体现了 S 酶的专一性。正确，排除。

选项 B，根据题干信息可知，溶酶体酶是一种蛋白质，附着在内质网上的核糖体是蛋白质的主要合成场所。正确，排除。

选项 C，若细胞丧失 S 酶的功能，则细胞不能产生溶酶体酶，就不能通过溶酶体分解衰老和损伤的细胞器，于是未被分解的衰老和损伤的细胞器会在细胞内积累。正确，排除。

选项 D，M6P 受体基因缺陷的细胞中，由于缺乏 M6P 受体，将不能识别 M6P 标志，于是原本应当形成溶酶体酶的蛋白质都通过囊泡排出细胞外，不会产生聚集。错误，备选。

本题选 D。

解答本题需要一定的逻辑分析推理能力，需根据已知信息梳理各过程之间的因果关系。

11. (2022 山东) 液泡膜蛋白 TOM2A 的合成过程与分泌蛋白相同，该蛋白影响烟草花叶病毒 (TMV) 核酸复制酶的活性。与易感病烟草品种相比，烟草品种 TI203 中 TOM2A 的编码序列缺失 2 个碱基对，被 TMV 侵染后，易感病烟草品种有感病症状，TI203 无感病症状。下列说法错误的是 ( )

- A. TOM2A 的合成需要游离核糖体
- B. TI203 中 TOM2A 基因表达的蛋白与易感病烟草品种中的不同
- C. TMV 核酸复制酶可催化 TMV 核糖核酸的合成
- D. TMV 侵染后，TI203 中的 TMV 数量比易感病烟草品种中的多

解析: 题干已知液泡膜蛋白 TOM2A 的合成过程与分泌蛋白相同。根据分泌蛋白的合成过程, 液泡膜蛋白 TOM2A 应当也在核糖体上合成, 在高尔基体上加工并形成囊泡, 通过胞吐作用分泌到细胞外。

题干已知液泡膜蛋白 TOM2A 影响烟草花叶病毒 (TMV) 核酸复制酶的活性, 但是没有明确 TOM2A 对烟草花叶病毒核酸复制酶的影响是正面还是负面。

“与易感病烟草品种相比”表明烟草品种 TI203 应当是一种不易感病的烟草品种。

烟草品种 TI203 中 TOM2A 的编码序列缺失 2 个碱基对, 意味着烟草品种 TI203 中的液泡膜蛋白 TOM2A 不能正常行使功能。

被 TMV 侵染后, 易感病烟草品种有感病症状, TI203 无感病症状。TI203 无感病症状的原因很可能为液泡膜蛋白 TOM2A 不能正常行使功能, 因此该蛋白对 TMV 核酸复制酶的影响应当是正面的。

逐个分析判断各选项。

选项 A, TOM2A 是一种蛋白质, 其合成需要游离核糖体。正确, 排除。

选项 B, 因为 TI203 中 TOM2A 的编码序列缺失 2 个碱基对, 是一种典型的移码突变, 往往导致合成的蛋白质截然不同。正确, 排除。

选项 C, 根据“TMV 核酸复制酶”的名称, 可知该酶可催化 TMV 的核酸的复制。核酸的复制相当于合成新的核糖核酸。正确, 排除。

选项 D, 被 TMV 侵染后, 易感病烟草品种有感病症状, TI203 无感病症状。引起感病症状的主要原因就是病毒侵染并大量繁殖, 无感病症状说明病毒很可能没有大量复制。因此 TI203 中的 TMV 数量应当比易感病烟草品种中的少。错误, 排除。

本题选 D。

本题需要较强的逻辑分析推理能力, 根据蛋白质的功能, 以及蛋白质是否正常表达所产生的区别, 分析推断出产生区别的机理(原因)。

12. (2018 全国 III) 回答下列与蛋白质相关的问题:

(1) 生物体中组成蛋白质的基本单位是\_\_\_\_\_。在细胞中合成蛋白质时, 肽键是在细胞器上形成的。合成的蛋白质中有些是分泌蛋白, 如\_\_\_\_\_ (填“胃蛋白酶”“逆转录酶”或“酪氨酸酶”)。分泌蛋白从合成至分泌到细胞外需要经过高尔基体, 此过程中高尔基体的功能是\_\_\_\_\_。

(2) 通常, 细胞内具有正常生物学功能的蛋白质需要有正确的氨基酸序列和\_\_\_\_\_结构。某些物理或化学因素可以导致蛋白质变性, 通常, 变性的蛋白质易被蛋白酶水解, 原因是\_\_\_\_\_。

(3) 如果 DNA 分子发生突变, 导致编码正常血红蛋白多肽链的 mRNA 序列中一个碱基被另一个碱基替换, 但未引起血红蛋白中氨基酸序列的改变, 其原因可能是\_\_\_\_\_。

解析: (1) 组成蛋白质的基本单位是氨基酸。分泌蛋白通常是需要分泌到细胞外发挥功能的蛋白质。胃蛋白酶是在胃腔中水解蛋白质的酶, 在细胞外发挥作用, 应当是分泌蛋白。逆转录酶是将 RNA 逆转录为 DNA 的酶, 在细胞内发挥作用, 不是分泌蛋白。酪氨酸酶与色素的生成有关, 在细胞内发挥作用, 不是分泌蛋白。高尔基体对于分泌蛋白的功能主要是对蛋白质进行加工并形成囊泡, 将其运输至细胞膜附近通过胞吐作用分泌到细胞外。

(2) 蛋白质有四级结构, 一级结构是氨基酸序列, 第二、三、四级结构都主要属于空间结构。蛋白质变性后, 其空间结构发生变化, 一些可被蛋白酶催化水解的肽键暴露在外侧, 导致蛋白质容易被水解。而未变性的蛋白质可被催化水解的肽键一般被包埋在内部, 不容易被蛋白酶催化水解。

(3) 因为很多氨基酸对应多个由 3 个连续含氮碱基构成的密码子, 一个碱基发生替换后, 该密码子对应的氨基酸不变, 则翻译得到的仍为原来的氨基酸。这种性质也叫作遗传密码子的简并性。

### 第三章 物质的跨膜运输

物质的跨膜运输与基本的物理和化学规律有非常紧密的联系，理解掌握相关物理和化学规律和原理，甚至比记忆具体的生物知识更有助于解决题目。

本章需掌握的物理和化学知识主要包括扩散和渗透的基本规律、分子的极性和相似相容原理、分子体积的大致大小等。此外，细胞膜的流动镶嵌模型的基本结构也是分析解决问题的关键。

物质的跨膜运输的结构基础是细胞膜的流动镶嵌模型。物质的运动方向由扩散和渗透的基本规律，以及能量的流动趋势所决定。物质能否通过细胞膜、物质通过细胞膜的方式由相似相容原理和分子的大小共同决定。

物质的跨膜运输是一个动态的过程，特别是借助转运蛋白进行的转运，以及胞吞和胞吐，需对转运的动态过程形成连续的动画或多张连续性较强的图片，而不能只有一幅固定的画面。

物质的跨膜运输与细胞的新陈代谢、能量流动、营养摄取、分泌物质、免疫应答等生命活动都有紧密联系，有些题目需要将物质的跨膜运输与其他生命现象共同考虑。

虽然基本原理和规律是解答创新题的关键，也有助于分析解决一般性的问题。但是为了提高应试能力，也需要牢固记忆氧气、二氧化碳、水、氨基酸、单糖、脂质、蛋白质等常见的物质的跨膜运输方式与规律。将基本原理和规律与掌握的事实结合起来，也可以有效地提高答题速度和正确率。

另外，当代生命科学研究也在不断地揭示物质的跨膜运输方式的新的现象。各版本教材中可能存在部分“过时”的知识。答题时需以考题中给出的信息为第一优先，其次以所用版本教材的内容为准，在高考前不要盲目更新最新科研成果或参考其他版本教材中的信息。

1. (2018 全国II) 下列有关物质跨膜运输的叙述, 正确的是 ( )

- A. 巨噬细胞摄入病原体的过程属于协助扩散
- B. 固醇类激素进入靶细胞的过程属于主动运输
- C. 神经细胞受到刺激时产生的  $\text{Na}^+$  内流属于被动运输
- D. 护肤品中的甘油进入皮肤细胞的过程属于主动运输

解析: 本题直接考察物质跨膜运输的知识, 逐个分析判断各选项。

选项 A, 协助扩散是顺浓度梯度的运输方式, 一般适用于体积较小且不能自由通过磷脂双分子膜的极性分子。病原体的体积远大于一般的分子, 巨噬细胞摄入病原体的过程应当属于胞吞。错误, 排除。

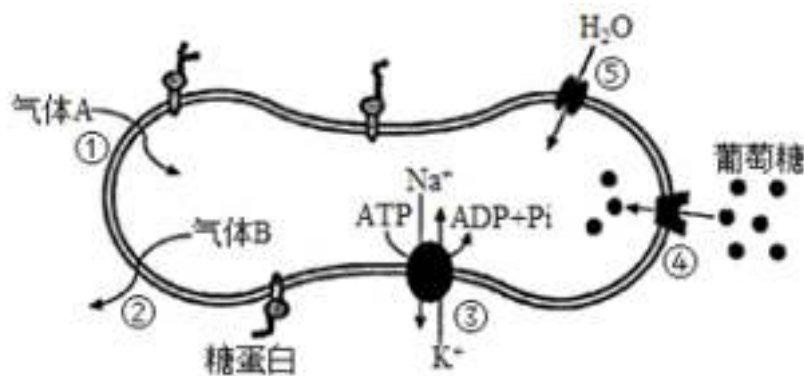
选项 B, 固醇属于脂质, 是非极性的小分子, 可以通过自由扩散的方式进入靶细胞。错误, 排除。

选项 C, 神经细胞受到刺激时,  $\text{Na}^+$  离子通道打开,  $\text{Na}^+$  从浓度高的细胞外流入浓度低的细胞内, 属于被动运输中的协助扩散。正确, 备选。

选项 D, 甘油是体积很小的非极性分子, 可以通过自由扩散的方式自由通过细胞膜。护肤品中的甘油进入皮肤细胞应当是顺浓度梯度的自由扩散。错误, 排除。

本题选 C。

2. (2021 河北) 人体成熟红细胞能够运输  $\text{O}_2$  和  $\text{CO}_2$ , 其部分结构和功能如图, ①~⑤表示相关过程。下列叙述错误的是 ( )





- A. 血液流经肌肉组织时，气体 A 和 B 分别是  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$
- B. ①和②是自由扩散，④和⑤是协助扩散
- C. 成熟红细胞通过无氧呼吸分解葡萄糖产生 ATP，为③提供能量
- D. 成熟红细胞表面的糖蛋白处于不断流动和更新中

解析：题目已知人体成熟红细胞能够运输  $\text{O}_2$  和  $\text{CO}_2$ ，并给出了部分结构和功能图。

读图可知：①表示气体 A 直接通过磷脂双分子膜进入红细胞。可能是从外界吸入  $\text{O}_2$ ，也可能是从体内运出  $\text{CO}_2$ ，是自由扩散。

②表示气体 B 直接通过磷脂双分子膜离开红细胞。可能是将  $\text{O}_2$  转移给其他细胞，也可能是从体内排出  $\text{CO}_2$ ，是自由扩散。

③表示在转运蛋白的协助下， $\text{K}^+$  进入细胞， $\text{Na}^+$  离开细胞，同时 ATP 变为 ADP 和 pi，表明该过程消耗能量，是主动运输。

④表示葡萄糖顺浓度梯度经过通道蛋白进入红细胞，是协助扩散。

⑤表示水经过通道蛋白进入红细胞，根据课本知识，是协助扩散。

逐个分析判断各选项。

选项 A，血液流经肌肉组织时，红细胞为肌细胞提供  $\text{O}_2$ ，同时带走  $\text{CO}_2$ ，因此过程①进入红细胞被的应当是  $\text{CO}_2$ ，过程②离开红细胞的应当是  $\text{O}_2$ 。正确，排除。

选项 B，按照上述分析，①和②都是自由扩散，④和⑤是协助扩散。正确，排除。

选项 C，成熟红细胞中没有线粒体，只能进行无氧呼吸，产生的 ATP 为③提供能量。正确，排除。

选项 D，成熟红细胞的细胞膜与一般的细胞基本一致，根据细胞膜的流动镶嵌模型可知，成熟红细胞表面的糖蛋白处于不断流动。但是红细胞没有细胞核和核糖体等细胞器，不能合成蛋白质，因此不能更新膜蛋白。错误，备选。

本题选 D。

3. (2019 浙江 4 月) 哺乳动物细胞在 0.9% NaCl 溶液中仍能保持其正常形态。将兔红细胞置于不同浓度 NaCl 溶液中，一段时间后制作临时装片，用显微镜观察并比较其形态变化。下列叙述正确的是 ( )

- A. 在高于 0.9% 溶液中，红细胞因渗透作用失水皱缩并发生质壁分离
- B. 在 0.9% NaCl 溶液中，红细胞形态未变是由于此时没有水分子进出细胞
- C. 在低于 0.9% NaCl 中，红细胞因渗透作用吸水膨胀甚至有的破裂
- D. 渗透作用是指水分子从溶液浓度较高处向溶液浓度较低处进行的扩散

解析: 题干已知哺乳动物细胞在 0.9% NaCl 溶液中仍能保持其正常形态，表明哺乳动物细胞中溶质的浓度与 0.9% NaCl 溶液基本一致。可推知: 若哺乳动物细胞所处溶液的浓度比 0.9% NaCl 大，则细胞会失水; 若所处溶液的浓度比之小，则细胞会吸水。

逐个分析判断各选项。

选项 A，在高于 0.9% 溶液中，红细胞因为渗透作用而失水，但是红细胞没有细胞壁，不发生质壁分离现象。错误，排除。

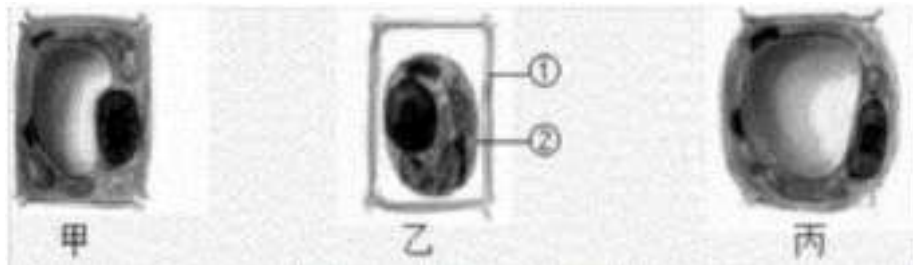
选项 B，在 0.9% NaCl 溶液中，红细胞形态未变，是因为水分子进出细胞的速率几乎相等达到平衡，使得细胞内外的含水量不发生变化，并非没有水分子进出细胞。错误，排除。

选项 C，在低于 0.9% NaCl 中，红细胞因渗透作用吸水膨胀，由于红细胞没有细胞壁限制细胞的膨胀，因此有的会破裂。正确，备选。

选项 D，渗透作用是指水分子从溶液浓度较低处向溶液浓度较高处进行的扩散。扩散和渗透的共同趋势是令溶液中各处的浓度相等。错误，排除。

本题选 C。

4. (2018 浙江 4 月) 在观察某植物细胞的质壁分离及质壁分离复原实验中, 依次观察到的结果示意图如下, 其中①、②指细胞结构。下列叙述正确的是 ( )



- A. 甲状态时不存在水分子的跨膜运输进出细胞的现象
- B. 甲→乙变化的原因之一是结构①的伸缩性比②的要大
- C. 乙→丙的变化是由于外界溶液浓度小于细胞液浓度
- D. 细胞发生渗透作用至丙状态, 一段时间后该细胞会破裂

解析: 题干已知观察某植物细胞的质壁分离及质壁分离复原实验。观察示意图, 比较三幅图的显著差异。甲图是正常状态的植物细胞。乙图发生了质壁分离现象, ①是细胞壁, ②是细胞膜。丙图是吸水膨胀的植物细胞, 可以看出如果没有细胞壁的限制, 细胞体积可能会继续胀大甚至撑破。逐个分析判断各选项。

选项 A, 处于正常状态的细胞总是有水分子进出细胞, 进入和离开细胞的水分子数量大致相等, 所以细胞体积基本不变。错误, 排除。

选项 B, 甲→乙是细胞失水, 发生质壁分离现象的过程。细胞失水是因为细胞膜可以允许水分子较自由地通过, 不允许溶质分子自由通过。另外一个重要原因就是细胞壁是刚性结构, 伸缩性很小, 而细胞膜伸缩性很强。应为结构①的伸缩性比②的要小。错误, 排除。

选项 C, 乙→丙是细胞吸水膨胀的过程, 发生在外界溶液浓度小于细胞液浓度时。正确, 备选。

选项 D, 由于有细胞壁的限制作用, 植物细胞不会无限膨胀至破裂, 错误, 排除。

本题选 C。

5. (2018 海南) 在不染色的条件下, 下列实验材料中, 最适合观察细胞质壁分离现象的是 ( )

- A. 紫色洋葱鳞片叶叶肉细胞
- B. 紫色洋葱根尖分生区细胞
- C. 紫色洋葱鳞片叶外表皮细胞
- D. 紫色洋葱根尖伸长区细胞

解析: 在不染色的条件下, 除了少部分有大量色素的细胞外, 大部分细胞都是无色的, 为便于观察, 一般应选取有颜色的细胞。此外, 观察质壁分离现象, 需要选用成熟的有大液泡的植物细胞, 否则难以观察到明显的质壁分离现象。

综上, 紫色洋葱鳞片叶叶肉细胞中没有大量色素, 不便于观察。根尖分生区和伸长区细胞始终处于分裂或分化中, 不是成熟细胞, 难以观察到质壁分离现象。只有鳞片叶外表皮细胞中既有大量显紫色的色素, 又有大液泡, 最适合观察细胞质壁分离现象。

本题选 C。

本题涉及到的质壁分离实验虽然属于物质的跨膜运输章节, 但是所需分析考虑的内容都是具体实验中非常现实的问题。

6. (2022 全国II) 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  $\text{g/ml}$ ) 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 ( )

- 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

解析：本题为一个具体实验，先分析实验步骤。

第 1 步：取某植物的成熟叶片，用打孔器获取叶圆片，等分成两份，得到两份相同的叶圆片材料。

第 2 步：分别放入浓度相同的甲糖溶液和乙糖溶液中，得到甲、乙两个实验组。

需注意，糖溶液的浓度单位为  $\text{g/ml}$ ，而与渗透压直接相关的浓度应为物质的量浓度，单位为  $\text{mol/L}$ 。因此需将浓度单位进行换算。题干还已知甲糖的相对分子质量约为乙糖的 2 倍，因此甲糖溶液的物质的量浓度为乙糖溶液的一半。

第 3 步：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，表明甲糖溶液中有有份从溶液进入到细胞中，即细胞吸水。由于乙糖溶液浓度比甲糖溶液高，所以暂时无法判断乙糖溶液中细胞是吸水还是失水还是不变。

另外，题目明确在此期间叶细胞和溶液之间没有溶质交换，只需考虑水分子的转移。

逐个分析判断各选项。

选项 A，因为甲糖溶液浓度升高，是因为甲组叶细胞吸收了甲糖溶液中的水，使甲糖溶液浓度升高。正确，排除。

选项 B，若测得乙糖溶液浓度不变，则乙糖溶液中的水的含量不变。叶细胞的净吸水量为零。需注意，“净吸水量”为吸水量减去失水量的差值。吸水量与失水量相等，净吸水量为零。正确，排除。

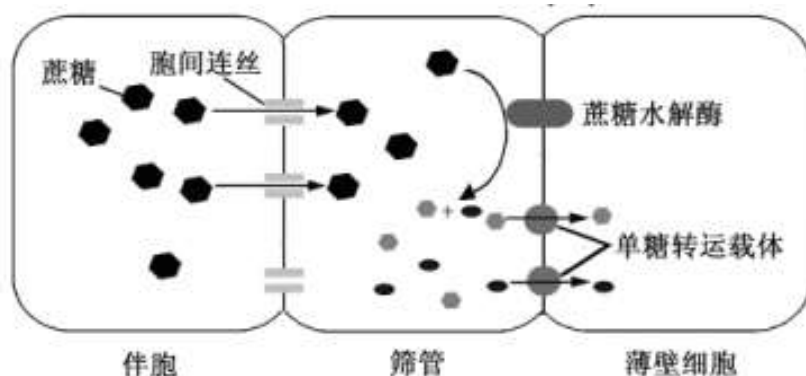
选项 C，若测得乙糖溶液浓度降低，则乙糖溶液得到了水分，植物细胞失去水分，若失水较多则可能发生质壁分离。正确，排除。

选项 D，若测得乙糖溶液浓度升高，则乙糖溶液失去了水分，植物细胞吸收了水分。由于甲糖溶液的浓度小于乙糖溶液，所以甲组中外界溶液与植物细胞的浓度差大于乙组，甲组的植物细胞需要吸收更多水分才能拉平浓度差，吸水量应为甲组大于乙组。错误，备选。

本题选 D。

本题虽然考察质壁分离的生物知识，其实解题所使用的原理和依据都是化学知识：（1）溶液渗透势与溶质的物质的量浓度直接相关，而非质量体积浓度。（2）将质量体积浓度换算成物质的量浓度。

7. (2017 江苏) (多选) 下图为植物光合作用同化植物蔗糖在不同细胞间运输、转化过程的示意图。下列相关叙述错误的是 ( )



- A. 蔗糖的水解有利于蔗糖顺浓度梯度运输
- B. 单糖逆浓度梯度转运至薄壁细胞
- C. ATP 生成抑制剂会直接抑制图中蔗糖的运输
- D. 蔗糖可通过单糖转运载体转运至薄壁细胞

解析：题干已知题图为植物光合作用同化植物蔗糖在不同细胞间运输、转化过程，即该图表示物质跨细胞膜在细胞之间的运输，而不是在细胞与外部溶液之间的运输。

图中有三个细胞，下方标注的名称分别为伴胞、筛管、薄壁细胞。

伴胞中画了几个蔗糖分子。伴胞与筛管之间有胞间连丝，且蔗糖通过胞间连丝从伴胞转运到筛管中。且蔗糖分子的数量为伴胞中多于筛管，顺浓度梯度的运输，可能为协助扩散。

筛管中除了有从伴胞转运来的蔗糖分子外，蔗糖分子在蔗糖水解酶的催化下被分解。由于蔗糖是由葡萄糖和果糖二聚形成的二糖，所以水解产物可能是葡萄糖和果糖。

筛管与薄壁细胞之间的膜上有蔗糖水解酶和单糖转运载体。根据单糖转运载体的名称可推测其功能为转运单糖。由于单糖在筛管中的

浓度大于薄壁细胞，也是顺浓度梯度的运输，也可能为协助扩散。

逐个分析判断各选项。

选项 A，蔗糖在筛管中水解，导致蔗糖的浓度降低，令伴胞与筛管中的浓度差增大，有利于蔗糖顺浓度梯度运输。正确，排除。

选项 B，蔗糖在筛管中水解生成单糖，浓度升高。薄壁细胞中没有给出其他获得单糖的途径，因此单糖是顺浓度梯度转运至薄壁细胞。错误，备选。

选项 C，图中蔗糖为顺浓度梯度运输，应当不需要额外的能量供应。抑制供能物质 ATP 的生成对该运输无直接影响。错误，备选。

选项 D，蔗糖不是单糖，根据“单糖转运载体”的名称，应当不能转运二糖。且图中也没有画出其转运蔗糖的过程。错误，备选。

本题选 BCD。

8.(2021 广东)保卫细胞吸水膨胀使植物气孔张开。适宜条件下，制作紫鸭拓草叶片下表皮临时装片，观察蔗糖溶液对气孔开闭的影响，如图为操作及观察结果示意图。下列叙述错误的是（ ）



- A. 比较保卫细胞细胞液浓度，③处理后>①处理后
- B. 质壁分离现象最可能出现在滴加②后的观察视野中
- C. 滴加③后有较多水分子进入保卫细胞
- D. 推测 3 种蔗糖溶液浓度高低为②>①>③

解析：题干已知保卫细胞吸水膨胀使植物气孔张开。气孔张开后应该可以令气体自由通过。

题图的目的是观察蔗糖溶液对气孔开闭的影响。图中的两瓣表示

保卫细胞，中间空白区域表示气孔。

第 1 步：滴加蔗糖溶液①浸润标本，一段时间后观察。没有明显变化。蔗糖溶液①很可能与保卫细胞的细胞液浓度相同或相近。

第 2 步：用等渗溶液恢复初始状态后滴加蔗糖溶液②浸润标本，一段时间后观察。

用等渗溶液恢复初始状态，消除第 1 步操作的影响（虽然没看出什么影响）。

滴加蔗糖溶液②浸润标本后，观察到气孔关闭。结合题干信息保卫细胞吸水膨胀使植物气孔张开，气孔关闭应当为保卫细胞失水，蔗糖溶液②的浓度应当大于细胞液。

第 3 步：用等渗溶液恢复初始状态后滴加蔗糖溶液③浸润标本，一段时间后观察。

用等渗溶液恢复初始状态，消除第 2 步操作的影响。

滴加蔗糖溶液③浸润标本后，观察到气孔打开，且比初始状态打开得更大，表明保卫细胞吸水，蔗糖溶液③的浓度应当小于细胞液。

综上，蔗糖溶液的浓度顺序为③<①<②。

逐个分析判断各选项。

选项 A，③处理后，保卫细胞吸水，细胞液浓度减小。①处理后，保卫细胞体积不变，没有吸水，细胞液浓度不变。应为③处理后<①处理后。错误备选。

选项 B，滴加②后保卫细胞脱水，有可能发生质壁分离现象。正确，排除。

选项 C，滴加③后，保卫细胞吸水膨胀，即有较多水分子进入保卫细胞。正确，排除。

选项 D，按照上述分析，3 种蔗糖溶液浓度高低为②>①>③。正确，排除。

本题选 A。



9. (2019 全国II) 某种  $H^+ - ATPase$  是一种位于膜上的载体蛋白, 具有 ATP 水解酶活性, 能够利用水解 ATP 释放的能量逆浓度梯度跨膜转运  $H^+$ 。①将某植物气孔的保卫细胞悬浮在一定 pH 的溶液中 (假设细胞内的 pH 高于细胞外), 置于暗中一段时间后, 溶液的 pH 不变。②再将含有保卫细胞的该溶液分成两组, 一组照射蓝光后溶液的 pH 明显降低; 另一组先在溶液中加入  $H^+ - ATPase$  的抑制剂 (抑制 ATP 水解), 再用蓝光照射, 溶液的 pH 不变。根据上述实验结果, 下列推测不合理的是 ( )

- A.  $H^+ - ATPase$  位于保卫细胞质膜上, 蓝光能够引起细胞内的  $H^+$  转运到细胞外
- B. 蓝光通过保卫细胞质膜上的  $H^+ - ATPase$  发挥作用, 导致  $H^+$  逆浓度梯度跨膜运输
- C.  $H^+ - ATPase$  逆浓度梯度跨膜转运  $H^+$  所需的能量可由蓝光直接提供
- D. 溶液中的  $H^+$  不能通过自由扩散的方式透过细胞质膜进入保卫细胞

解析: 题干已知某种  $H^+ - ATPase$  是一种位于膜上的载体蛋白, 且具有 ATP 水解酶活性, 能够利用水解 ATP 释放的能量逆浓度梯度跨膜转运  $H^+$ 。

该载体蛋白能催化 ATP 水解, 并利用 ATP 水解释放的能量逆浓度梯度跨膜转运  $H^+$ , 也就是进行主动运输。

①将某植物气孔的保卫细胞悬浮在一定 pH 的溶液中 (假设细胞内的 pH 高于细胞外), 置于暗中一段时间后, 溶液的 pH 不变。

实验①当中, 细胞内的 pH 高于细胞外, 则细胞外的  $H^+$  浓度大于细胞内。置于暗中一段时间后, 溶液的 pH 不变, 表明该植物气孔的保卫细胞在黑暗环境中没有从外向内主动运输  $H^+$ 。

有两种可能: 一种是黑暗环境下没有产生 ATP, 该载体蛋白没有

能量进行主动运输。另一种可能是黑暗环境下虽然产生了 ATP，但是该载体蛋白需要有光照作为信号才能工作。由于细胞的呼吸作用等过程也能产生 ATP，因此光照作为信号的可能性较大，最终确定仍需以题目信息为准。

实验②再将含有保卫细胞的该溶液分成两组，一组照射蓝光后溶液的 pH 明显降低。该结果表明蓝光照射后，该载体蛋白可以正常行驶功能，将细胞内的  $H^+$  逆浓度梯度转运到细胞外的溶液中，令溶液的 pH 明显降低。

蓝光是光合作用可以利用的波段。这一组实验仍无法确认蓝光究竟是用于为光合作用提供能量，还是作为该转运蛋白发挥功能的启动信号。

实验②另一组先在溶液中加入  $H^+ - ATPase$  的抑制剂，抑制 ATP 水解，再用蓝光照射，溶液的 pH 不变。该实验中，加入抑制剂抑制 ATP 水解，则无法提供能量。再用蓝光照射，溶液的 pH 不变。说明 ATP 提供能量对该酶发挥功能是必需的，单纯的蓝光照射不能引起该酶发挥功能。该实验也间接表明细胞内原本就有充足的 ATP，所以蓝光照射不是用于引发光合作用，而是作为启动的信号。

逐个分析判断各选项。

选项 A，题目已知  $H^+ - ATPase$  是一种位于膜上的载体蛋白，且实验用的是保卫细胞，所以  $H^+ - ATPase$  位于保卫细胞质膜上。实验①和实验②的第一组表明蓝光能够引起细胞内的  $H^+$  转运到细胞外，虽然没有明确引发的机理。正确，排除。

选项 B，题干已知  $H^+ - ATPase$  能逆浓度梯度跨膜转运  $H^+$ 。且实验①中没有蓝光， $H^+ - ATPase$  没有转运  $H^+$ 。实验②的第一组用蓝光照射， $H^+ - ATPase$  逆浓度梯度转运了  $H^+$ 。正确，排除。

选项 C，实验②的第二组中，使用  $H^+ - ATPase$  的抑制剂，抑制 ATP 水解，再使用蓝光照射，溶液的 pH 没有改变，表明  $H^+ - ATPase$  没有

发挥功能，所以蓝光不足以提供  $H^+ - ATPase$  逆浓度梯度跨膜转运  $H^+$  所需的能量。错误，备选。

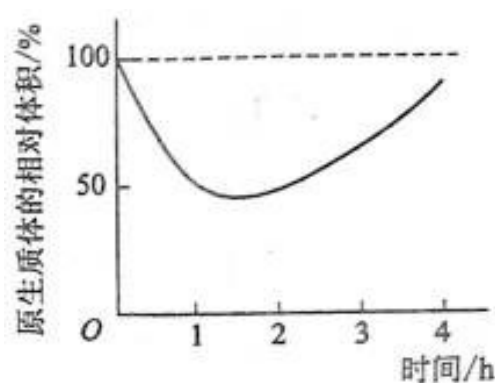
选项 D，实验中除非  $H^+ - ATPase$  发挥作用，否则溶液的 pH 不变，表明  $H^+$  不能通过自由扩散的方式透过细胞质膜进入保卫细胞。正确，排除。

本题选 C。

本题考察转运蛋白的工作机理，一般生命活动的进行有两个主要考虑的方面：能量和信号。即：该过程是否能自发进行，或是否有充足的供能物质。该过程是否需要某种光波、化学分子、压强等信号引发。

通过使用抑制 ATP 水解的酶、改变光照条件、添加或去除某类化学分子等方式进行对照实验，可以用于分析生命活动的能量与信号的方面的情况。根据对照实验的结果，分析判断各因素对生命活动的影响，是分析解决生物问题的基本能力。

10. (2017 全国II) 将某种植物的成熟细胞放入一定浓度的物质 A 溶液中，发现其原生质体（即植物细胞中细胞壁以内的部分）的体积变化趋势如图所示。下列叙述正确的是（ ）



- A. 0~4h 内物质 A 没有通过细胞膜进入细胞内
- B. 0~1h 内细胞体积与原生质体体积的变化量相等
- C. 2~3h 内物质 A 溶液的渗透压小于细胞液的渗透压
- D. 0~1h 内液泡中液体的渗透压大于细胞质基质的渗透压

解析：题干已知将某种植物的成熟细胞放入一定浓度的物质 A 溶液中，则可能发生溶质的转运或水的转运。

原生质体的体积变化趋势是先减小后增大，有两个不同的变化阶段，应有至少两种因素影响，可能分别是对溶质的转运和对水的转运。

前半段原生质体的体积减小，可能是因为外界溶液的浓度较高，且溶质不能自由通过细胞膜，所以细胞失水体积减小。

后半段原生质体的体积逐渐恢复，可能是细胞膜上的转运蛋白将溶质转运至细胞内，增高细胞内液的浓度，于是细胞吸水膨胀。

逐个分析判断各选项。

选项 A，0~4h 内原生质的体积既有减小又有增大，说明经历了前后两个阶段，有 A 没有通过细胞膜进入细胞内。错误，排除。

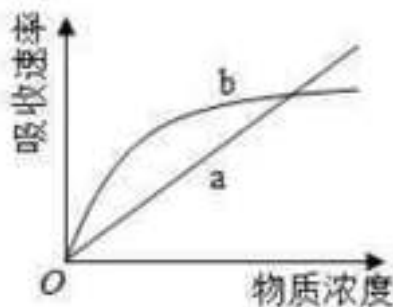
选项 B，由于植物细胞有刚性的细胞壁，所以细胞的体积往往固定不变。原生质体的体积会随着失水变小，再随着吸水恢复，若继续吸水膨胀，则由于细胞壁的限制不会过大。0~1h 内原生质体的体积减小，细胞的体积不变，二者的变化量不相等。错误，排除。

选项 C，2~3h 内原生质体体积恢复，该段时间内细胞吸水，表明溶液的浓度小于细胞液的浓度，则溶液的渗透压小于细胞液的渗透压。正确，备选。

选项 D，0~1h 内原生质体体积减小，细胞液泡内的水分经过原生质体流出到外界溶液中，因此液泡中液体的浓度小于细胞质基质的浓度，则液泡中液体的渗透压小于细胞质基质的渗透压。错误，排除。

本题选 C。

10. (2019 海南) 在适宜条件下, 测得的某植物根细胞对 a、b 两种物质的吸收速率与外界溶液中这两种物质浓度的关系如图所示(a、b 两条曲线分别代表植物根细胞对不同浓度 a、b 两种物质的吸收速率)。回答下列问题。



(1) 根据实验结果发现 a 是通过自由扩散方式跨膜运输的。自由扩散的含义是\_\_\_\_\_。

(2) 实验结果表明: 当外界溶液中 b 的浓度达到一定数值时, 在增加 b 的浓度, 根细胞对 b 的吸收速率不再增加。可能的原因是\_\_\_\_\_。

(3) 王同学据图认为 b 的跨膜运输方式是主动运输, 李同学则认为是协助扩散。请设计实验确定王同学的判断是否正确。要求简要写出实验思路、预期结果和结论。

解析: 根据题干可知, 题图描绘的是某植物根细胞对 a、b 两种物质的吸收速率与外界溶液中这两种物质浓度的关系。

读图可知, 对物质 a 的吸收速率与 a 的浓度始终成正比, 顺浓度梯度转运且没有上限, 可能为自由扩散。

对物质 b 的吸收随着浓度增大先加快后基本不变, 表明 b 的转运需要载体蛋白, 可能为协助扩散。

(1) 自由扩散物质通过简单的扩散作用进出细胞的方式。

(2) 当外界溶液中 b 的浓度达到一定数值时, 对 b 的吸收速率不再增加, 可能的原因: b 需要通过转运蛋白进入细胞, 转运蛋白的数量有限。当 b 的浓度达到一定数值时, 转运载体蛋白已经饱和。

(3) 主动运输可以逆浓度梯度运输，协助扩散不能逆浓度梯度运输。主动运输需要额外消耗能量，协助扩散不需要额外消耗能量。可以从其中任意一个角度设计实验。

方案 1: 配置  $b$  浓度低于该植物根细胞液中  $b$  的浓度的等渗的培养液，将植物根细胞在培养液中培养一段时间，检测溶液中  $b$  的浓度是否减小。若减小，则为主动运输。

方案 2: 分别配置  $b$  浓度相同的培养液，甲组添加抑制呼吸作用的酶，乙组不添加。分别培养相同时间后，分别检测两组溶液中  $b$  的浓度。若甲组中  $b$  的浓度高于乙组，则为主动运输。

设计实验也是生物研究和考试的重要课题。基本思路为：根据不同生命过程的主要区别，对关键的变量设计对照实验，根据结果分析推断符合的过程。

## 第四章 生命活动中的能量变化

生物是自然界的一部分，生命活动的实质也是物理或化学变化，生命活动也遵循一般的物理和化学规律。生物化学反应是生命活动的主要表现形式，生物化学反应也遵循一般化学反应的能量变化、反应速率、催化剂等化学规律，比如热力学第一定律、热力学第二定律等。

在化学反应原理中，化学反应的能量变化由反应物中旧化学键断裂所需要的能量和产物中新生成的化学键所释放的能量所决定，化学反应的速率由反应活化能的高低所决定。这些基本的化学原理是分析推断生命活动中有关规律的基本依据。

生物化学反应中，酶是高效、专一的催化剂，扮演者控制相应的反应是否进行的关键角色。绝大多数酶的化学成分是蛋白质，因此酶也具有蛋白质的一般特性。酶在生物化学反应中的角色是催化剂，因此也符合催化剂的共有规律。

为了让能量能够便捷地在种类繁复的生物化学反应中流动，灵活高效地将一些反应释放的能量用于另一些需要吸收能量的反应，细胞使用 ATP 作为能量转移的“货币”。ATP 容易水解生成 ADP 和 Pi，同时释放能量驱动吸能反应进行。ADP 和 Pi 脱水缩合生成 ATP，同时吸收放能反应所释放的能量。 $\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ADP} + \text{Pi}$  的可逆反应分别对应释放能量和吸收能量的相反过程。

研究生物化学反应和生命过程的实验，与研究化学反应的能量、速率、反应条件的实验非常相似，分析研究的思路也与化学非常相似。实验一般都采取控制变量法，每次只改变一个条件，保持其他条件不变。常见的条件有温度、pH 值、反应物浓度、酶浓度、不同的反应物、不同的酶等。

此外，能量变化是生命活动的一条重要线索，与另外两条重要线索——物质转化和信息传递之间也有非常紧密的联系，有的题目也需将能量变化与物质转化或信息传递共同考虑。

1. (2018 浙江 4 月) ATP 是细胞中的能量通货。下列叙述正确的是 ( )

- A. ATP 中的能量均来自细胞呼吸释放的能量
- B. ATP-ADP 循环使得细胞储存了大量的 ATP
- C. ATP 水解形成 ADP 时释放能量和磷酸基团
- D. ATP 分子中的 2 个高能磷酸键不易断裂水解

解析: 本题要求判断关于 ATP 的叙述。逐个分析判断各选项。

选项 A, ATP 中的能量除来自细胞呼吸外, 也可以来自光合作用、化能合成作用等释放能量的途径。错误, 排除。

选项 B, ATP-ADP 循环可以通过使用较少的 ATP (ADP) 就能进行大量的能量转化, 不需要储存大量 ATP。错误, 排除。

选项 C, ATP 水解形成 ADP 时释放能量和磷酸基团是 ATP 作为“能量货币”的关键因素。正确, 备选。

选项 D, ATP 分子中的 2 个高能磷酸键都容易断裂水解, 释放出存储的能量。错误, 排除。

本题选 C。

2. (2019 天津) 下列过程需 ATP 水解提供能量的是 ( )

- A. 唾液淀粉酶水解淀粉
- B. 生长素的极性运输
- C. 光反应阶段中水在光下分解
- D. 乳酸菌无氧呼吸的第二阶段

解析: 本题考察生命过程是否需要能量。逐个分析判断各选项。

选项 A, 淀粉的水解是可以自发进行反应, 不需要额外供能, 唾液淀粉酶的催化作用不改变反应的能量变化。排除。

选项 B, 生长素的极性运输是主动运输, 需要提供能量。备选。

选项 C, 光反应阶段中的光解水是利用太阳能驱动的反应, 并将能量暂时储存在 NaDPH 中。排除。



选项 D, 乳酸菌无氧呼吸的第二阶段是丙酮酸转化为乳酸并释放少量能量的过程, 不需要 ATP 提供能量。排除。

本题选 B。

3. (2020 上海) 装有  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液的瓶盖已打开, 为了测定其是否完全变质, 可以加入的物质是 ( )

①生鸡肝②生土豆片③熟鸡肝④炸薯条

A. ①②

B. ①②③

C. ①②④

D. ②③④

解析: 动物的肝脏和马铃薯块茎中都富含过氧化氢酶, 可以高效催化  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解为水和氧气。

①生鸡肝②生土豆片中的过氧化氢酶没被破坏, 具有催化活性。③熟鸡肝④炸薯条因为受到高温烹饪, 所含的过氧化氢酶的结构被破坏, 不再具有催化活性。

若要测定  $\text{H}_2\text{O}_2$  是否完全变质, 可加入①或②片, 若产生气泡, 则还有剩余的  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 表明没有完全变质。若不产生气泡, 则完全变质。

本题选 A。

4. (2022 海南) 下列关于胰蛋白酶和胰岛素的叙述, 正确的是 ( )

A. 都可通过体液运输到全身

B. 都在细胞内发挥作用

C. 发挥作用后都立即被灭活

D. 都能在常温下与双缩脲试剂发生作用, 产生紫色反应

解析: 胰蛋白酶是由胰腺分泌到消化道中, 催化蛋白质水解的外分泌酶, 在消化道中发挥作用。

胰岛素是由胰岛 B 细胞分泌的内分泌激素, 相应的细胞识别胰岛素后, 可以加速糖原的消耗和利用, 降低血糖。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 胰蛋白酶是分泌到体外的消化道中的酶, 不是内分泌腺, 不通过体液运输到全身。错误, 排除。

选项 B, 胰蛋白酶在体外的消化道中发挥作用。错误, 排除。

选项 C, 酶具有高效性, 胰蛋白酶可以催化大量的蛋白质被水解。激素调节也具有高效性, 极少量的激素就能调节大量的细胞发生相应的变化。错误, 排除。

选项 D, 胰蛋白酶和胰岛素的化学成分都是蛋白质, 都能与双缩脲试剂发生作用, 产生紫色反应。正确, 备选。

本题选 D。

5. (2017 全国 II) 下列关于生物体中酶的叙述, 正确的是 ( )

A. 在细胞中, 核外没有参与 DNA 合成的酶

B. 由活细胞产生的酶在生物体外没有催化活性

C. 从胃蛋白酶的提取液中沉淀该酶可用盐析的方法

D. 唾液淀粉酶催化反应最适温度和保存温度是  $37^{\circ}\text{C}$

解析: 本题要求判断关于酶的叙述。逐个分析判断各选项。

选项 A, 有很多参与 DNA 合成的酶是蛋白质, 蛋白质在细胞核外的核糖体上合成, 上有参与 DNA 合成的酶。错误, 排除。

选项 B, 胃蛋白酶、胰蛋白酶等都由活细胞产生, 在生物体外有催化活性。此外, 很多在细胞体内发挥作用的酶, 在适宜的人工配置的溶液中也可发挥作用, 比如 DNA 扩增的 PCR 技术中使用的酶。错误, 排除。

选项 C, 胃蛋白酶是一种蛋白质, 可以用盐析的方法提取蛋白质, 且不会引起蛋白质变性。且胃蛋白酶能催化其他蛋白质的水解, 其提取液中极少混有其他蛋白质。正确, 备选。

选项 D, 唾液淀粉酶在人的口腔中发挥作用, 催化反应的最适温度应当接近人的体温, 为  $37^{\circ}\text{C}$ 。

酶的保存一般需在低温环境中, 短期保存一般在  $4^{\circ}\text{C}$  的冰箱或冷

室中，长期保存一般冷冻在 $-20^{\circ}\text{C}$ 的冰箱里。错误，排除。

本题选 C。

6. (2022 浙江) 下列关于研究淀粉酶的催化作用及特性实验的叙述，正确的是 ( )

- A. 低温主要通过改变淀粉酶的氨基酸组成，导致酶变性失活
- B. 稀释 100 万倍的淀粉酶仍有催化能力，是因为酶的作用具有高效性
- C. 淀粉酶在一定 pH 范围内作用，酶活性随 pH 升高而不断升高
- D. 若在淀粉和淀粉酶混合液中加入蛋白酶，会加快淀粉的水解速率

解析：题目关于研究淀粉酶的催化作用及特性实验。淀粉酶是催化淀粉水解为葡萄糖的酶。绝大多数酶是蛋白质。酶具有高效性、专一性、需在适宜范围内才能发挥功能等特点。逐个分析判断各选项。

选项 A，低温一般不会改变蛋白质的结构，对酶的结构没有破坏作用，只是因为温度过低，不在酶发挥功能的适宜温度范围内，导致其催化活性降低甚至暂时消失。低温不会改变蛋白质的氨基酸组成，高温也不会，一般需要很强的化学或物理作用才有可能改变蛋白质的氨基酸组成。错误，排除。

选项 B，酶在稀释度非常高，即浓度非常低的情况下仍有催化能力，是酶的作用具有高效性的体现。正确，备选。

选项 C，酶需在一定 pH 范围内作用，若 pH 过高或过低酶的活性都会下降乃至丧失。错误，排除。

选项 D，淀粉酶本身是一种蛋白质，可被蛋白酶水解，导致失去活性。而蛋白酶没有催化淀粉水解的作用。因此若在淀粉和淀粉酶混合液中加入蛋白酶，会减慢淀粉的水解速率。错误，排除。

本题选 B。

7. (2022 全国甲卷) 线粒体是细胞进行有氧呼吸的主要场所。研究发现, 经常运动的人肌肉细胞中线粒体数量通常比缺乏锻炼的人多。下列与线粒体有关的叙述, 错误的是

- A. 有氧呼吸时细胞质基质和线粒体中都能产生 ATP
- B. 线粒体内膜上的酶可以参与[H]和氧气反应形成水的过程
- C. 线粒体中的丙酮酸分解成 $\text{CO}_2$ 和[H]的过程需要 $\text{O}_2$ 的直接参与
- D. 线粒体中的DNA能够通过转录和翻译控制某些蛋白质的合成

解析: 已知线粒体是细胞进行有氧呼吸的主要场所, 且经常运动的人肌肉细胞中线粒体比缺乏锻炼的人多, 可能是因为经常运动导致肌肉细胞的能量消耗增加, 因此合成了更多的线粒体用于应对能量消耗。逐个分析各选项。

选项A, 根据细胞有氧呼吸的基本过程, 细胞质基质中可发生葡萄糖脱[H]生成丙酮酸同时产生ATP的反应。线粒体中发生丙酮酸脱去脱[H]生成二氧化碳同时产生ATP的反应, 以及[H]与氧反应生成水同时产生ATP的反应。所以有氧呼吸时细胞质基质和线粒体中都能产生ATP的说法是正确的。排除。

选项B, 线粒体内膜上的酶参与[H]和氧气反应形成水的过程, 正确, 排除。

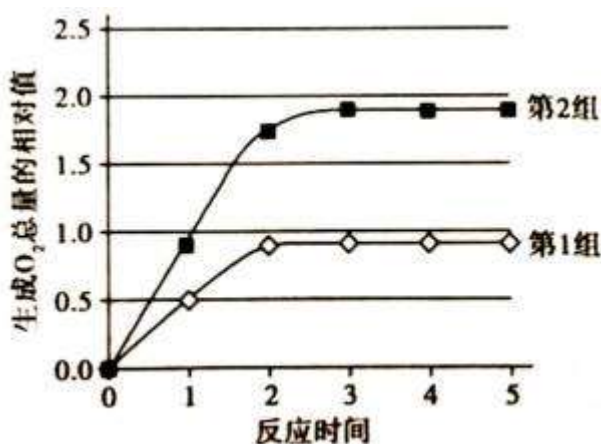
选项C, 线粒体中的丙酮酸分解成 $\text{CO}_2$ 和[H]的过程不需要 $\text{O}_2$ 的直接参与, 丙酮酸脱去[H]与[H]和氧的结合分别进行。错误, 备选。

选项D, 线粒体和叶绿体中都含有DNA, 能自行合成一些蛋白质。正确, 排除。

本题选C。

8. (2020 北京) 用新鲜制备的含过氧化氢酶的马铃薯悬液进行分解 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的实验, 两组实验结果如图。第1组曲线是在 $\text{pH} = 7.0$ ,  $20^\circ\text{C}$ 条件下, 向5mL 1%的 $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液中加入0.5mL酶悬液的结果, 与第1组

相比，第2组实验只做了一个改变。第2组实验提高了（ ）



- A. 悬液中酶的浓度
- B.  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液的浓度
- C. 反应体系的温度
- D. 反应体系的 pH

解析：题目为用新鲜制备的含过氧化氢酶的马铃薯悬液进行分解  $\text{H}_2\text{O}_2$  的实验。

第1组曲线的条件为  $\text{pH} = 7.0$ ， $20^\circ\text{C}$  条件下，该  $\text{pH}$  较适宜，温度略低但应当仍有催化活性。向  $5\text{mL}$  1% 的  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液中加入  $0.5\text{mL}$  酶悬液，产生氧气。

第2组实验只做了一个改变，是本题的问题。

观察图表，横坐标为时间，纵坐标为生成  $\text{O}_2$  总量的相对量，即从开始到该时刻累积生成的  $\text{O}_2$  的总量，则曲线的斜率表示该时刻生成  $\text{O}_2$  速率。

观察第1组的曲线，起初曲线升高，表明有  $\text{O}_2$  生成。且曲线的斜率基本不变，表明催化  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的速率基本不变。最后曲线保持水平，表明不再有  $\text{O}_2$  生成，应当是  $\text{H}_2\text{O}_2$  全都被分解。

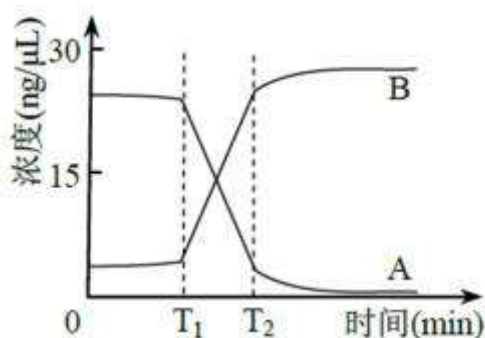
观察第2组的曲线，曲线前半段比第1组升高得快，有可能是因为底物  $\text{H}_2\text{O}_2$  的浓度更高，也有可能是酶的浓度更高，还有可能是温度、 $\text{pH}$  等条件更适宜。

第2组的曲线最终升高并保持不变的最大高度约为第1组的两倍，产生的 $O_2$ 的量是第1组的两倍，因此底物 $H_2O_2$ 的含量应当大致为第1组的两倍。

改变悬液中酶的浓度、温度、pH都不能增加最终产生的 $O_2$ 的量，因此第2组实验提高了 $H_2O_2$ 溶液的浓度。

本题选B。

9. (2017 天津理综) 将A、B两种物质混合， $T_1$ 时加入酶C。如图为最适温度下A、B浓度的变化曲线。叙述错误的是( )



- A. 酶C降低了A生成B这一反应的活化能
- B. 该体系中酶促反应速率先快后慢
- C.  $T_2$ 后B增加缓慢是酶活性降低导致的
- D. 适当降低反应温度， $T_2$ 值增大

解析：将A、B两种物质混合， $T_1$ 时加入酶C。观察图表，横坐标为时间，纵坐标为浓度。A的浓度随时间减小，B的浓度随时间增大，很可能酶C催化了反应 $A \rightarrow B$ 。

已知 $T_1$ 时加入酶C，图中 $T_1$ 时A和B的含量开始发生变化，表明酶C一加入就发挥催化作用。

$T_1 \sim T_2$ 时间内，A降低的斜率和B升高的斜率都基本不变，表明这段时间内A消耗和B生成的速率基本不变。

$T_2$ 时后，A降低的斜率和B升高的斜率逐渐减小，表明反应速率

逐渐减小。

最后 A 的浓度接近零, B 的浓度基本不变, 表明 A 全部转化为 C。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 酶催化作用的原理是显著降低反应的活化能, 从而大大地提高反应速率。正确, 排除。

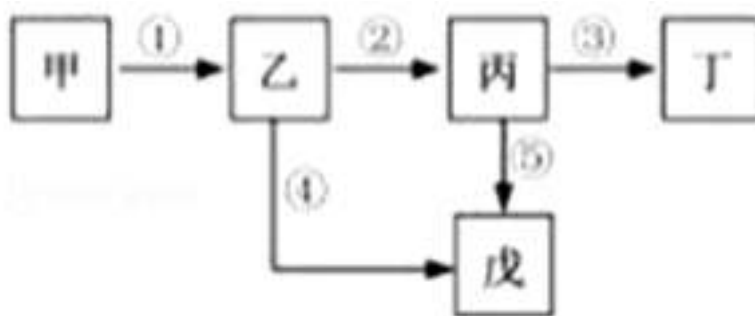
选项 B,  $T_1 \sim T_2$  时间内酶促反应基本不变,  $T_2$  时后反应的速率逐渐减慢, 表明该过程中酶促反应的速率先快后慢。正确, 排除。

选项 C,  $T_2$  后 B 增加缓慢, 很可能是因为反应物 A 的浓度逐渐降低, 导致反应速率逐渐减慢。温度等条件都不变, 酶活性降低的可能性很小。错误, 备选。

选项 D, 适当降低反应温度, 酶的催化效率降低, 反应进行到同等程度所需的时间更长,  $T_2$  值增大。正确, 排除。

本题选 C。

10. (2020 浙江 1 月) 细菌内某种物质在酶的作用下转变为另一种物质的过程如图所示, 其中甲-戊代表生长必需的不同物质, ①~⑤代表不同的酶。野生型细菌只要在培养基中添加甲就能生长, 而突变型细菌必须在培养基中添加甲、乙、丁才能生长。下列叙述正确的是 ( )



A. 突变型细菌缺乏酶①、②、③

B. 酶④与乙结合后不会改变酶④的形状

C. 酶②能催化乙转变为丙, 也能催化丙转变为丁

D. 若丙→戊的反应受阻，突变型细菌也能生长

解析：图中甲乙丙丁戊表示细菌必需的物质，①②③④⑤表示酶。从图中可以读出，甲经①催化生成乙，乙经②催化生成丙，乙经④催化生成戊，丙经⑤催化也生成戊，丙经③催化生成丁。

野生型细菌只要在培养基中添加甲就能生长，表明野生型菌可以合成全部①②③④⑤五种酶。

突变型细菌必须在培养基中添加甲、乙、丁。必须添加乙，表明缺少①。不须添加丙，表明不缺②。必须添加丁，表明缺少③。不须添加戊，表明③或④不会都缺少，至少有一个或者都有。

逐个分析各选项。

选项 A，按照上述分析，突变型细菌缺乏酶①③，不缺酶③，可能缺③或④中的一种。错误，排除。

选项 B，酶在发挥催化作用时，一般不会改变酶的结构和性质。错误，排除。

选项 C，酶具有专一性，一般一种酶只能催化一种或一类反应。具体到酶②，按照上述分析，突变型菌不缺乏酶②，但是仍必须添加丁，因此酶②不能催化丙转变为丁。错误，排除。

选项 D，若丙→戊的反应受阻，则酶④可将乙转化为戊。虽然根据已知条件无法判断突变型细菌的戊是由乙还是丙转化而来，但存在由酶④将乙转化为戊的可能。由于其他选项都有明确的错误，因此只能该选项正确，备选。

本题选 D。



## 第五章 呼吸作用和光合作用

呼吸作用和光合作用是细胞内发生的两个非常重要的生命过程。光合作用时生物界将非生物的太阳能转化为生物可以直接利用的化学的主要途径。呼吸作用时生物对固定在有机物中的能量加以利用的主要途径。

呼吸作用和光合作用是细胞利用能量的两个非常典型的生命过程。这两个过程的实质都是一系列连续的生物化学反应，涉及到物质的转化、能量的流动、酶的催化、相应的场所等要素。呼吸作用欧冠和光合作用的各阶段、条件、场所、反应物、产物、能量流动情况等知识都需要牢固掌握

关于呼吸作用和光合作用的研究有很多非常经典的实验。氧气或二氧化碳、光照、温度等多种条件共同对呼吸作用和光合作用产生影响，控制变量法经常和相关实验中使用。连续改变某一变量，检测产生的影响并绘制成图表，也是生物学研究的重要方法。此外，同位素失踪技术在研究生物化学反应的具体过程中也有非常广泛和重要的应用。

呼吸作用和光合作用的实质仍是生物化学反应，遵循化学的基本规律和原理。此外，光合色素对不同波长的光的吸收利用涉及到基本的物理知识。运用物理和化学知识对生命过程和生物实验进行分析推断也是解决生物问题的重要方法。

1. (2022 浙江) 下列关于细胞呼吸的叙述，错误的是 ( )
- A. 人体剧烈运动会致骨骼肌细胞产生较多的乳酸
  - B. 制作酸奶过程中乳酸菌可产生大量的丙酮酸和  $\text{CO}_2$
  - C. 梨果肉细胞厌氧呼吸释放的能量一部分用于合成 ATP
  - D. 酵母菌的乙醇发酵过程中通入  $\text{O}_2$  会影响乙醇的生成量

解析: 本题直接判断关于细胞呼吸的叙述。逐个分析判断各选项。

选项 A, 人体剧烈运动时, 骨骼肌进行无氧呼吸, 会产生较多乳酸。正确, 排除。

选项 B, 乳酸菌进行无氧呼吸时, 第一步由葡萄糖生成丙酮酸, 第二步由丙酮酸生成乳酸, 不直接产生  $\text{CO}_2$ 。错误, 备选。

选项 C, 细胞厌氧呼吸释放的能量一般以  $[\text{H}]$  的形式存在, 其中一部分用于合成 ATP。正确, 排除。

选项 D, 酵母菌的乙醇发酵是酵母菌进行无氧呼吸的过程, 若通入  $\text{O}_2$ , 则酵母菌可进行有氧呼吸, 导致无氧呼吸生成乙醇的量减少。正确, 排除。

本题选 B。

2. (2021 全国甲) 某同学将酵母菌接种在马铃薯培养液中进行实验, 不可能得到的结果是 ( )

- A. 该菌在有氧条件下能繁殖
- B. 该菌在无氧呼吸的过程中无丙酮酸产生
- C. 该菌在无氧条件下能够产生乙醇
- D. 该菌在有氧和无氧条件下都能产生  $\text{CO}_2$

解析: 将酵母菌接种在马铃薯培养液中进行实验, 马铃薯培养液中应当含有酵母菌生长繁殖所需的营养。酵母菌是兼性厌氧的真菌, 在有氧条件下生长繁殖。逐个分析判断各选项。

选项 A, 酵母菌在有氧条件下能繁殖。正确, 排除。

选项 B, 酵母菌的无氧呼吸第一步由葡萄糖生成丙酮酸, 第二步由丙酮酸生成乙醇和二氧化碳。错误, 备选。

选项 C, 酵母菌的无氧呼吸可生成乙醇和二氧化碳。正确, 排除。

选项 D, 酵母菌进行有氧呼吸时, 将葡萄糖转化为二氧化碳和水; 进行无氧呼吸时, 将葡萄糖转化为乙醇和二氧化碳。正确, 排除。

本题选 B。

3. (2020 山东) 癌细胞即使在氧气供应充足的条件下也主要依赖无氧呼吸产生 ATP, 这种现象称为“瓦堡效应”。下列说法错误的是( )

- A. “瓦堡效应”导致癌细胞需要大量吸收葡萄糖
- B. 癌细胞中丙酮酸转化为乳酸的过程会生成少量 ATP
- C. 癌细胞呼吸作用过程中丙酮酸主要在细胞质基质中被利用
- D. 消耗等量的葡萄糖, 癌细胞呼吸作用产生的 NADP 比正常细胞少

解析: 题干已知癌细胞即使在氧气供应充足的条件下也主要依赖无氧呼吸产生 ATP。哺乳动物细胞的无氧呼吸一般先生成丙酮酸, 再由丙酮酸转化为乳酸。第一步释放少量能量, 第二步不释放能量(按照人教版教材内容)。逐个分析判断各选项。

选项 A, 因为癌细胞无氧呼吸时, 对葡萄糖的利用程度很低, 只释放少量能量, 因此癌细胞需要大量吸收葡萄糖。正确, 排除。

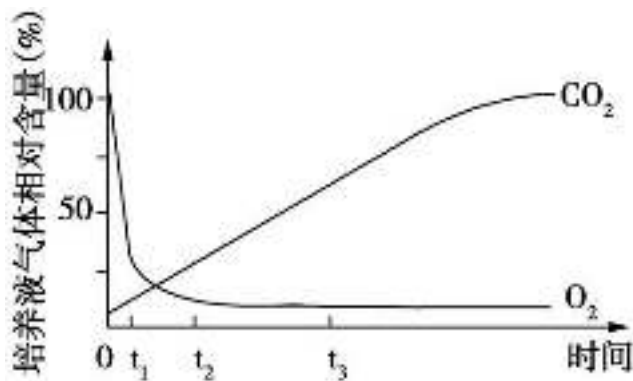
选项 B, 按照人教版教材, 无氧呼吸的第二步乳酸转化为丙酮酸时不释放能量。错误, 备选。

选项 C, 细胞的无氧呼吸的两个步骤都发生在细胞质基质中。第一步生成的丙酮酸在细胞质基质中被转化为乳酸。正确, 排除。

选项 D, 癌细胞进行无氧呼吸, 对葡萄糖的利用程度很低。正常细胞进行有氧呼吸, 对葡萄糖的利用程度很充分。呼吸作用释放的能量主要转化储存在 NADP 中。正确, 排除。

本题选 B。

4. (2018 天津) 为探究酵母菌的呼吸方式, 在连通  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  传感器的 100mL 锥形瓶中, 加入 40mL 活化酵母菌和 60mL 葡萄糖溶液, 密封后在最适温度下培养。培养液中的  $\text{O}_2$  和  $\text{CO}_2$  相对含量变化如图所示。有关分析错误的是( )



- A.  $t_1 \rightarrow t_2$ , 酵母菌的有氧呼吸速率不断下降
- B.  $t_3$  时, 培养液中葡萄糖的消耗速率比  $t_1$  快
- C. 若降低  $10^\circ\text{C}$  培养,  $\text{O}_2$  相对含量达到稳定所需时间会缩短
- D. 实验后的培养液滤液加入适量酸性重铬酸钾溶液后变成灰绿色

解析: 题目的目的是探究酵母菌的呼吸方式, 酵母菌在有氧条件下进行有氧呼吸, 葡萄糖全部转化为二氧化碳和水; 在无氧条件下进行无氧呼吸, 葡萄糖转化为乙醇和二氧化碳。

在连通  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  传感器的 100mL 锥形瓶中, 传感器用于检测  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  的含量。加入 40mL 活化酵母菌和 60mL 葡萄糖溶液, 密封后在最适温度下培养。由于是密闭环境, 氧气得不到补充, 会逐渐消耗完。因此酵母菌先进行有氧呼吸, 后进行无氧呼吸。

观察  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  的相对含量的变化曲线。横坐标为时间, 纵坐标为相对含量。起初  $\text{O}_2$  的相对含量为 100%,  $\text{CO}_2$  接近 0。

$\text{O}_2$  的相对含量在  $0 \rightarrow t_1$  时间内, 迅速降低, 且为线性, 降低速度基本不变, 应当是在稳定地进行有氧呼吸。在  $t_1 \rightarrow t_2$  时间内缓慢降低, 且降低速率逐步减慢, 应当是有氧呼吸的速率逐渐减慢。 $t_2$  时间后基本不变, 应当是  $\text{O}_2$  几乎耗尽, 不再进行有氧呼吸。

$\text{CO}_2$  的含量在很长一段时间内几乎线性增升高, 表明生成  $\text{CO}_2$  的速率几乎不变。直到  $t_3$  之后的某时刻才开始维持不变, 表明不再有  $\text{CO}_2$  生成。 $0 \rightarrow t_1$  时间内  $\text{CO}_2$  的线性增加, 应当是稳定进行有氧呼吸。在  $t_1 \rightarrow t_2$  时间内  $\text{CO}_2$  仍线性增加, 有氧呼吸效率减慢, 无氧呼吸补充予以

补充。 $t_2$  时间后  $\text{CO}_2$  仍线性增加，应当是无氧呼吸趋于稳定。最后  $\text{CO}_2$  含量不变，可能是营养物质消耗完了。

逐个分析判断各选项。

选项 A， $t_1 \rightarrow t_2$  时间内， $\text{O}_2$  消耗的速率逐渐减慢，表明有氧呼吸速率逐渐下降。正确，排除。

选项 B， $t_1$  时进行有氧呼吸，1 分子葡萄糖生成 6 分子二氧化碳。 $t_3$  时进行无氧呼吸，1 分子葡萄糖只生成 2 分子二氧化碳。根据  $\text{CO}_2$  的曲线可知，这两个时刻二氧化碳增加的速率相等，则  $t_3$  时消耗葡萄糖的速率应当约为  $t_1$  时的三倍。正确，排除。

选项 C，若降低  $10^\circ\text{C}$  培养，则酵母菌的生命活动速率会减缓，消耗氧气的速率也会减缓， $\text{O}_2$  相对含量将在更晚的时间达到稳定，所需时间会推迟，而非提前。错误，备选。

选项 D，乳酸菌无氧呼吸的产物乙醇具有还原性，酸性重铬酸钾溶液遇到还原性物质后，可被还原生成绿色的铬酸根离子。正确，排除。

本题选 C。

5. (2021 河北) (多选)《齐民要术》中记载了利用荫坑贮存葡萄的方法 (如图)。目前我国果蔬主产区普遍适用大型封闭式气调冷藏库 (充入氮气替换部分空气)，延长了果蔬保鲜时间、增加了农民收益。下列叙述正确的是 ( )



- A. 荫坑和气调冷藏库环境减缓了果蔬中营养成分和风味物质的分解
- B. 荫坑和气调冷藏库贮存的果蔬，有氧呼吸中不需要氧气参与的第一、二阶段正常进行，第三阶段受到抑制
- C. 气调冷藏库中的低温可以降低细胞质基质和线粒体中酶的活性
- D. 气调冷藏库配备的气体过滤装置及时清除乙烯，可延长果蔬保鲜时间

解析：从图中可知，荫坑就是在地面上挖了个坑，坑上用土覆盖，并且留了些孔。荫坑创造了一个较为封闭的空间，减少了空气的流通，且“经冬不异也”表明用于在冬季储藏食物。

荫坑中空气不易流通，氧气耗尽后无法补充，葡萄细胞进行有氧呼吸的效率减慢，但是有可能会进行部分无氧呼吸。在冬季的低温下，细胞的生命活动都有所减慢。

大型封闭式气调冷藏库充入氮气替换部分空气，同时使用低温，其原理与荫坑相似，从降低氧气含量和减低温度两个方面，共同减缓了植物细胞的生命活动，有利于长期保存。

逐个分析各选项。

选项 A，荫坑和气调冷藏库都创造了氧气含量低和温度低的环境，减缓了果蔬中营养成分和风味物质的分解。正确，备选。

选项 B，荫坑和气调冷藏库贮存都降低了细胞生命活动的速率，有氧呼吸中不需要氧气参与的第一、二阶段也被抑制。错误，排除。

选项 C，低温可以降低酶的活性，包括细胞质基质和线粒体中酶的活性。正确，备选。

选项 D，乙烯对植物果实有催熟的作用，及时清除乙烯可以防止果实被催熟，从而延长果蔬保鲜时间。正确，备选。

本题选 ACD。

6. (2019 浙江 4 月) 生物利用的能源物质主要是糖类和油脂, 油脂的氧原子含量较糖类中的少而氢的含量多。可用一定时间内生物产生  $\text{CO}_2$  的摩尔数与消耗  $\text{O}_2$  的摩尔数的比值来大致推测细胞呼吸底物的种类。下列叙述错误的是 ( )

- A. 将果蔬储藏于充满氮气的密闭容器中, 上述比值低于 1
- B. 严重的糖尿病患者与其正常时相比, 上述比值会降低
- C. 富含油脂的种子在萌发初期, 上述比值低于 1
- D. 某动物以草为食, 推测上述比值接近 1

解析: 糖类完全氧化的化学方程式为  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ , 产生  $\text{CO}_2$  的摩尔数与消耗  $\text{O}_2$  的摩尔数的比值为 1。

题目已知油脂含更少的氧和更多的氢, 因此油脂氧化需要消耗比糖类更多的  $\text{O}_2$  才能生成等量的  $\text{CO}_2$ , 因此油脂氧化后产生  $\text{CO}_2$  的摩尔数与消耗  $\text{O}_2$  的摩尔数的比值应当小于 1。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 果蔬储藏于充满氮气的密闭容器中, 细胞进行无氧呼吸, 没有氧气供消耗, 只产生二氧化碳, 上述比值远大于 1。错误, 备选。

选项 B, 严重糖尿病患者因为细胞对葡萄糖的利用率很低, 导致血液中葡萄糖含量升高。细胞转而消耗脂质提供能量, 令上述比值降低。正确, 排除。

选项 C, 富含油脂的种子在萌发初期主要消耗油脂提供能量, 上述比值小于 1。正确, 排除。

选项 D, 某动物以草为食, 草的主要成分为纤维素, 由葡萄糖聚合而成, 该动物的主要供能物质为葡萄糖, 推测上述比值接近 1。正确, 排除。

本题选 A。

7. (2021 广东) 在高等植物光合作用的卡尔文循环中, 唯一催化  $\text{CO}_2$  固定形成  $\text{C}_3$  的酶被称为 Rubisco。下列叙述正确的是 ( )

- A. Rubisco 存在于细胞质基质中
- B. 激活 Rubisco 需要黑暗条件
- C. Rubisco 催化  $\text{CO}_2$  固定需要 ATP
- D. Rubisco 催化  $\text{C}_5$  和  $\text{CO}_2$  结合

解析：卡尔文循环是光合作用的暗反应阶段， $\text{CO}_2$  与  $\text{C}_5$  化合物结合生成  $\text{C}_3$  化合物，然后一部分  $\text{C}_3$  化合物转化为  $\text{C}_5$ ，一部分  $\text{C}_3$  化合物转化为糖类的过程。根据题目可知，Rubisco 是唯一催化  $\text{CO}_2$  与  $\text{C}_5$  化合物结合生成  $\text{C}_3$  化合物的酶。

逐个分析判断各选项。

选项 A，暗反应发生在叶绿体的基质中，因此 Rubisco 应当也存在于叶绿体的基质中。错误，排除。

选项 B，暗反应在光照和黑暗条件下都能进行，并非需要黑暗条件。错误，排除。

选项 C，光合反应的光反应和暗反应都是自发进行的反应，可以提供能量而不需要额外消耗能量。错误，排除。

选项 D， $\text{CO}_2$  与  $\text{C}_5$  化合物结合生成  $\text{C}_3$  化合物。正确，备选。

本题选 D

8.(2022 全国乙)某同学将一株生长正常的小麦置于密闭容器中，在适宜且恒定的温度和光照条件下培养，发现容器内  $\text{CO}_2$  含量初期逐渐降低，之后保持相对稳定。关于这一实验现象，下列解释合理的是 ( )

- A. 初期光合速率逐渐升高，之后光合速率等于呼吸速率
- B. 初期光合速率和呼吸速率均降低，之后呼吸速率保持稳定
- C. 初期呼吸速率大于光合速率，之后呼吸速率等于光合速率
- D. 初期光合速率大于呼吸速率，之后光合速率等于呼吸速率

解析：将一株生长正常的小麦置于密闭容器中，在适宜且恒定的温度和光照条件下培养，小麦可以同时进行光合作用和呼吸作用，光



合作用消耗二氧化碳释放氧气，呼吸作用消耗氧气释放二氧化碳。若小麦要正常生长，则固定的二氧化碳需要多于释放的二氧化碳，才能用碳元素构建自身的机体。

实验发现容器内  $\text{CO}_2$  含量初期逐渐降低，之后保持相对稳定，很可能是因为初期小麦需要使用  $\text{CO}_2$  合成自身的有机物，光合速率大于呼吸速率，所以吸收的  $\text{CO}_2$  多于释放的。后来小麦的有机物净重不再增加，光合作用和呼吸作用达到平衡。

逐个分析判断各选项。

选项 A，若初期光合速率逐渐升高，之后光合速率等于呼吸速率，意味着初期光合速率小于呼吸速率，则初期  $\text{CO}_2$  含量应当升高。错误，排除。

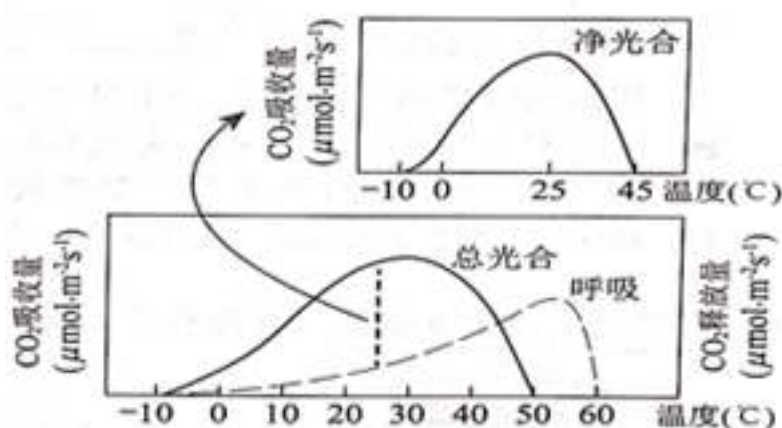
选项 B，初期为小麦干重增加的生长阶段，其细胞活动应当越来越旺盛，光合速率和呼吸速率应当均升高。错误，排除。

选项 C，按照上述分析，初期呼吸速率应当小于光合速率。错误，排除。

选项 D，与上述分析一致。正确，备选。

本题选 D。

9. (2017 北京) 某植物光合作用、呼吸作用与温度的关系如图。据此，对该植物生理特性理解错误的是 ( )



- A. 呼吸作用的最适温度比光合作用的高
- B. 净光合作用的最适温度约为  $25^{\circ}\text{C}$
- C. 在  $0\sim 25^{\circ}\text{C}$  范围内, 温度变化时对光合速率的影响比对呼吸速率的大
- D. 适合该植物生长的温度范围是  $10\sim 50^{\circ}\text{C}$

解析: 题目给出两幅图, 第 1 幅图的横坐标为温度, 纵坐标为  $\text{CO}_2$  吸收量, 且图中标注了“净光合”。由于光合作用需要吸收  $\text{CO}_2$ , 所以该图应当是使用  $\text{CO}_2$  的吸收量来衡量光合作用减去呼吸作用的效果, 即光合作用消耗的  $\text{CO}_2$  减去呼吸作用产生的  $\text{CO}_2$  就是植物所吸收的  $\text{CO}_2$ 。

第 2 副图的横坐标也为温度, 左边的纵坐标为  $\text{CO}_2$  吸收量, 应当对应光合作用的强度, 右边的纵坐标为  $\text{CO}_2$  释放量, 应当对应呼吸作用的强度。图中两个曲线分别为总光合和呼吸。用同一温度下总光合的曲线高度减去呼吸的曲线高度, 应当就得到上图中净光合的曲线高度。

根据下图中曲线可知, 总光合在约  $25^{\circ}\text{C}$  时达到最大值, 呼吸在约  $55^{\circ}\text{C}$  时达到最大值。柑橘上图可知, 总光合减去呼吸的净光合也在约  $25^{\circ}\text{C}$  时达到最大值。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 根据下图可知, 光合作用的最适温度约为  $25^{\circ}\text{C}$ , 呼吸作用的最是温度约为  $55^{\circ}\text{C}$ 。正确, 排除。

选项 B, 根据上图可知, 净光合在  $25^{\circ}\text{C}$  达到最大值。正确, 排除。

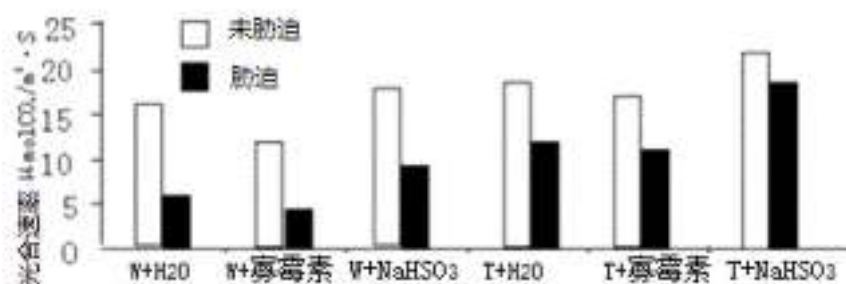
选项 C, 根据下图可知, 在  $0\sim 25^{\circ}\text{C}$  范围内, 光合作用速率随温度的上升很明显, 呼吸速率随温度的上升很小, 因此温度变化时对光合速率的影响比对呼吸速率的大。正确, 排除。

选项 D, 适合该植物生长的温度范围应当是呼吸作用和光合作用都能进行, 且光合作用大于等于呼吸作用的温度范围。若只有光合作用没有呼吸作用, 则植物的其他生命活动缺乏能量, 若呼吸作用强于

光合作用，则植物固定的能量不足以支撑其他生命活动。根据两张图中的曲线，呼吸作用和光合作用都能进行，且光合作用不低于呼吸作用的温度范围是 $10\sim 45^{\circ}\text{C}$ 。错误备选。

本题选 D。

10. (2018 浙江 4 月) 各取未转基因的水稻 (W) 和转 Z 基因的水稻 (T) 数株，分组后分别喷施蒸馏水、寡霉素和  $\text{NaHSO}_3$ ，24h 后进行干旱胁迫处理 (胁迫指对植物生长和发育不利的环境因素)，测得未胁迫和胁迫 8h 时的光合速率如图所示。已知寡霉素抑制光合作用和细胞呼吸中 ATP 合成酶的活性。下列叙述正确的是 ( )



- A. 寡霉素在细胞呼吸过程中抑制线粒体外膜上[H]的传递
- B. 寡霉素在光合作用过程中的作用部位是叶绿体的基质
- C. 转 Z 基因提高光合作用的效率，且增加寡霉素对光合速率的抑制作用
- D. 喷施  $\text{NaHSO}_3$  促进光合作用，且减缓干旱胁迫引起的光合速率下降

解析：题目各取未转基因的水稻 (W) 和转 Z 基因的水稻 (T) 数株，分组后分别喷施蒸馏水、寡霉素和  $\text{NaHSO}_3$ ，24h 后将其置于干旱的不利条件下。

蒸馏水应当没特殊作用。题目已知寡霉素抑制光合作用和细胞呼吸中 ATP 合成酶的活性，也就是让细胞不能通过光合作用和呼吸作用合成 ATP。  $\text{NaHSO}_3$  的作用暂时未知。

柱状图为未胁迫和胁迫 8h 时的光合速率，横坐标为施加不同物质，

纵坐标为光合速率。白色矩形表示未置于干旱的不利条件，黑色表示被置于干旱的不利条件。

第 1 组矩形表明，未转基因的植株加蒸馏水后，未胁迫比被胁迫的光合速率高很多。

第 2 组矩形表明，未转基因的植株加寡霉素后，未胁迫比被胁迫的光合速率都比加蒸馏水有所降低，且仍为未胁迫比被胁迫高很多。

第 3 组矩形表明，未转基因的植株加  $\text{NaHSO}_3$  后，未胁迫比被胁迫的光合速率都比加蒸馏水有所升高，且仍为未胁迫比被胁迫高很多。

第 4 组矩形表明，转基因的植株加蒸馏水后，未胁迫时与未转基因的植株加蒸馏水后的光合速率差不多，被胁迫时比未转基因的植株加蒸馏水后的光合速率高很多。

第 5 组矩形表明，转基因的植株加寡霉素后，未胁迫时与未转基因的植株加寡霉素后的光合速率略高，被胁迫时比未转基因的植株加寡霉素后的光合速率高很多，但是与转基因植株加蒸馏水的区别不大。

第 6 组矩形表明，转基因的植株加  $\text{NaHSO}_3$  后，未胁迫时的光合速率非常高，而被胁迫时的光合速率仍然很高。

上述数据表明，转基因的植株有更强的抗干旱能力，且施加  $\text{NaHSO}_3$  后，光合效率显著提升，抗干旱能力也很强。

逐个分析判断各选项。

选项 A，题目已知寡霉素抑制光合作用和细胞呼吸中 ATP 合成酶的活性，而呼吸作用中 ATP 的合成场所为细胞质基质、线粒体基质、线粒体内膜，因此寡霉素抑制细胞呼吸的部位并非线粒体外膜。错误，排除。

选项 B，光合作用中产生 ATP 的场所为叶绿体的类囊体膜，因此寡霉素抑制细光合作用 ATP 合成的部位并非叶绿体的基质。错误，排除。

选项 C，根据柱状图中第 2、第 4 组数据，转 Z 基因提高光合作用的效率，且可以抵抗寡霉素对光合速率的抑制作用。错误，排除。

选项 D, 根据柱状图中第 1 和第 3 组、第 4 和第 6 组数据, 喷施  $\text{NaHSO}_3$  光合效率提高, 且减缓了干旱胁迫引起的光合速率下降。正确, 被选。

本题选 D,

11. (2021 全国乙) 生活在干旱地区的一些植物(如植物甲)具有特殊的  $\text{CO}_2$  固定方式。这类植物晚上气孔打开吸收  $\text{CO}_2$ , 吸收的  $\text{CO}_2$  通过生成苹果酸储存在液泡中; 白天气孔关闭, 液泡中储存的苹果酸脱羧释放的  $\text{CO}_2$  可用于光合作用。回答下列问题:

(1) 白天叶肉细胞产生 ATP 的场所有\_\_\_\_\_。  
光合作用所需的  $\text{CO}_2$  来源于苹果酸脱羧和\_\_\_\_\_释放的  $\text{CO}_2$ 。

(2) 气孔白天关闭、晚上打开是这类植物适应于干旱环境的一种方式, 这种方式既能防止\_\_\_\_\_, 又能保证\_\_\_\_\_正常进行。

(3) 若以 pH 作为检测指标, 请设计实验来验证植物甲在干旱环境中存在这种特殊的  $\text{CO}_2$  固定方式。(简要写出实验思路和预期结果)

解析: 题目已知干旱地区的植物甲晚上气孔打开吸收  $\text{CO}_2$ , 并通过生成苹果酸储存在液泡中。白天气孔关闭, 液泡中储存的苹果酸脱羧释放的  $\text{CO}_2$  可用于光合作用。该特性避免白天打开气孔丧失水分, 是对干旱环境的适应。

(1) 叶肉细胞中产生 ATP 的场所主要有进行光合作用的叶绿体、进行有氧呼吸的线粒体、以及葡萄糖分解为丙酮酸的细胞质基质。

光合作用所需的  $\text{CO}_2$  除来自储存在苹果酸当中的羧基外, 还可以来自细胞的有氧呼吸释放的  $\text{CO}_2$ 。

(2) 气孔白天关闭, 可以防止由于白天较高气温下蒸腾作用导致的水分散失, 同时又能保证需要  $\text{CO}_2$  的光合作用正常进行。

(3) 因为吸收的  $\text{CO}_2$  通过生成苹果酸储存在液泡中, 苹果酸脱

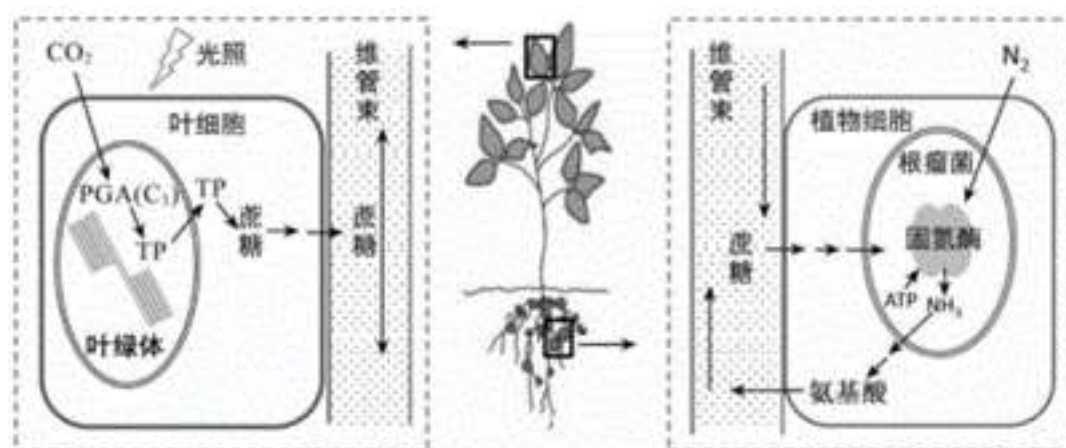
羧释放  $\text{CO}_2$ ，由此可知  $\text{CO}_2$  以羧基  $-\text{COOH}$  的形式存在与苹果酸分子中，因此生成苹果酸将导致液泡内液体的 pH 降低。

设计两组实验：第 1 组将植物甲在干旱环境中培养，第 2 组将植物甲在水分充足的环境中培养。其他条件相同且适宜植物甲。

培养若干天之后，在快要日落的时候，分别测量两组植物甲的叶肉细胞的液泡内液体的 pH 值。

预期结果为：第 1 组的 pH 值小于第 2 组。

12. (2020 江苏) 大豆与根瘤菌是互利共生关系，如图所示为大豆叶片及根瘤中部分物质的代谢、运输途径。请据图回答下列问题：



(1) 在叶绿体中，光合色素分布在\_\_\_\_\_上；在酶催化下直接参与  $\text{CO}_2$  固定的化学物质是  $\text{H}_2\text{O}$  和\_\_\_\_\_。

(2) 如图所示的代谢途径中，催化固定  $\text{CO}_2$  形成 3-磷酸甘油酸 (PGA) 的酶在\_\_\_\_\_中，PGA 还原成磷酸丙糖 (TP) 运出叶绿体后合成蔗糖，催化 TP 合成蔗糖的酶存在于\_\_\_\_\_。

(3) 根瘤菌固氮产生的  $\text{NH}_3$  可用于氨基酸的合成，氨基酸合成蛋白质时，通过脱水缩合形成\_\_\_\_\_键。

(4)  $\text{CO}_2$  和  $\text{N}_2$  的固定都需要消耗大量 ATP。叶绿体中合成 ATP 的能量来自\_\_\_\_\_；根瘤菌中合成 ATP 的能量主要源于\_\_\_\_\_的分解。

(5) 蔗糖是大多数植物长距离运输的主要有机物，与葡萄糖相

比,以蔗糖作为运输物质的优点是\_\_\_\_\_。

解析:大豆与根瘤菌是互利共生关系,根瘤菌可以固定大气中的氮元素,为大豆提供铵盐,大豆则为根瘤菌提供其他营养物质。

阅读题图,中间为大豆和根瘤菌。左图对应中间的上方,为大豆的叶细胞,受到光照,吸收 $\text{CO}_2$ ,在叶绿体中先后生成 $\text{PGA}(\text{C}_3)$ 和 $\text{TP}$ 。 $\text{TP}$ 运出叶绿体后,在细胞质基质中生成蔗糖。蔗糖运出叶细胞,进入维管束,分别向上向下运输。

右图对应中间的下方,为内有根瘤菌的植物细胞。 $\text{N}_2$ 经过植物细胞进入根瘤菌在固氮酶催化下,消耗 $\text{ATP}$ ,生成 $\text{NH}_3$ 。 $\text{NH}_3$ 运输通过植物细胞进入维管束,同时维管束运来蔗糖。

(1)根据课本知识,在叶绿体中,光合色素分布在类囊体膜上;在酶催化下直接参与 $\text{CO}_2$ 固定的化学物质是 $\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{C}_5$ 化合物。

(2)根据课本知识,结合题图,催化固定 $\text{CO}_2$ 形成3-磷酸甘油酸( $\text{PGA}$ )的酶在叶绿体基质中。根据题图, $\text{PGA}$ 还原成磷酸丙糖( $\text{TP}$ )运出叶绿体后合成蔗糖,催化 $\text{TP}$ 合成蔗糖的酶存在于细胞质基质。

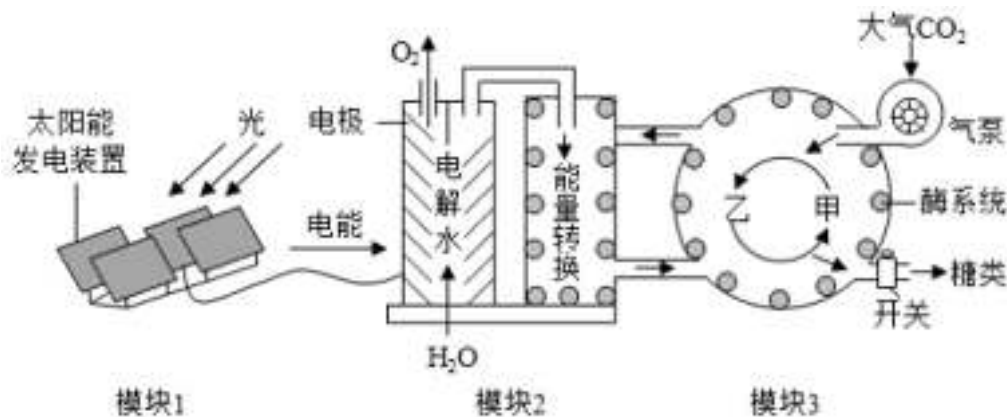
(3)根瘤菌固氮产生的 $\text{NH}_3$ 可用于氨基酸的合成,氨基酸合成蛋白质时,氨基与羧基通过脱水缩合形成酰胺键,在生物学中也叫作肽键。

(4) $\text{CO}_2$ 和 $\text{N}_2$ 的固定都需要消耗大量 $\text{ATP}$ 。根据课本知识,叶绿体中合成 $\text{ATP}$ 的能量来自光合的作用的光反应中所固定的光能。根据题图,根瘤菌中合成 $\text{ATP}$ 的能量主要源于维管束运来的蔗糖(或糖类)的分解。

(5)蔗糖与葡萄糖的主要区别为,葡萄糖是还原性糖,蔗糖是非还原性糖,因此蔗糖的化学性质比葡萄糖稳定。此外,蔗糖是二糖,运输一分子蔗糖相当于运输了两分子单糖,通过蔗糖传递能量的效率更高。



13. (2020 山东) 人工光合作用系统可利用太阳能合成糖类, 相关装置及过程如图所示, 其中甲、乙表示物质, 模块3中的反应过程与叶绿体基质内糖类的合成过程相同。



(1) 该系统中执行相当于叶绿体中光反应功能的模块是\_\_\_\_\_, 模块3中的甲可与 $\text{CO}_2$ 结合, 甲为\_\_\_\_\_。

(2) 若正常运转过程中气泵突然停转, 则短时间内乙的含量将\_\_\_\_\_ (填“增加”或“减少”)。若气泵停转时间较长, 模块2中的能量转换效率也会发生改变, 原因是\_\_\_\_\_。

(3) 在与植物光合作用固定的 $\text{CO}_2$ 量相等的情况下, 该系统糖类的积累量\_\_\_\_\_ (填“高于”“低于”或“等于”) 植物, 原因是\_\_\_\_\_。

(4) 干旱条件下, 很多植物光合作用速率降低, 主要原因是\_\_\_\_\_。人工光合作用系统由于对环境中水的依赖程度较低, 在沙漠等缺水地区有广阔的应用前景。

解析: 人工光合作用系统可利用太阳能合成糖类, 则该装置的工作原理很可能与光合作用类似。

已知模块3中的反应过程与叶绿体基质内糖类的合成过程相同, 即 $\text{CO}_2$ 先与 $\text{C}_5$ 生成 $\text{C}_3$ 。 $\text{C}_3$ 再转化为 $\text{C}_5$ 和糖类。

观察系统的示意图, 模块1有太阳能发电装置并接受光能, 应当就是利用光能发电。

模块2得到模块1的电, 电解水产生 $\text{O}_2$ , 同时应当还产生 $\text{H}_2$ ,



根据光合反应的过程，应当以 NADPH 的形式存在。

模块 3 从大气中获取  $\text{CO}_2$ ， $\text{CO}_2$  与甲反应生成乙，乙与来自模块 2 的物质反应生成甲并同时得到糖类。对比暗反应的过程，甲很可能为  $\text{C}_5$  化合物，乙很可能为  $\text{C}_3$  化合物。

模块 2 和模块 3 之间还有物质交换，应当模块 2 中存储了能量的 ATP、NADPH 为模块 3 的反应提供能量。模块 3 消耗 ATP、NADPH 的能量后生成  $\text{ADP}+\text{Pi}$  和  $\text{NADP}^+$ ，输送会模块 2 作为原料。

(1) 叶绿体的光反应是光解水，该系统的模块 1 将光能转化为电能，模块 2 利用电能点解谁，因此执行相当于叶绿体中光反应功能的模块是模块 1 和模块 2，模块 3 中的甲可与  $\text{CO}_2$  结合，暗反应中与  $\text{CO}_2$  结合的为  $\text{C}_5$  化合物。

(2) 若正常运转过程中气泵突然停转，则短时间内模块 3 内没有足够的  $\text{CO}_2$  补充，甲（ $\text{C}_5$  化合物）不进行反应会增多，而乙（ $\text{C}_3$  化合物）得不到补充会减少。

若气泵停转时间较长，模块 2 中的能量转换效率也会发生改变，原因是缺乏来自模块 3 的原料  $\text{ADP}$ 、 $\text{Pi}$ 、 $\text{NADP}^+$ ，导致 ATP 和 NADPH 累积。

(3) 在与植物光合作用固定的  $\text{CO}_2$  量相等的情况下，该系统糖类的积累量高于，原因是植物进行呼吸作用消耗糖类，而该装置不消耗糖类。

(4) 干旱条件下，很多植物光合作用速率降低，主要原因是为减少水分散失，植物叶片上的气孔关闭，减少了  $\text{CO}_2$  的吸收。

## 第六章 细胞的生命历程

细胞的生命历程主要涉及细胞的有丝分裂、分化、衰老和死亡等过程。其中细胞的有丝分裂是经常出现在考题中的重点内容，细胞的分化、衰老和死亡多可通过简单的分析推断和经验常识判断。

细胞周期的间期、前期、中期、后期末期等各阶段的显著特征和相邻两阶段之间的主要区别是考察的重点。细胞形态经常以光学显微镜拍摄得到的照片展示，需要认真观察分析照片，辨别特征结构，从而判断相应细胞所处的阶段。还需注意区分动物细胞与植物细胞在有丝分裂过程中的主要区别。

观察细胞周期的实验操作也是经常考察的内容，要牢固掌握植物或动物组织的选取、细胞的处理及装片的制作、显微镜的使用和调节等具体操作的步骤和当中的基本物理化学原理。

高中阶段关于细胞的分化、衰老和死亡的内容较少，多为概念的辨析和判断，大都可以通过简单的分析推断，并结合经验常识帮助佐证。需注意要对概念中的细节和易混淆的相近概念进行明确区分，不能留有模糊地带。

1.(2022 浙江)下列关于细胞衰老和凋亡的叙述,正确的是( )

- A. 细胞凋亡是受基因调控的
- B. 细胞凋亡仅发生在胚胎发育过程中
- C. 人体各组织细胞的衰老总是同步的
- D. 细胞呼吸速率随细胞衰老不断增大

解析: 本题判断细胞衰老和凋亡的叙述, 直接分析判断各选项。

选项 A, 细胞凋亡是受基因调控的正常生命过程。正确, 备选。

选项 B, 细胞凋亡发生在生物体生长、发育、成熟、衰老、死亡的全过程。错误, 排除。

选项 C, 人体各组织的在人体不同生命阶段所发挥的功能各不相同

同，因此衰老的过程也各不相同。错误，排除。

选项 D，随着细胞衰老，细胞的大部分生命活动都有所减弱，呼吸作用也随细胞衰老而减弱。错误，排除。

本题选 A。

2. (2021 河北) 关于细胞生命历程的叙述，错误的是 ( )

- A. 细胞凋亡过程中不需要新合成蛋白质
- B. 清除细胞内过多的自由基有助于延缓细胞衰老
- C. 紫外线照射导致的 DNA 损伤是皮肤癌发生的原因之一
- D. 已分化的动物体细胞的细胞核仍具有全能性

解析: 本题判断关于细胞生命历程的叙述，直接分析判断各选项。

选项 A，细胞凋亡也是受到基因调控的正常的生命活动，过程中有新蛋白质的合成，例如合成催化蛋白质等分子水解的酶等。错误，备选。

选项 B，按照自由基导致细胞衰老的假说，自由基由于有非常高的化学反应活性，并且能引发链式反应，因此可对细胞造成较大的损伤，引发细胞衰老，因此清除细胞内过多的自由基有助于延缓细胞衰老。正确，排除。

选项 C，紫外线照射会导致 DNA 损伤，若引起皮肤细胞的原癌基因突变则可能诱发皮肤癌。正确，排除。

选项 D，细胞核中具有相应物种的全套遗传物质，是细胞具有全能性的物质基础。动物的核移植技术就是利用已分化的体细胞的细胞核的全能性。正确，排除。

本题选 A。

3. (2020 海南) 下列关于细胞生命历程的叙述，正确的是 ( )

- A. 细胞分裂和分化均可增加细胞数量
- B. 细胞分化只发生在胚胎时期

C. 细胞衰老时, 细胞膜的选择透过性功能提高

D. 细胞凋亡过程中既有新蛋白质的合成, 又有蛋白质的水解

解析: 本题判断关于细胞生命历程的叙述, 直接分析判断各选项。

选项 A, 细胞分裂可增加细胞的数量, 细胞分化只增加细胞的种类, 不增加细胞的数量。错误, 排除。

选项 B, 生物生长发育的全过程都伴随着细胞分化。错误, 排除。

选项 C, 细胞衰老时, 细胞的大部分生命活动能力都减弱。细胞膜的选择透过性由膜上的转运蛋白体现, 其功能也随细胞衰老而减弱。错误, 排除。

选项 D, 细胞凋亡是细胞的正常生命活动, 既有催化生命物质水解的酶等蛋白质的合成, 也有构成细胞结构的蛋白质的水解。正确, 备选。

本题选 D。

4. (20219 全国I) 细胞凋亡是细胞死亡的一种类型。下列关于人体中细胞凋亡的叙述, 正确是 ( )

A. 胎儿手的发育过程中不会发生细胞凋亡

B. 小肠上皮细胞的自然更新过程中存在细胞凋亡现象

C. 清除被病原体感染细胞的过程中不存在细胞凋亡现象

D. 细胞凋亡是基因决定的细胞死亡过程, 属于细胞坏死

解析: 本题判断关于细胞凋亡的叙述, 直接分析判断各选项。

选项 A, 胎儿手的发育过程中, 起初有类似蹼的结构, 后消失, 就是细胞凋亡的过程。错误, 排除。

选项 B, 细胞的自然更新需有新细胞的产生和旧细胞的凋亡, 是由基因调节的正常的生命过程。正确, 备选。

选项 C, 清除被病原体感染细胞的过程, 是机体进行免疫调节的主动过程, 被感染细胞在基因控制下发生的凋亡。错误, 排除。

选项 D, 细胞凋亡是受基因控制的正常生命活动, 细胞坏死是细

胞损伤之后的非正常死亡。错误，排除。

本题选 B。

5. (2018 全国II) 在致癌因子的作用下，正常动物细胞可转变为癌细胞。有关癌细胞特点的叙述错误的是 ( )

- A. 细胞中可能发生单一基因突变，细胞间粘着性增加
- B. 细胞中可能发生多个基因突变，细胞的形态发生变化
- C. 细胞中的染色体可能受到损伤，细胞的增殖失去控制
- D. 细胞中遗传物质可能受到损伤，细胞表面的糖蛋白减少

解析：本题判断关于细胞癌变的叙述，直接分析判断各选项。

选项 A，细胞发生癌变往往是多个基因发生突变，并非单一基因突变。错误，备选。

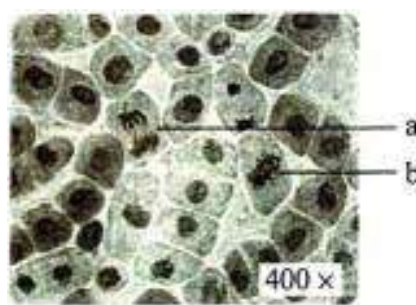
选项 B，细胞发生癌变往往是多个基因发生突变，且细胞癌变后形态结构发生显著变化。正确，排除。

选项 C，染色体受到损伤是导致细胞癌变的可能性因素，细胞癌变后增殖失去控制，不断增殖。正确，排除。

选项 D，遗传物质受到损伤是导致细胞癌变的可能性因素，细胞癌变后细胞膜表面的糖蛋白减少，难以被正常识别。正确，排除。

本题选 A。

6. (2022 湖南) 洋葱根尖细胞染色体数为 8 对，细胞周期约 12 小时。观察洋葱根尖细胞有丝分裂，拍摄照片如图所示。下列分析正确的是 ( )



A. a 为分裂后期细胞，同源染色体发生分离

B. b 为分裂中期细胞，含染色体 16 条，核 DNA 分子 32 个

C. 根据图中中期细胞数的比例，可计算出洋葱根尖细胞分裂中期时长

D. 根尖培养过程中用 DNA 合成抑制剂处理，分裂间期细胞所占比例降低

解析：已知洋葱根尖细胞染色体数为 8 对，细胞周期约 12 小时。  
题图为拍摄洋葱根尖细胞有丝分裂的情况。

a 细胞中染色体明显分开并向细胞两端移动，且尚未出现细胞板，应当处于后期。b 细胞中染色体仍聚集在细胞中央，且未分开，应当处于中期。

逐个分析判断各选项。

选项 A，a 为分裂后期细胞，但是有丝分裂中不发生同源染色体分离，而是发生在减数分裂中。错误，排除。

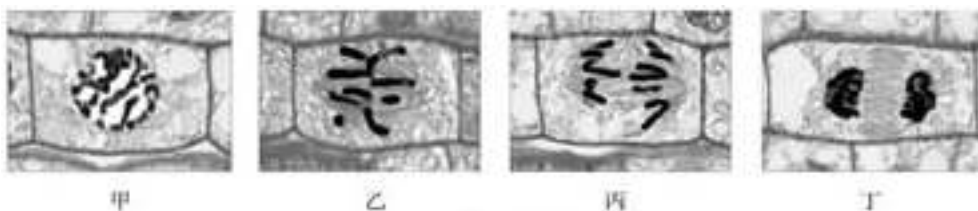
选项 B，b 为分裂中期细胞，姐妹染色单体尚未分开，染色体数目不变，为 16 条，DNA 分子倍增，为 32 个。正确，备选。

选项 C，根据处于中期细胞数的比例，可以计算出洋葱根尖细胞分裂中期时长，但是这需要对大量细胞进行统计计算，图中细胞数量较少，计算误差很大。错误，排除。

选项 D，若根尖培养过程中用 DNA 合成抑制剂处理，则 DNA 不能完成复制，细胞会停留在间期，分裂间期细胞所占比例应升高。错误，排除。

本题选 B。

7. (2019 浙江 4 月) 在“制作并观察植物细胞有丝分裂的临时装片”活动中，观察到不同分裂时期的细胞如图所示：



下列叙述错误的是 ( )

- A. 装片制作过程中需用清水漂洗已解离的根尖便于染色
- B. 观察过程中先用低倍镜找到分生区细胞再换用高倍镜
- C. 图甲细胞所处时期发生 DNA 复制及相关蛋白质的合成
- D. 图丙细胞中的染色体数目比图乙细胞中增加了一倍

解析: 本题考察制作并观察植物细胞有丝分裂的临时装片实验的知识。

观察四幅图片, 图中黑色的应为染色体。图甲中可以用光学显微镜观察到染色体, 且没有核膜和核仁, 应当处于前期。

图乙中细胞核基本消失, 染色质盘曲折叠成明显的染色体, 且聚集在细胞中间, 应当处于中期。

图丙中可以明显地看到染色体分为两组, 分别向细胞两端移动, 应当处于后期。

图丁中两组染色体已完全分开, 且细胞中央有类似于细胞板的结构开始出现, 应当处于末期。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 装片制作过程中, 解离细胞时使用酸性溶液, 而染色剂一般为碱性试剂。为防止染色剂的染色效果被酸性溶液减弱, 需用清水漂洗。正确, 排除。

选项 B, 观察时, 先用低倍镜确定要观察的区域, 将要观察的细胞置于视野中心, 然后再换用高倍镜观察。正确, 排除。

选项 C, 图甲细胞处于前期, 核膜和核仁开始消失, 用光学显微镜可以观察到染色体。DNA 的复制和有关蛋白质的合成是在间期。错误, 排除。

选项 D, 图丙处于后期, 姐妹染色单体分开, 细胞中的染色体数目翻倍。图乙处于中期, 染色体数目尚未翻倍。图丙细胞中染色体数比图乙细胞中增加了一倍。正确, 排除。

本题选 C。

8. (2018 全国I) 已知药物 X 对细胞增殖有促进作用, 药物 D 可抑制药物 X 的作用。某同学将同一瓶小鼠皮肤细胞平均分为甲、乙、丙三组, 分别置于培养液中培养, 培养过程中进行不同的处理 (其中甲组未加药物), 每隔一段时间测定各组细胞数, 结果如图所示。据图分析, 下列相关叙述不合理的是 ( )



- A. 乙组加入了药物 X 后再进行培养
- B. 丙组先加入药物 X, 培养一段时间后加入药物 D, 继续培养
- C. 乙组先加入药物 D, 培养一段时间后加入药物 X, 继续培养
- D. 若药物 X 为蛋白质, 则药物 D 可能改变了药物 X 的空间结构

解析: 题目已知药物 X 对细胞增殖有促进作用, 药物 D 可抑制药物 X 的作用。

观察三组曲线, 横坐标为时间, 纵坐标为细胞数。其中甲组未加药物, 为细胞自然增殖的速度。乙组和丙组都上升得比甲组快很多, 很可能加入了有促进作用的药物 X。丙组快速增殖到一段时间后, 增殖速度减缓, 与甲相似, 很可能是此时加入了药物 D, 抑制了药物 X。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 乙组始终快速增殖, 应为只加入了药物 X。正确, 排除。

选项 B, 丙组先加入药物 X, 细胞快速增殖。培养一段时间后加入药物 D, 抑制药物 X 的作用后, 细胞正常增殖。正确, 排除。

选项 C, 由于药物 D 对药物 X 起作用, 对细胞本身无直接作用, 因此若先加入药物 D, 则细胞增殖速率应当与甲组类似。错误, 备选。

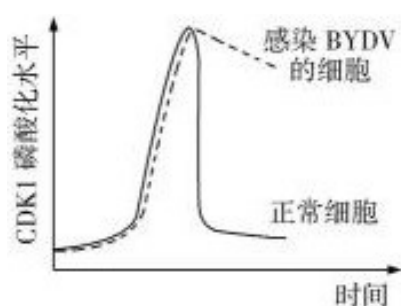
选项 D, 由于蛋白质需具有特定的空间结构才能发挥功能, 因此



改变其空间结构是抑制其功能的方式之一。正确，排除。

本题选 C。

9. (2020 山东) CDK1 是推动细胞由分裂间期进入分裂期的关键蛋白。在 DNA 复制开始后, CDK1 发生磷酸化导致其活性被抑制, 当细胞中的 DNA 复制完成且物质准备充分后, 磷酸化的 CDK1 发生去磷酸化而被激活, 使细胞进入分裂期。大麦黄矮病毒 (BYDV) 的 M 蛋白通过影响细胞中 CDK1 的磷酸化水平而使农作物患病。正常细胞和感染 BYDV 的细胞中 CDK1 的磷酸化水平如图所示。下列说法错误的是 ( )



- A. 正常细胞中 DNA 复制未完成时, 磷酸化的 CDK1 的去磷酸化过程受到抑制
- B. 正常细胞中磷酸化的 CDK1 发生去磷酸化后, 染色质螺旋化形成染色体
- C. 感染 BYDV 的细胞中, M 蛋白通过促进 CDK1 的磷酸化而影响细胞周期
- D. M 蛋白发挥作用后, 感染 BYDV 的细胞被阻滞在分裂间期

解析: 题目已知 CDK1 是推动细胞由分裂间期进入分裂期的关键蛋白。DNA 复制开始后, CDK1 发生磷酸化导致其活性被抑制。当细胞中的 DNA 复制完成且物质准备充分后, 磷酸化的 CDK1 发生去磷酸化而被激活, 使细胞进入分裂期。

即: CDK1 磷酸化和去磷酸化, 分别与 DNA 复制开始和复制完成有关。DNA 复制开始时, CKD1 磷酸化, 活性受抑制, 不发挥功

能。DNA 复制结束后，CKD1 去磷酸化，活性恢复，发挥功能，推动细胞由分裂间期进入分裂期。

又已知 BYDV 的 M 蛋白通过影响细胞中 CDK1 的磷酸化水平而使农作物患病。

读图可知，横坐标为时间，纵坐标为 CDK1 的磷酸化水平。正常细胞 CDK1 的磷酸化水平随时间先剧烈升高后剧烈降低，剧烈升高对应 DNA 复制开始，剧烈降低对应 DNA 复制完成，细胞进入分裂期。

感染 BYDV 的细胞中，CDK1 的磷酸化水平剧烈升高后非常缓慢地降低，意味着 DNA 复制开始并完成后，CDK1 的磷酸化水平几乎没有降低，那么细胞将不进入或很晚才进入分裂期。

逐个分析判断各选项。

选项 A，根据已知信息和图表可知，正常细胞中 DNA 复制未完成时，磷酸化的 CDK1 的没有去磷酸化，表明去磷酸化过程受到抑制。正确，排除。

选项 B，正常细胞中磷酸化的 CDK1 发生去磷酸化，推动细胞由分裂间期进入分裂期。前期，染色质螺旋化形成染色体。正确，排除。

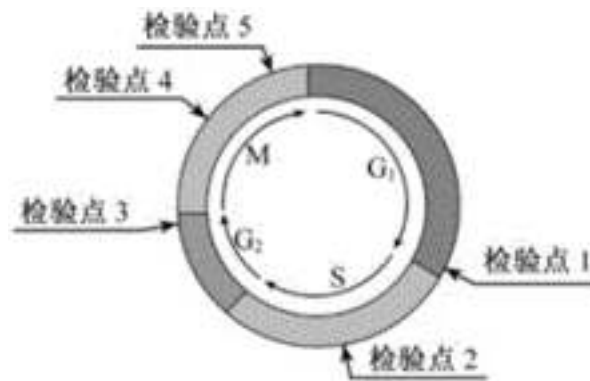
选项 C，根据题图可知，感染 BYDV 的细胞中，CDK1 的磷酸化过程未受影响，去磷酸化过程受到抑制。因此 M 蛋白并非通过促进 CDK1 的磷酸化而影响细胞周期，而是通过抑制其去磷酸化过程影响细胞周期。错误，备选。

选项 D，根据题目信息，M 蛋白发挥作用后，CDK1 的去磷酸化被抑制，不能发挥推动细胞由分裂间期进入分裂期的作用，则感染 BYDV 的细胞被阻滞在分裂间期。正确，排除。

本题选 C。

本题需要较强的信息分析处理和逻辑分析推断能力。需根据已知信息，找出 DNA 复制、CDK1 磷酸化和去磷酸化、细胞由间期进入分裂期三者之间的关系。并根据图表信息推断 M 蛋白对 CDK1 的影响方式，从而分析推断出病毒的影响。

10. (2020 江苏) 细胞周期可分为分裂间期和分裂期 (M 期), 根据 DNA 合成情况, 分裂间期又分为  $G_1$  期、S 期和  $G_2$  期。为了保证细胞周期的正常运转, 细胞自身存在着一系列监控系统 (检验点), 对细胞周期的过程是否发生异常加以检测, 部分检验点如图所示。只有当相应的过程正常完场, 细胞周期才能进入下一个阶段运行。请据图回答下列问题:



(1) 与  $G_1$  期细胞相比,  $G_2$  期细胞中染色体及核 DNA 数量的变化是\_\_\_\_\_。

(2) 细胞有丝分裂的重要意义在于通过\_\_\_\_\_, 保持亲子代细胞之间的遗传稳定性。图中检验点 1、2 和 3 的作用在于检验 DNA 分子是否\_\_\_\_\_ (填序号: ①损伤和修复、②完成复制); 检验发生分离的染色体是否正确达到细胞两极, 从而决定胞质是否分裂的检验点是\_\_\_\_\_。

(3) 细胞癌变与细胞周期调控异常有关, 癌细胞的主要特征是。有些癌症采用放射性治疗效果较好, 放疗前用药物使癌细胞同步化, 治疗效果会更好。诱导细胞同步化的方法主要有两种: DNA 合成阻断法、分裂中期阻断法。前者可用药物特异性抑制 DNA 合成, 主要激活检验点, 将癌细胞阻滞在 S 期; 后者可用秋水仙碱抑制的形成, 主要激活检验点, 使癌细胞停滞于中期。

解析: 题目将分裂间期又细分为  $G_1$  期、S 期和  $G_2$  期, 分期的依据为 DNA 合成情况。

为了保证细胞周期的正常运转, 细胞自身存在着一系列监控系统,

对细胞周期的过程是否发生异常加以检测,在图中标记为检验点1~5。

(1) 读图可知,  $G_1$  期是分裂期刚结束后, 分裂间期刚开始的时期, 此时细胞中 DNA 应当还没有开始复制。  $G_2$  期结束后就进入分裂期, 因此  $G_2$  期细胞应当已完成 DNA 的复制。

综上, 与  $G_1$  期细胞相比,  $G_2$  期细胞中染色体及核 DNA 数量的变化是染色体数量不变, DNA 数量增倍。

(2) 细胞有丝分裂过程中, 通过 DNA 的半保留复制和染色体的平均分配, 确保子代的遗传物质的结构和数量与亲代相同, 从而保持亲子代细胞之间的遗传稳定性。

检验点 1、2 距离细胞分裂期开始较远, 因此不具有检验 DNA 分子是否完成复制的作用, 只有距离分裂期较近的检验点 3 才能检验 DNA 分子是否完成复制, 从而启动细胞分裂。因此检验点 1、2 的作用应为检验 DNA 分子是否。检验点 3 的作用应为检验 DNA 分子是否完成复制, 检验点 1、2 和 3 的作用为①②。

染色体达到细胞两极是细胞分裂末期的特征, 应当靠近细胞分裂期的末尾。图中最靠近细胞分裂期末尾的是检验点 5。

(3) 细胞癌变与细胞周期调控异常有关, 癌细胞的主要特征细胞无限增殖, 细胞的形态发生变化, 膜表面的糖蛋白减少。

题目已知 DNA 合成阻断法是将癌细胞阻滞在 S 期, 从 S 期进入到  $G_2$  期的检验点为 2。

秋水仙碱可抑制纺锤体的形成。纺锤体的作用为牵引姐妹染色单体到达细胞两极, 纺锤体的形成在细胞分裂期的前期, 应当是图中 M 期靠前的位置, 为检验点 4。

本题推测各检验点的主要作用时, 需要根据各检验点所在位置, 结合细胞周期中各阶段的主要变化, 进行分析推断。

## 第七章 遗传的基本规律

遗传的基本定律包括基因分离定律和自由组合定律，分别描述一对等位基因和位于非同源染色体上的多对等位基因的变化规律，它们的原理分别对应减数分裂中同源染色体和非同源染色体的运动规律。

尽管孟德尔遗传定律很好地描述了等位基因和非等位基因的变化规律，但孟德尔遗传定律是通过对大量宏观试验的数据进行分析推理得出的，并没有反映遗传的本质规律，因此解决遗传学问题的核心思路仍然是在形成配子和受精卵的过程中染色体的运动规律。

即：先分析所形成的配子的基因型类型及比例，再通过列图表的形式得到受精卵（即子代）的基因型及比例，若题目需要还需将相同表现型的基因型的比例合并，从而将实验数据与基因的分配规律联系起来。

另外，除了简单的性状分离和自由组合外，还有一些较特殊的基因型或表现型，在遇到特殊数据或情况时需要考虑其可能性。例如：伴性遗传、不完全显性、由多对等位基因共同控制的形状、复等位基因、配子不育或致死的基因型、受环境影响的基因表达等。

遗传学部分的题目连通性非常强，遗传密码子与基因的表达、DNA 的复制、减数分裂与受精作用中染色体的运动规律、生物体的性状等各方面都可以联系在一起，出现的同一道题目中。

遗传学部分经常出现一些需要较高考察逻辑分析推理能力的难题，需要对实验数据进行分析，结合遗传学的有关知识，推断出背后可能的原因和具体过程。对于遗传学的难题，其核心的解题思路仍是根据最基本的基因和染色体在形成配子和受精过程中的变化和运动规律。

1. (2019 全国Ⅲ) 假设在特定环境中, 某种动物基因型为  $BB$  和  $Bb$  的受精卵均可发育成个体, 基因型为  $bb$  的受精卵全部死亡。现有基因型均为  $Bb$  的该动物 1000 对 (每对含有 1 个父本和 1 个母本), 在这种环境中, 若每对亲本只形成一个受精卵, 则理论上该群体的子一代中  $BB$ 、 $Bb$ 、 $bb$  个体的数目依次为 ( )

- A. 250、500、0                      B. 250、500、250  
C. 500、250、0                      D. 750、250、0

解析：已知 BB 和 Bb 可发育成个体，bb 都死亡。

1000 对基因型为 Bb 的动物繁殖，且每对只形成一个受精卵，则最终应当形成 1000 个受精卵。根据基因分离定律，其中 BB:Bb:bb=1:2:1，则分别有  $1000 \times \frac{1}{4} = 250$ 、 $1000 \times \frac{2}{4} = 500$ 、 $1000 \times \frac{1}{4} = 250$  个。

又由于基因型为  $bb$  的受精卵全部死亡, 因此子一代中  $BB$ 、 $Bb$ 、 $bb$  个体的数目依次 250、500、0。

本题选 A。

2. (2018 江苏) 一对相对性状的遗传实验中, 会导致子二代不符合 3:1 性状分离比的情况是 ( )

- A. 显性基因相对于隐性基因为完全显性
- B. 子一代产生的雌配子中 2 种类型配子数目相等，雄配子中也相等
- C. 子一代产生的雄配子中 2 种类型配子活力有差异，雌配子无差异
- D. 统计时子二代 3 种基因型个体的存活率相等

解析：子二代符合 3:1 的性状分离比，需建立在基因分离，且各基因型的配子都能形成受精卵、各受精卵都能正常发育的理想情况下。

导致子二代不符合 3:1 的性状分离比的因素有很多，例如伴性遗传、某种基因型导致配子难以形成、某种基因型导致受精卵不能发育等。逐个分析判断各选项。

选项 A，显性基因相对于隐性基因为完全显性，是形成 3:1 的性状分离比的前提之一，排除。

选项 B，子一代产生的雌配子中 2 种类型配子数目相等，雄配子中也相等，也是形成 3:1 的性状分离比的前提之一，排除。

选项 C，若两种类型的雄配子活力有差异，且雌配子无差异，则会导致产生不同基因型后代的数量不符合 3:1 的性状分离比。备选。

选项 D，统计时子二代 3 种基因型个体的存活率相等，也是形成 3:1 的性状分离比的前提之一，排除。

本题选 C。

3. (2019 全国 II) 某种植物的羽裂叶和全缘叶是一对相对性状。某同学用全缘叶植株(植株甲)进行了下列四个实验。

- ①让植株甲进行自花传粉，子代出现性状分离
- ②用植株甲给另一全缘叶植株授粉，子代均为全缘叶
- ③用植株甲给羽裂叶植株授粉，子代中全缘叶与羽裂叶的比例为 1:1
- ④用植株甲给另一全缘叶植株授粉，子代中全缘叶与羽裂叶的比例为 3:1

其中能够判定植株甲为杂合子的实验是

- A. ①或② B. ①或④ C. ②或③ D. ③或④

解析：已知羽裂叶和全缘叶是一对相对性状。且甲为全缘叶。需找出能够判定植株甲为杂合子的实验。

①让植株甲进行自花传粉，子代出现性状分离，表明甲是杂合子，全缘叶是显性性状。若甲是纯合子，则不会出现性状分离。备选。

②用植株甲给另一全缘叶植株授粉，子代均为全缘叶，若甲为纯合子，则子代也均为全缘叶。排除。

③用植株甲给羽裂叶植株授粉，子代中全缘叶与羽裂叶的比例为 1:1，若羽裂叶是显性性状，且另一植株为杂合子，甲为隐性纯合子

则也可得到该结果。排除。

④用植株甲给另一全缘叶植株授粉，子代中全缘叶与羽裂叶的比例为 3:1，则这两个植株都需为杂合子。备选。

综上，①或④能够判定植株甲为杂合子。

本题选 B。

4. (2020 江苏) 有一观赏鱼品系体色为桔红带黑斑，野生型为橄榄绿带黄斑，该性状由一对等位基因控制。某养殖者在繁殖桔红带黑斑品系时发现，后代中  $\frac{2}{3}$  为桔红带黑斑， $\frac{1}{3}$  为野生型性状，下列叙述错误的是 ( )

- A. 桔红带黑斑品系的后代中出现性状分离，说明该品系为杂合子
- B. 突变形成的桔红带黑斑基因具有纯合致死效应
- C. 自然繁育条件下，桔红带黑斑性状容易被淘汰
- D. 通过多次回交，可获得性状不再分离的桔红带黑斑品系

解析：已知桔红带黑斑和橄榄绿带黄斑（野生型）由一对等位基因控制。

繁殖桔红带黑斑品系时发现，后代中桔红带黑斑和橄榄绿带黄斑分别为  $\frac{2}{3}$  和  $\frac{1}{3}$ ，即 2:1。

后代中出现性状分离，表明桔红带黑斑为显性性状，且所繁殖的品系为杂合子。

然而显性和隐形的个数比不是 3:1，而是 2:1，显性的数量更少，且减少的比例是整数，有较大可能是显性纯合子的后代不能产生或产生后会死亡，显性性状的都是杂合子。

此外，也有较小可能是显性纯合子和杂合子都有一定概率死亡，这次实验的结果恰好为 2:1。但是这种可能性很小，先默认为纯合子致死的情况。

逐个分析判断各选项，

选项 A，桔红带黑斑品系的后代中出现性状分离，说明该品系为



杂合子，符合基因分离定律。正确，排除。

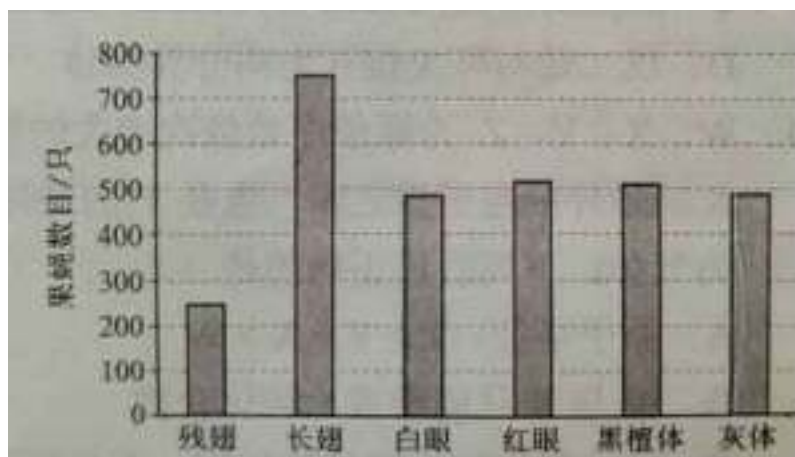
选项 B，突变形成的桔红带黑斑基因具有纯合致死效应，有可能导致后代中显性和隐性性状的比例为 2:1。暂时当作正确的排除，若其他选项都明显正确，则该选项也可能不成立。

选项 C，无论是什么原因导致桔红带黑斑的数量比例小于正常情况下的 3:1，其结果都是桔红带黑斑的数量减少。因此若在自然繁育条件下，桔红带黑斑的比例会逐渐减小，最终被淘汰。正确，排除。

选项 D，由于亲本为杂合子，则通过回交（子代与亲代杂交）无法分离出纯合子。且选项 B 成立的可能性很大，意味着无法产生显性纯合子后代，无法获得性状不再分离的桔红带黑斑品系。错误，备选。

本题选 D。

5. (2021 全国甲卷) 果蝇的翅型、眼色和体色 3 个性状由 3 对独立遗传的基因控制，且控制眼色的基因位于 X 染色体上。让一群基因型相同的果蝇（果蝇 M）与另一群基因型相同的果蝇（果蝇 N）作为亲本进行杂交，分别统计子代果蝇不同性状的个体数量，结果如图所示。已知果蝇 N 表现为显性性状灰体红眼。下列推断错误的是（ ）



- A. 果蝇 M 为红眼杂合体雌蝇
- B. 果蝇 M 体色表现为黑檀体
- C. 果蝇 N 为灰体红眼杂合体
- D. 亲本果蝇均为长翅杂合体

解析：已知翅型、眼色和体色 3 个性状由 3 对独立遗传的基因控制，即这 3 对性状应当满足自由组合定律。

控制眼色的基因位于 X 染色体上，则该性状存在伴性遗传的现象。

根据柱状图中的六条柱状数据可知，只分别统计了后代中这 3 对性状各自的比例，没有统计 2 对或者 3 对性状共同出现的比例，因此只需单独分析各性状即可。

题目还已知果蝇 N 表现为显性性状灰体红眼，可结合图中各性状的比例推测果蝇 M 的基因型。

残翅的数量约为 250，长翅的数量约为 750，长翅:残翅=3:1，该比例与基因分离一致，因次可判断长翅为显性性状，且 M 和 N 都是长翅的杂合子。

已知控制眼色的基因位于 X 染色体上，则雌性果蝇都表现隐性性状，因此 N 都是雄性果蝇，那么 M 都是雌性果蝇。由于子代中白眼和红眼的数量基本相同，且一般子代中雄性与雌性的个体数量应当也相同，则子代中红眼的都是雄性、白眼的都是雌性，因此 M 的眼色基因应当为纯合子。

黑檀体和灰体基因在常染色上，子代的数量基本相同，且已知 N 的灰体为显性性状，因此可判断 N 为灰体的纯合子，M 为黑檀体的隐性纯合子。

综上，M 为长翅杂合子、白眼、黑檀体纯合子、雌性果蝇。N 为长翅杂合子、红眼、灰体纯合子雄性果蝇。

逐个分析判断各选项。

选项 A，果蝇 M 应为白眼。错误，备选。

选项 B，果蝇 M 体色表现为黑檀体。正确，排除。

选项 C，果蝇 N 为灰体红眼杂合体。正确，排除。

选项 D，亲本果蝇均为长翅杂合体。正确，排除。

本题选 A。

本题虽然涉及到 3 对性状、伴性遗传、根据子代性状之比分析亲代的基因型等多个概念，但是由于本题不涉及性状的自由组合，所以 3 对性状可以分别单独分析，所以只是复杂程度高，而难度并不大。

6.(2020 浙江 1 月)若马的毛色受常染色体上一对等位基因控制，棕色马与白色马交配， $F_1$  均为淡棕色马， $F_1$  随机交配， $F_2$  中棕色马:淡棕色马:白色马=1:2:1。下列叙述正确的是 ( )

- A. 马的毛色性状中，棕色对白色为完全显性
- B.  $F_2$  中出现棕色、淡棕色和白色是基因重组的结果
- C.  $F_2$  中相同毛色的雌雄马交配，其子代中雌性棕色马所占的比例为  $\frac{3}{8}$
- D.  $F_2$  中淡棕色马与棕色马交配，其子代基因型的比例与表现型的比例相同

解析：已知马的毛色受常染色体上的一对等位基因控制，符合基因分离定律，不存在伴性遗传。

棕色马与白色马交配， $F_1$  均为淡棕色马。由于淡棕色介于棕色和白色之间，则很可能淡棕色马为杂合子，棕色马为显性纯合子，白色马为隐性纯合子。即毛色为不完全显性。

$F_1$  随机交配， $F_2$  中棕色马:淡棕色马:白色马=1:2:1 的结果也支持上述猜测。

可以设棕色马的基因型为 AA，淡棕色马的基因型为 Aa，白色马的基因型为 aa。

逐个分析判断各选项。

选项 A，由于杂合子的性状介于显性纯合子和隐性纯合子之间，因此棕色对白色为不完全显性。错误，排除。

选项 B，基因重组是指非等位基因之间的重新组合，而不是等位基因之间的重新组合。错误，排除。

选项 C， $F_2$  中有三种毛色，分别为棕色 AA、淡棕色 Aa、白色

aa，分别让相同毛色的雌雄马交配：

棕色的 AA 占 1/4，AA 与 AA 交配，子代都为棕色，总比例为 1/4。

淡棕色的 Aa 占 1/2，Aa 与 Aa 交配，子代中棕色的占 1/4，，总比例为  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$ 。

白色的 aa 占 1/4，子代都为白色。

综上，子代中棕色的占  $\frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{3}{8}$ 。

其中雌性雄性各占一半，则雌性棕色马所占的比例为  $\frac{3}{16}$ 。

错误，排除。

选项 D，F<sub>2</sub> 中淡棕色马的基因型为 Aa，棕色马的基因型为 AA，交配后子代中，一半为淡棕色马 Aa，一半为棕色马 AA，基因型的比例与表现型的比例相同。正确，备选。

本题选 D。

7. (2017 全国II) 若某哺乳动物毛色由 3 对位于常染色体上的、独立分配的等位基因决定，其中，A 基因编码的酶可使黄色素转化为褐色素；B 基因编码的酶可使该褐色素转化为黑色素；D 基因的表达产物能完全抑制 A 基因的表达；相应的隐性等位基因 a、b、d 的表达产物没有上述功能。若用两个纯合黄色品种的动物作为亲本进行杂交，F<sub>1</sub> 均为黄色，F<sub>2</sub> 中毛色表现型出现了黄:褐:黑=52:3:9 的数量比，则杂交亲本的组合是 ( )

A. AABBDd×aaBBdd，或 AAbbDD×aabbdd

B. aaBBDD×aabbdd，或 AAbbDD×aaBBDD

C. aabbDD×aabbdd，或 AAbbDD×aabbdd

D. AAbbDD×aaBBdd，或 AABBDd×aabbdd

解析：已知某哺乳动物毛色由 3 对位于常染色体上的、独立分配的等位基因决定。

A 基因：把黄色素转化为褐色素；

B 基因：把褐色素转化为黑色素；

D 基因：抑制 A 基因。

由此可得：若 ABC 都没有，则动物为黄色。

若只有 A，没有 BD，则动物为褐色。

若有 AB，没有 D，则动物为黑色。

只要有 D，无论有没有 AB，则动物也为黄色。

综上，动物为黄色有 2 种需满足：无 A，或有 D。

动物为褐色需满足：有 A，且无 B，且无 D。

动物为黑色需满足：有 A，且有 B，且无 D。

题目用两个纯合黄色品种的动物作为亲本进行杂交， $F_1$  均为黄色，但是在  $F_2$  中又出现了 3 种颜色。

动物为黄色的原因有两种：无 A 或有 D，B 无影响。若两只动物都无 A，即为 aa，则  $F_1$  和  $F_2$  都为 aa，不可能出现 3 种颜色。同理，若两只动物都有 D，且已知都是纯合子，即为 DD，则  $F_1$  和  $F_2$  都为 DD，也不可能出现 3 种颜色。因此两只动物不能同时为 aa，也不能同时为 DD。

若黄色的动物为 AA，则应当有 DD 抑制，基因型可能为 AABBDd 或 AAbbDD。

若黄色的动物为 aa，则可以有 DD 也可以没有，基因型可能为 aaBBDD、aaBBdd、aabbDD 或 aabbdd。

由于  $F_2$  中有 3 种颜色，因此两只动物中需有 BB 将褐色转化为黑色，因此不能同时为 AAbbDD、aabbDD、aabbdd 中的两种。

根据两只动物不能同时为 aa，可以排除选项 B 和 C。

根据两只动物不能同时为 bb，可以排除选项 A。

本题选 D。

如果是考试，本题用排除法即可，就此结束。作为练习题，现在用  $F_2$  中各性状的比例进行验证：

第一种情况,  $AAbbDD \times aaBBdd$ , 则  $F_1$  的基因型为  $AaBbDd$ , 由于  $D$  的抑制作用, 均为黄色。

$F_1$  自交后的  $F_2$  中:  $A$  为显性性状 ( $AA$  和  $Aa$ ) 的占  $\frac{3}{4}$ ,  $B$  为显性性状的占  $\frac{3}{4}$ ,  $D$  为显性性状的占  $\frac{3}{4}$ 。各组合的比例与颜色如下表:

(大写字母表示显性, 小写字母表示隐性)

各基因的表现型	颜色	比例
$ABD$	黄色	$\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{27}{64}$
$aBD$	黄色	$\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{64}$
$AbD$	黄色	$\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{64}$
$ABd$	黑色	$\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{9}{64}$
$abD$	黄色	$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{64}$
$aBd$	黄色	$\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{64}$
$Abd$	褐色	$\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{64}$
$Abd$	黄色	$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64}$

综合表中数据, 黄色的所占比例为  $\frac{27}{64} + \frac{9}{64} + \frac{9}{64} + \frac{3}{64} + \frac{1}{64} = \frac{49}{64}$ , 褐色所占的比例为  $\frac{3}{64}$ , 黑色所占的比例为  $\frac{9}{64}$ 。黄:褐:黑=49:3:9, 与实验数据黄:褐:黑=52:3:9 接近。成立。

同理, 请按照上述方法, 自行分析第二种情况  $AAbbDD \times aabbdd$ ,  $F_2$  中黄、褐、黑的数量比。

8. (2022 全国甲卷) 某种自花传粉植物的等位基因  $A/a$  和  $B/b$  位于非同源染色体上。  $A/a$  控制花粉育性, 含  $A$  的花粉可育; 含  $a$  的花粉 50% 可育、50% 不育。  $B/b$  控制花色, 红花对白花为显性。若基因型为  $AaBb$

的亲本进行自交，则下列叙述错误的是（ ）

- A. 子一代中红花植株数是白花植株数的 3 倍
- B. 子一代中基因型为 **aabb** 的个体所占比例是 1/12
- C. 亲本产生的可育雄配子数是不育雄配子数的 3 倍
- D. 亲本产生的含 **B** 的可育雄配子数与含 **b** 的可育雄配子数相等

解析：本题考察遗传学的规律和计算。

题干已知 **A/a** 和 **B/b** 位于非同源染色体上，因此它们遵循自由组合定律。

含 **A** 的花粉可育；含 **a** 的花粉 50% 可育、50% 不育。需注意，花粉中只含一套染色体，50% 可育、50% 不育就是基因 **a** 自身的特点。不能误认为含 **a** 的花粉 50% 可育、50% 不育是因为 50% 为杂合子 **Aa** 可育，50% 为纯合子 **aa** 不可育。

基因型为 **AaBb** 的亲本进行自交，根据基因分离定律和自由组合定律，可知可产生四种配子 **AB**、**Ab**、**aB**、**ab** 的几率相等。

由于含 **a** 的划分只有 50% 可育，因此计算子代的数量较复杂，在计算时，需将含基因 **a** 的花粉所产生的配子数量减半，以排除不可育的 50%。另外，由于基因 **a** 对卵子的可育性无影响，因此不需对卵子进行数量处理。如下表所示，最上横栏为花粉，最左侧栏为卵子：

	<b>AB</b>	<b>Ab</b>	$\frac{1}{2} \text{aB}$	$\frac{1}{2} \text{ab}$
<b>AB</b>	1 <b>AABB</b>	1 <b>AABb</b>	$\frac{1}{2} \text{AaBB}$	$\frac{1}{2} \text{AaBb}$
<b>Ab</b>	1 <b>AABb</b>	1 <b>AAbb</b>	$\frac{1}{2} \text{AaBb}$	$\frac{1}{2} \text{Aabb}$
<b>aB</b>	<b>AaBB</b>	<b>AaBb</b>	$\frac{1}{2} \text{aaBB}$	$\frac{1}{2} \text{aaBb}$
<b>ab</b>	<b>AaBb</b>	<b>Aabb</b>	$\frac{1}{2} \text{aaBb}$	$\frac{1}{2} \text{aabb}$

将上表中各相同基因型的数量加起来，如下表所示

AABB	AABb	AAbb	AaBB	AaBb	Aabb	aaBB	aaBb	aabb
1	2	1	$\frac{3}{2}$	3	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$

由于控制花粉颜色和花粉可育的基因在不同染色体上，因此这两对性状之间没有影响，子代的花的颜色仍为红花：白花=3:1。

逐个分析判断各选项。

选项A，如前所述，控制花粉可育性的基因a与花粉颜色的基因b在不同染色体上，互相之间无影响。根据基因分离定律，子一代中红花植株数是白花植株数的3倍。正确，排除。

B，按照上表中数据，子一代中基因型为aabb的个体所占比例为：

$$\frac{\frac{1}{2}}{1+2+1+\frac{3}{2}+3+\frac{3}{2}+\frac{1}{2}+1+\frac{1}{2}} = \frac{\frac{1}{2}}{12} = 1/24。错误，备选。$$

选项C，亲本中产生雄配子（即花粉）中基因型为A和a的数量相等，其中A都可育，a有一半不可育，因此可育的雄配子与不可育的比例为  $(1+\frac{1}{2}): \frac{1}{2} = 3:1$ 。正确，排除。

选项D，与选项A同理，基因a与基因b在不同染色体上，相互无影响。同为可育的雄配子，含B与b的数量相等。

本题选B。

本题中基因a导致花粉只有一半可育，给分析后代的各基因型的数量比例造成一定麻烦。但是只要按照基因分离定律和自由组合定律列表，考虑进去基因a对花粉可育性的影响，一步一步分析计算就能较容易地得到具体的数量比例。

另外，如果对基因分离定律和自由组合定律足够熟悉，很容易判断出选项ACD都正确。只有选项B涉及花粉可育性对后代数量比例影响的计算。



9. (2020 全国II) 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\_\_\_\_\_。

(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\_\_\_\_、\_\_\_\_、\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

(3) 若丙和丁杂交, 则子代的表现型为\_\_\_\_\_。

(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\_\_\_\_\_。

解析: 本题涉及 3 对性状: 叶形、叶色、能否抗霜霉病, 分别用 A/a、B/b、D/d 表示, 符合基因分离定律。且 3 对基因分别位于 3 对同源染色体上, 相互之间符合自由组合定律。题目未明确各对性状的隐性与显性, 可能需要分析推断。

甲和丙杂交, 子代表现型均与甲相同, 表明甲的性状都是显性性状, 即: 板叶、紫叶、抗病。但是甲的各基因是纯合子和杂合子未知。

由此可知与之相对的花叶、绿叶、不抗病是隐性基因, 相应的表现型一定为隐性纯合子。

由于丙的性状都与甲不同, 都是隐性性状, 因此丙是隐性纯合子。又因为甲和丙的子代表现型均与甲相同, 因此甲是显性纯合子。

乙和丁杂交, 子代出现个体数相近的 8 种不同表现型。8 种是因为每对性状都有 2 种, 共有  $2 \times 2 \times 2 = 8$  种。而个体数量都相近, 则表明乙和丁的各对性状分别为显性杂合子和隐性纯合子。乙和丁的各对性状都不同, 也支持该判断。

(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) 按照上述分析, 甲为显性纯合子, 基因型为  $AABBDD$ , 丙为隐性纯合子, 基因型为  $aabbdd$ 。

乙和丁的各对性状分别为显性杂合子和隐性纯合子。乙的表现型为板叶绿叶抗病, 基因型为  $AabbDd$ 。丁的表现型为花叶紫叶感病, 基因型为  $aaBbdd$ 。

综上, 甲、乙、丙和丁植株的基因型分别为  $AABBDD$ 、 $AabbDd$ 、 $aabbdd$  和  $aaBbdd$ 。

(3) 丙的基因型为  $aabbdd$ , 丁的基因型为  $aaBbdd$ , 若杂交, 则子代的基因型为  $aaBbdd$  和  $aabbdd$ , 表现型为花叶紫叶感病和花叶绿叶感病。

(4) 乙的基因型为  $AabbDd$ 。由于叶形的分离比为 3:1, 则 X 应为  $Aa$ 。由于叶色的分离比为 1:1, 则 X 应为  $Bb$ 。由于能否抗病的分离比为 1:1, 则 X 应为  $dd$ 。综上, 植株 X 的基因型为  $AaBbdd$ 。

10. (2020 山东) 玉米是雌雄同株异花植物, 利用玉米纯合雌雄同株品系 M 培育出雌株突变品系, 该突变品系的产生原因是 2 号染色体上的基因 Ts 突变为 ts, Ts 对 ts 为完全显性。将抗玉米螟的基因 A 转入该雌株品系中获得甲、乙两株具有玉米螟抗性的植株, 但由于 A 基因插入的位置不同, 甲植株的株高表现正常, 乙植株矮小。为研究 A 基因的插入位置及其产生的影响, 进行了以下实验:

实验一: 品系 M ( $TsTs$ ) $\times$ 甲 ( $Atsts$ ) $\rightarrow F_1$ 中抗螟:非抗螟约为 1:1
实验二: 品系 M ( $TsTs$ ) $\times$ 乙 ( $Atsts$ ) $\rightarrow F_1$ 中抗螟矮株:非抗螟正常株高约为 1:1

(1) 实验一中作为母本的是\_\_\_\_\_, 实验二的  $F_1$  中非抗螟植株的性别表现为\_\_\_\_\_ (填“雌雄同株”“雌株”或“雌雄同株和雌株”)。

(2) 选取实验一的  $F_1$  抗螟植株自交,  $F_2$  中抗螟雌雄同株:抗螟雌

株:非抗螟雌雄同株约为 2:1:1。由此可知,甲中转入的 A 基因与 ts 基因\_\_\_\_\_ (填“是”或“不是”)位于同一条染色体上,F<sub>2</sub> 中抗螟雌株的基因型是\_\_\_\_\_。若将 F<sub>2</sub> 中抗螟雌雄同株与抗螟雌株杂交,子代的表现型及比例为\_\_\_\_\_。

(3) 选取实验二的 F<sub>1</sub> 抗螟矮株自交,F<sub>2</sub> 中抗螟矮株雌雄同株:抗螟矮株雌株:非抗螟正常株高雌雄同株:非抗螟正常株高雌株约为 3:1:3:1,由此可知,乙中转入的 A 基因\_\_\_\_\_ (填“位于”或“不位于”) 2 号染色体上,理由是\_\_\_\_\_。F<sub>2</sub> 中抗螟矮株所占比例低于预期值,说明 A 基因除导致植株矮小外,还对 F<sub>1</sub> 的繁殖造成影响,结合实验二的结果推断这一影响最可能是\_\_\_\_\_。F<sub>2</sub> 抗螟矮株中 ts 基因的频率为\_\_\_\_\_,为了保存抗螟矮株雌株用于研究,种植 F<sub>2</sub> 抗螟矮株使其随机受粉,并仅在雌株上收获籽粒,籽粒终止后发育形成的植株中抗螟矮株雌株所占的比例为\_\_\_\_\_。

解析: 先分析已知信息:

已知玉米雌雄同株异花,雌雄同株意味着同一植株可以同时产生雄配子和雌配子,异花意味着便于人工授粉。该信息对本题的直接帮助不大。

用纯合植株培育出雌株突变品系,变异结果为 2 号染色体上的基因 Ts 突变为 ts,且 Ts 对 ts 为完全显性。变异的结果是雌雄同株变为雌株。

将抗玉米螟的基因 A 转入该雌株品系中获得甲、乙两株具有玉米螟抗性的植株。由于 A 基因插入的位置不同,甲植株的株高表现正常,乙植株矮小。

分析两组实验:

实验一: M 是雌雄同株的显性纯合子,可以产生基因型为 Ts 的配子。甲是插入了基因 A 的隐性纯合子 Atsts 雌株,需注意并非 AAAtsts,所以甲只转入一个 A 基因,而非一对,因此可以看作只有一条同源

染色体上有 A, 另一条上没有。M 可产生基因型为  $Ats$  和  $ts$  的雌配子。

$F_1$  的基因型有  $ATsts$  和  $Tsts$  两种, 前者有 A, 可以抗病, 后者无 A, 不能抗病, 且二者的数量比约为 1:1。该解释与实验结果一致。

实验二: M 是雌雄同株的显性纯合子, 可以产生基因型为  $Ts$  的配子。乙是基因型为  $Atsts$  的隐性纯合子, 可产生基因型为  $Ats$  和  $ts$  两种配子。

$F_1$  的基因型有  $ATsts$  和  $Tsts$  两种, 前者有 A, 可以抗病, 后者无 A, 不能抗病, 这与实验一相同。

实验二采用的乙是矮株, 且结果为  $F_1$  中抗螟矮株:非抗螟正常株高约为 1:1, 即矮株与抗螟捆绑在一起, 与亲本中乙的特点一致。

(1) 已知基因 A 转入变异后的雌株品系后获得甲、乙两株有抗螟性的植株, 因此有基因 A 的是雌株, 即母本, 所以实验一种作为木板的是甲。

按照上述分析, 实验二的  $F_1$  都是杂合子  $Tsts$ , 由于  $Ts$  对  $ts$  为完全显性, 所以表现型都为雌雄同株。是否抗螟且高度正常的区别在于有没有遗传到 A 基因,

(2) 选取实验一的  $F_1$  抗螟植株自交, 即  $ATsts$  自交。若 A 与  $ts$  在同一条染色体上, 则可形成数量相等的  $Ts$  和  $Ats$  两种配子,  $F_2$  情况如下表所示:

	$Ts$	$Ats$
$Ts$	$TsTs$	$ATsts$
$Ats$	$ATsts$	$AAAtsts$

其中,  $TsTs$  是非抗螟雌雄同株, 占  $1/4$ 。 $ATsts$  抗螟是雌雄同株, 占  $1/2$ 。 $AAAtsts$  是抗螟雌株, 占  $1/4$ 。抗螟雌雄同株:抗螟雌株:非抗螟雌雄同株约为 2:1:1, 与题目一致, 所以甲中转入的 A 基因与  $ts$  基因是位于同一条染色体上。 $F_2$  中抗螟雌株的基因型是  $AAAtsts$ 。

将  $F_2$  中抗螟雌雄同株的基因型为  $ATsts$ , 可产生  $Ts$  和  $Ats$  两种配子。抗螟雌株的基因型为  $AAAtsts$ , 可产生  $Ats$  一种配子。它们杂交后,

可形成数量相等的  $ATsts$  和  $AAtsts$  两种后代，前者为抗螟雌雄同株，后者为抗螟雌株。即：子代的表现型及比例为抗螟雌雄同株:抗螟雌株=1:1。

(3) 实验二的  $F_1$  抗螟矮株的基因型为  $ATsts$ ，由于第(2)问中已经确定了甲品系中  $A$  与  $ts$  在同一条染色体上 ( $ts$  位于 2 号染色体上)，因此本品系应当不再同一条染色体上。

更直接原因是：由于  $F_2$  中出现了非抗螟雌株的性状，表明雌雄同株/雌株与是否抗螟的性状并不总是一致，所以不位于同一条染色体上。

$F_1$  可形成  $ATs$ 、 $Ats$ 、 $Ts$ 、 $ts$  四种配子，子代的基因型如下表所示：

	$ATs$	$Ats$	$Ts$	$ts$
$ATs$	$AATsTs$	$AATsts$	$ATsTs$	$ATsts$
$Ats$	$AATsts$	$AAtsts$	$ATsts$	$Atsts$
$Ts$	$ATsTs$	$ATsts$	$TsTs$	$Tsts$
$ts$	$ATsts$	$Atsts$	$Tsts$	$Tsts$

$AATsTs$ 、 $AATsts$ 、 $ATsTs$ 、 $ATsts$  为抗螟矮株雌雄同株，占  $9/16$ ；

$Atsts$  和  $AAtsts$  为抗螟矮株雌株，占  $3/16$ ；

$TsTs$  和  $Tsts$  为非抗螟正常株高雌雄同株，占  $3/16$ ；

$tsts$  为非抗螟矮株正常株高雌株，占  $1/16$ 。

$F_2$  中上述四种性状的比例应为  $9:3:3:1$ ，但实验结果为  $3:1:3:1$ ，抗螟矮株所占比例低于预期值，说明  $A$  基因除导致植株矮小外，还对  $F_1$  的繁殖造成影响。另外，抗螟矮株雌株的比例也低于预期值，而非抗螟植株的比例正常，因此可能是抗螟基因  $A$  对繁殖产生影响。

基因  $A$  对繁殖产生影响主要有两种可能：一是含有该基因的某种配子不育，二是基因型为  $AA$  的后代不能发育。

若是含有基因  $A$  的某种配子不育，由于实验一和二使用含基因  $A$  的雌株都能正常繁殖，因此可能是含基因  $A$  的雄配子不育。

对照上表中的数据，将第一行作为雄配子，在含  $A$  的雄配子不育的前提下上表变为：

			Ts	ts
ATs			ATsTs	ATsts
Ats			ATsts	Atsts
Ts			TsTs	Tsts
ts			Tsts	Tsts

抗螟矮株雌雄同株、抗螟矮株雌株、非抗螟正常株高雌雄同株、非抗螟矮株正常株高雌株的比例为 3:1:3:1，与题目数据一致，该可能成立。

若是基因型为 AA 的后代不能发育，则原表中的数据变为，

	ATs	Ats	Ts	ts
ATs			ATsTs	ATsts
Ats			ATsts	Atsts
Ts	ATsTs	ATsts	TsTs	Tsts
ts	ATsts	Atsts	Tsts	Tsts

抗螟矮株雌雄同株、抗螟矮株雌株、非抗螟正常株高雌雄同株、非抗螟矮株正常株高雌株的比例为 6:2:3:1，与题目数据不一致，排除。因此这一影响最可能是含 A 基因的雄配子不育。

F<sub>2</sub> 抗螟矮株中，基因型分别为 ATsTs、ATsts、Atsts 的比例为 1:2:1，ATsTs 的配子中 ts 的频率为 0，ATsts 的配子中 ts 的频率为 1/2，Atsts 中 ts 的频率为 1。综上，F<sub>2</sub> 抗螟矮株中 ts 基因的频率为  $\frac{2}{4} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \times 1 = \frac{1}{2}$ ，

为了保存抗螟矮株雌株用于研究，种植 F<sub>2</sub> 抗螟矮株使其随机受粉，并仅在雌株上收获籽粒。

由于 Atsts 为雌株不产生雄配子，所以抗螟矮株所形成的可育雄配子只来自 ATsTs 和 ATsts，二者比例为 1:2。由于含 A 基因的雄配子不育，可育雄配子的基因型有 Ts 和 ts，比例为  $(\frac{1}{3} \times \frac{1}{2} + \frac{2}{3} \times \frac{1}{4}) : (\frac{2}{3} \times \frac{1}{4}) = 2:1$ ，分别占  $\frac{2}{3}$  和  $\frac{1}{3}$ 。

由于仅在雌株上收获籽粒，所以雌配子只来源于 Atsts，所形成

的雌配子有  $Ats$  和  $ts$  两种，比例为  $1:1$ ，各占  $\frac{1}{2}$ 。

则受精卵的基因型分布如下图：

	$\frac{1}{2} Ats$	$\frac{1}{2} ts$
$\frac{2}{3} Ts$	$\frac{1}{3} ATsts$	$\frac{1}{3} Tsts$
$\frac{1}{3} ts$	$\frac{1}{6} Atsts$	$\frac{1}{6} tsts$

其中矮株抗病雌株的基因型为  $tsts$ ，对应的比例为  $\frac{1}{6}$ 。

本题整体难度很高，在熟练掌握基因分离定律和自由组合定律的基础上，需要很强的数据分析和推理分析能力。

## 第八章 基因和染色体

基因和染色体和核心内容是精原细胞和卵原细胞经过减数第一次分裂和减数第二次分裂形成精子和卵细胞（以及极体）的过程。由于基因在染色体上，所以减数分裂过程中染色体的运动规律是导致孟德尔遗传定律的直接原因。基因和染色体既是题目考察的知识点，也是解决遗传问题的重要工具。

作为考点，基因和染色体部分主要考察减数分裂过程中染色体和基因的变化，因此需要对减数分裂的全过程非常熟悉，特别是染色体、同源染色体、姐妹染色单体、DNA 分子的数量变化和分离情况。此外，还需要时刻牢记在形成四分体的联会期间，同源染色体之间可能交换部分基因片段。

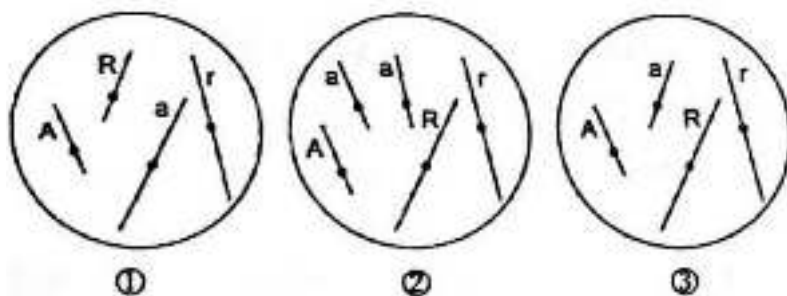
由于减数分裂也是细胞生命活动的过程，与有丝分裂有很多相似之处，同时也离不开各细胞器的分工协作，因此也要将减数分裂与有丝分裂进行详细的比对，并从细胞器分工协作的角度理解减数分裂过程中的各个细节，思考若一些细胞器受到干扰可能会导致的结果，认真观察课本或题目中显微镜拍摄的照片或示意图。另外，同位素示踪技术等经典的科学技术也常用于研究染色体的行为。

作为解题工具，基因和染色体部分主要用于帮助分析推断生物体的遗传规律。基因复制和表达的分子基础、基因随染色体结构和变化规律等是遗传学的基本原理，是分析生物体基因型和表现型的主要工具。

此外，联会期间同源染色体之间交换部分基因片段，将导致部分基因不完全遵循孟德尔交换定律，使得子代的各性状数量之比发生变化，或出现新的重组基因型，叫作基因的连锁和交换定律，有可能作为交待背景知识的创新题出现。若学有余力，可在一些书籍或网络上检索相关知识作简要了解。



1. (2021 河北) 图中①、②和③为三个精原细胞, ①和②发生了染色体变异, ③为正常细胞。②减数分裂时三条同源染色体中任意两条正常分离, 另一条随机移向一级。不考虑其他变异, 下列叙述错误的是 ( )



- A. ①减数第一次分裂前期两对同源染色体联会
- B. ②经减数分裂形成的配子有一半正常
- C. ③减数第一次分裂后期非同源染色体自由组合, 最终产生 4 种基因型配子
- D. ①和②的变异类型理论上均可以在减数分裂过程中通过光学显微镜观察到

解析: 已知中①、②和③为三个精原细胞, ①和②发生了染色体变异, ③为正常细胞。

比较①和③, ①中的  $a$  变长,  $R$  变短, 可能是  $R$  的一段错误地与  $A$  相连。比较②和③, ②多了 1 条  $a$ 。

还已知②减数分裂时三条同源染色体中任意两条正常分离, 另一条随机移向一级, 则有一个精子多了一个  $a$ , 有可能形成: (1)  $AaR$  和  $ar$ , (2)  $AR$  和  $aar$ , (3)  $Aar$  和  $aR$ , (4)  $Ar$  和  $aaR$  四种情况。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 由于①的 4 条染色体的着丝粒都在原位, 应当不影响同源染色体联会。正确, 排除。

选项 B, 由于已知②减数分裂时三条同源染色体中任意两条正常分离, 另一条随机移向一级。则形成的配子有一半正常, 有一半多一条。正确, 排除。

选项 C, ③减数第一次分裂后期非同源染色体自由组合, 得到两种不同的次级精母细胞, 可能有 (1) AR 和 ar, (2) Ar 和 aR, 都是两种次级精母细胞。

减数第二次分裂后, 只是姐妹染色单体分离, 而姐妹染色单体基因型相同, 不再产生新的基因型, 因此最终产生 2 种基因型配子。错误, 备选。

选项 D, 减数分裂过程中, DNA 高度螺旋化形成光学显微镜可见的染色体。且①中染色体长度明显变化在四分体时期可以明显观察到, ②中多出的一条染色体也可以明显地观察到。正确, 排除。

本题选 C。

2. (2021 广东) 人类 ( $2n=46$ ) 14 号与 21 号染色体二者的长臂在着丝点处融合形成 14/21 平衡易位染色体, 该染色体携带者具有正常的表现型, 但在产生生殖细胞的过程中, 其细胞中形成复杂的联会复合物 (如图所示)。在进行减数分裂时, 若该联会复合物的染色体遵循正常的染色体行为规律 (不考虑交叉互换), 下列关于平衡易位染色体携带者的叙述, 错误的是 ( )



- A. 观察平衡易位染色体也可选择有丝分裂中期细胞
- B. 男性携带者的初级精母细胞含有 45 条染色体
- C. 女性携带者的卵子最多含 24 种形态不同的染色体
- D. 女性携带者的卵子可能有 6 种类型(只考虑图中的 3 种染色体)

解析: 已知 14/21 平衡易位染色体是 14 号与 21 号染色体在着丝点处融合所导致。

在产生生殖细胞的过程中形成复杂的联会复合物，从图中可看出，有一条 14 号与一条 21 号连在一起，另外两条单独分开。

由于该染色体携带者具有正常的表现型，且在进行减数分裂时联会复合物遵循正常的染色体行为规律，那么在有丝分裂和减数分裂过程中其实没有严重的遗传问题。

逐个分析判断各选项：

选项 A，平衡易位染色体由于 14 号与 21 号染色体二者的长臂在着丝点处融合形成，在有丝分裂中期，染色体分布在细胞中间，可以观察到有两条染色体连在一起。正确，排除。

选项 B，由于两条染色体连在一起，因此看上去比正常细胞少 1 条，比 46 条少 1 条，为 5 条。初级精母细胞中染色体完成复制，但是姐妹染色单体没有分离，染色体的数量与体细胞一致。正确，排除。

选项 C，卵子中只有一套 23 条染色体，如果恰好分配到平衡易位染色体，则只含 22 条染色体。错误，排除。

选项 D，根据减数分裂形成卵子的过程，减数第一次分裂后，每个次级卵母细胞都只有一套染色体，且每条染色体由两条相同的姐妹染色单体组成。减数第二次分裂后，两个卵细胞有相同的染色体。所以区别主要产生于减数第一次分裂。

女性携带者的卵子有如下几种可能（放在一起的两种可能由同一个初级卵母细胞分裂而来）：

（1）有 1 条正常的 14 和 1 条正常的 21，（2）有 1 条平衡易位染色体；

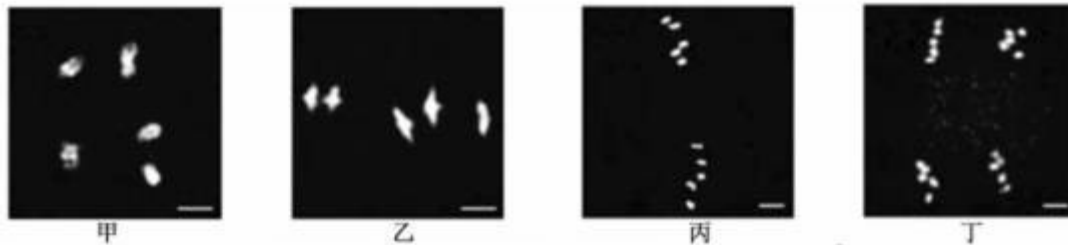
（3）有 1 条平衡易位染色体和 1 条正常的 14，（4）有 1 条正常的 21，没有 14；

（5）有 1 条平衡易位染色体和 1 条正常的 21，（6）有 1 条正常的 14，没有 21。

综上，共有 6 种情况。正确，排除。

本题选 C。

3. (2020 江苏)(多选) 有研究者采用荧光染色法制片, 在显微镜下观察拟南芥 ( $2n=10$ ) 花药减数分裂细胞中染色体形态、位置和数目, 以下为镜检时拍摄的 4 幅图片。下列叙述正确的是 ( )



- A. 图甲、丙中细胞处于减数第一次分裂时期
- B. 图甲细胞中同源染色体已彼此分离
- C. 图乙细胞中 5 个四分体排列在赤道板附近
- D. 图中细胞按照减数分裂时期排列的先后顺序为甲→乙→丙→丁

解析: 已知拟南芥  $2n=10$ , 则一套遗传物质中含 5 条染色体。减数分裂前期, 染色体复制, 但是数目不变, 还是 10 条。减数第一次分裂后, 染色体数目减半, 为 5 条。减数第二次分裂后, 姐妹染色单体分开, 染色体数目不变, 还是 5 条。

观察四幅图, 图甲和乙中染色体的体积明显大于丙和丁。甲和乙中有 5 条明显的染色体。丙的上下各有 5 条小的染色体, 丁共有 4 块区域各分布了 5 条小的染色体。根据染色体的大小和数量, 可猜测甲和乙当中的为四分体, 丙当中的为未分离的姐妹染色体, 丁当中的为姐妹染色单体。

图甲中有 5 条染色体, 形状接近 X 形, 很可能为四分体, 且杂乱分布, 应当为减数第一次分裂的前期。

图乙中也有 5 条染色体, 看起来也像是由两条染色单体构成, 都分布在照片中央, 可能是减数第一次分裂的中期。

图丙中染色体小了许多, 且分布在图片上下两端, 可能是减数第二次分裂的末期, 同源染色单体分开, 且移动到细胞两极, 初级精母细胞即将缢裂为 2 个次级精母细胞。

图丁中有 4 篇区域都有染色体, 且各有 5 条, 可能是减数第二次

分俩的末期，姐妹染色单体分开，2 个次级精母细胞即将缢裂为 4 个精细胞。

逐个分析判断各选项。

选项 A，图甲中细胞处于减数第一次分裂的前期，丙中细胞处于减数第二次分裂的末期。错误，排除。

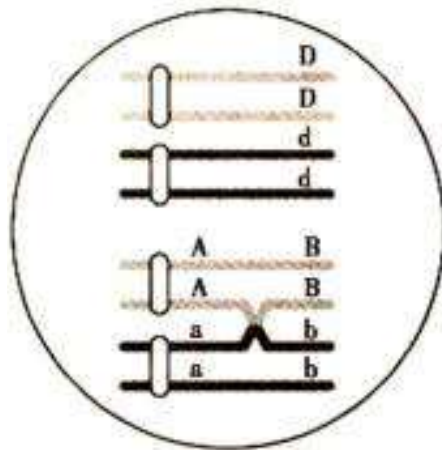
选项 B，图甲细胞中同源染色体还未彼此分离。错误，排除。

选项 C，图乙细胞中 5 个四分体排列在赤道板附近，正确，备选。

D. 图中细胞按照减数分裂时期排列的先后顺序为甲→乙→丙→丁。正确，备选。

本题选 CD。

4. (2020 北京) 如图是雌性哺乳动物体内处于分裂某时期的一个细胞的染色体示意图。相关叙述不正确的是 ( )



- A. 该个体的基因型为 AaBbDd
- B. 该细胞正在进行减数分裂
- C. 该细胞分裂完成后只产生 2 种基因型的精子
- D. A、a 和 D、d 基因的遗传遵循自由组合定律

解析：题图为雌性哺乳动物体内处于分裂某时期的一个细胞的染色体示意图，根据图中的字母，可大致判断 DD 和 dd 是一对同源染色体，ABAB 和 abab 是一对同源染色体，AB 和 ab 之间有一处相连，可能是发生联会并交换片段，据此可判断该细胞处于含有四分体的时

期，因此应当为初级卵母细胞。

图中的染色体看上去比较整齐得排列在中央，因此应当处于减数第一次分裂的中期。但是也有可能是为了画得清楚，本结论暂时存疑。

逐个分析判断各选项。

选项 A，该细胞的染色体刚复制了一次，根据图中给出的字母可判断，其基因型为 AaBbDd。正确，排除。

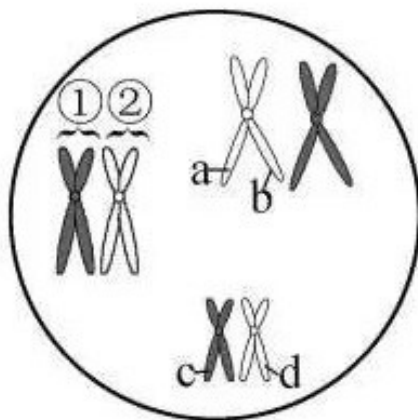
选项 B，该细胞中含有四分体，因此处于减数分裂阶段。正确，排除。

选项 C，ABAB 和 abab 之间发生了联会，并交换染色体，因此可能产生基因型为 Ab 和 aB 的染色体，最终产生的配子的基因型可能有染色体 D、D、d、d 与 AB、ab、Ab、aB 之间的组合，远大于 2 种。错误，备选。

选项 D，由于 A、a 和 D、d 在两条非同源染色体上，因此遵循自由组合定律。正确，排除。

本题选 C。

5. (2020 浙江 1 月) 二倍体高等雄性动物某细胞的部分染色体组成示意图如下，图中①、②表示染色体，a、b、c、d 表示染色单体。下列叙述错误的是 ( )



A. 一个 DNA 分子复制后形成的两个 DNA 分子，可存在于 a 与 b 中，但不存在于 c 与 d 中

- B. 在减数分裂中期 I，同源染色体①与②排列在细胞中央的赤道面上
- C. 在减数分裂后期 II，2 条 X 染色体会同时存在于一个次级精母细胞中
- D. 若 a 与 c 出现在该细胞产生的一个精子中，则 b 与 d 可出现在同时产生的另一精子中

解析：已知题图为二倍体高等雄性动物细胞的部分染色体。①②为染色体，abcd 为染色单体。

从图中可看出，染色体以四分体的形式存在，且杂乱分布在细胞内，因此可能为处于减数第一次分裂前期的初级精母细胞。

逐个分析判断各选项。

选项 A，a 和 b 是姐妹染色体，由同一个 DNA 分子复制而成。C 和 D 分别位于一对同源染色体的两个染色单体上，不是由一个 DNA 分子复制形成。正确，排除。

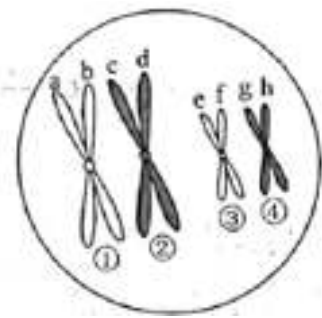
选项 B，减数分裂中期 I，四分体都排列在细胞中央的赤道面上，且①与②是同源染色体。正确，排除。

选项 C，在减数分裂后期 II，染色体的姐妹染色单体分开，因此同一个次级精母细胞中会同时存在 2 条 X 染色体。正确，排除。

选项 D，减数第一次分裂后，同源染色体分离，姐妹染色单体不分离，因此 a 和 b 出现在同一个次级精母细胞中，c 和 d 在不同的次级精母细胞中。因此若 a 与 c 出现在该细胞产生的一个精子中，则 b 与 d 不可能可出现在同时产生的另一精子中。错误，备选。

本题选 D。

6. (2022 浙江 6 月) 某哺乳动物卵原细胞形成卵细胞的过程中，某时期的细胞如图所示，其中①~④表示染色体，a~h 表示染色体单体，下列叙述正确的是 ( )



- A. 图示细胞为次级卵母细胞，所处时期为前期 II  
 B. ①与②的分离发生在后期 I，③与④的分离发生在后期 II  
 C. 该细胞的染色体数与核 DNA 分子数均为卵细胞的 2 倍  
 D. a 和 e 同时进入一个卵细胞的概率为  $1/16$

解析：已知题图为某哺乳动物卵原细胞形成卵细胞的过程中某时期的细胞，①~④表示染色体，a~h 表示染色体单体。

读图可知，图中有四分体，且同源染色体未分开，分布在细胞中间，因此为减数第一次分裂的中期。也有一定可能四分体其实并没有分布在细胞中间，这么画只是为了容易观察，所以也有一定可能是在前期。

逐个分析判断各选项。

选项 A，由于细胞中有四分体，且同源染色体未分开，因此为减数第一次分裂的前期或中期。错误，排除。

选项 B，①与②是同源染色体，分离发生在减数第一次分裂后期，正确。③与④也是同源染色体，分离也发生在减数第一次分裂后期。错误，排除。

选项 C，在同源染色体分离之前，初级卵母细胞的染色体数与体细胞相同，但是核 DNA 分子数是体细胞的 2 倍。卵细胞的染色体数和核 DNA 分子数都是体细胞的一半。因此该细胞的核 DNA 分子数为卵细胞的 4 倍。错误，排除。

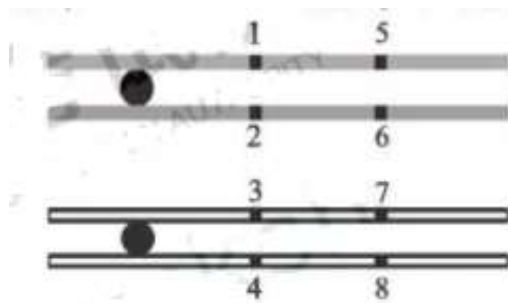
选项 D，1 个初级卵母细胞最终形成 1 个卵细胞和 3 个极体，a 进入卵细胞的概率为  $1/4$ ，e 进入卵细胞的概率也为  $1/4$ ，因此 a 和 e 同时进入一个卵细胞的概率为  $1/16$ 。正确，备选。需注意，1 个初级



卵母细胞只能形成 1 个卵细胞，而 1 个初级精母细胞细胞可以形成 4 个精子，因此本题若为初级精母细胞，则 a 和 e 同时进入一个精子的概率为  $1/4$ 。

本题选 D。

7. (2019 江苏) 如图为初级精母细胞减数分裂时的一对同源染色体示意图，图中 1~8 表示基因。不考虑突变的情况下，下列叙述正确的是 ( )



- A. 1 与 2、3、4 互为等位基因，与 6、7、8 互为非等位基因
- B. 同一个体的精原细胞有丝分裂前期也应含有基因 1~8
- C. 1 与 3 都在减数第一次分裂分离，1 与 2 都在减数第二次分裂分离
- D. 1 分别与 6、7、8 组合都能形成重组型的配子

解析：已知题图为初级精母细胞减数分裂时的一对同源染色体示意图，图中 1~8 表示基因，且不考虑突变。

读图可知，图中有四条横线，由于题目明确题图为一对同源染色体，因此每条横线表示一条染色体。1 和 5、2 和 6、3 和 7、4 和 8 分别在同一条染色体上。

上面两条染色体之间有个圆点，下面两条染色体之间有个圆点，很可能是着丝点，因此上面两条和下面两条染色体分别为两对姐妹染色单体。

由于上面两条染色体是由同一条染色体复制形成的两条姐妹染色单体，不考虑突变的情况下它们完全相同。同理，下面两条染色体也是完全相同的一对姐妹染色单体。

根据各基因所在的位置，可以推断 1 和 2 是、5 和 6、3 和 4、7 和 8 分别是相同的基因。1、2 和 3、4 有可能是等位基因，有可能是相同的基因。同理，5、6 和 7、8 也有可能是等位基因，有可能是相同基因。

逐个分析判断各选项。

选项 A，1 和 2 是、5 和 6、3 和 4、7 和 8 分别是相同的基因，不互为等位基因。错误，排除。

选项 B，生殖细胞减数分裂的前期和有丝分裂的前期都是进行 DNA 的复制，每条染色体由两条相同的姐妹染色单体形成，没有区别。正确，备选。

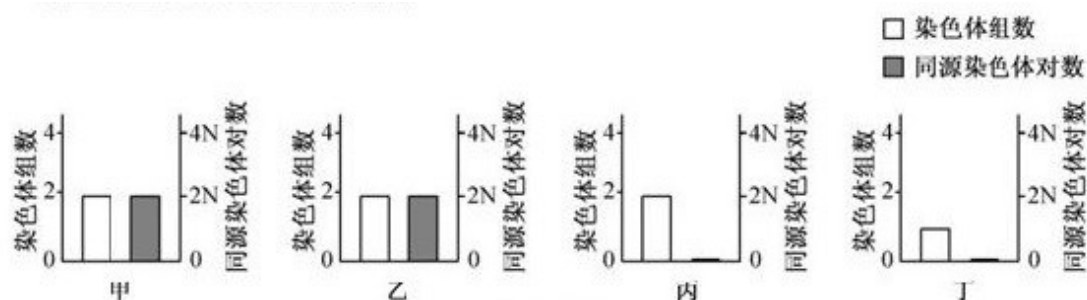
选项 C，减数第一次分裂中，同源染色体分开。若联会期间不发生片段交换，则 1 和 3 在两条同源染色体上，在减数第一次分裂中分开。若 2 和 3 在联会期间发生交换，则 1 和 3 在同一条染色体上，则在减数第二次分裂中才分离。1 与 2 反之。错误，排除。

选项 D，1 分别与 6、7、8 组合都能形成重组型的配子

本题选 B。5 和 6 是相同的基因，1 与 6 组合不能形成重组型的配子。错误，排除。

四分体时期同源染色体交换片段是较容易被遗漏，但也是很可能发生的情况。

8.(2019 浙江 4 月)二倍体动物某个精原细胞形成精细胞过程中，依次形成四个不同时期的细胞，其染色体组数和同源染色体对数如图所示：



下列叙述正确的是 ( )

- A. 甲形成乙过程中, DNA 复制前后需合成 rRNA 和蛋白质
- B. 乙形成丙过程中, 同源染色体分离, 着丝粒不分裂
- C. 丙细胞中, 性染色体只有一条 X 染色体或 Y 染色体
- D. 丙形成丁过程中, 同源染色体分离导致染色体组数减半

解析: 题图为精原细胞形成精细胞过程中, 染色体组数和同源染色体对数的情况。由于是“依次”形成, 因此先后顺序为甲→乙→丙→丁。

根据减数分裂中染色体的变化规律, 可以推断出各图所可能对应的阶段。右上角注释了白柱为染色体组数, 黑柱为同源染色体对数。

图甲和乙都是染色体组数为 2, 同源染色体对数为  $2N$ 。表中数据无法显示 DNA 分子的数量, 所以有可能甲是 DNA 复制前的精原细胞, 乙是 DNA 复制后处于减数第一次分裂的前或中或后或末期的细胞。也有一定可能甲处于减数第一次分裂中的某个时期, 且在乙之前。

图丙中染色体组数为 2, 同源染色体对数为 0。由于已经没有同源染色体, 应当处于减数第二次分裂。染色体组数还是 2, 没有减半, 表明姐妹染色单体已经分开成为两条染色体, 从而弥补了同源染色体分开导致的染色体组数减半, 应当处于减数第二次分裂的后期或末期。

图丁中染色体组数为 1, 同源染色体对数为 0, 应当为精细胞。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 若甲是 DNA 还未复制的时期, 则甲形成乙过程中, DNA 复制需要合成一系列相应的酶催化, 这些酶主要是蛋白质。而蛋白质的合成需要核糖体, 因此也需合成 rRNA。

若甲和乙分别是减数第一次分裂分裂中的先后两个时期, 则甲到乙几乎没有蛋白质和 rRNA 的合成。

有一定概率正确, 暂备选。若有其他更可靠的选项再排除。

选项 B, 乙形成丙的过程是从减数第一次分裂的前或中或后或未

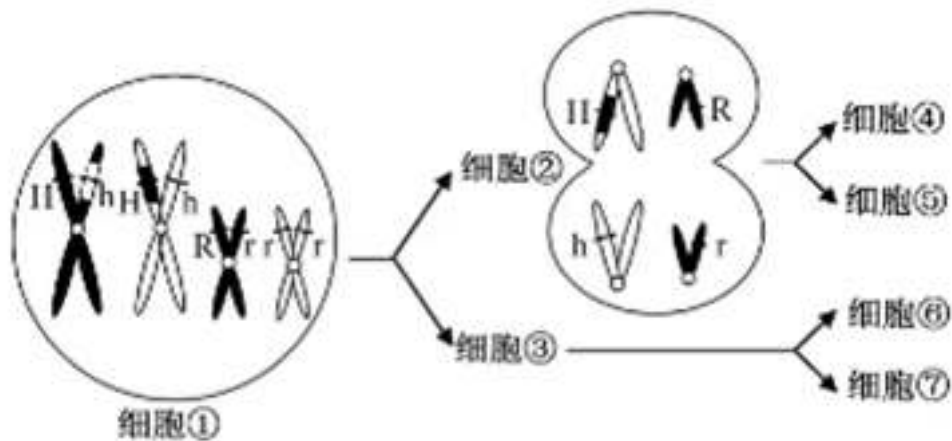
期到减数第二次分裂的后期，先经历同源染色体分离，形成两个次级精母细胞，后经历减数第二次分裂的后期，着丝粒分裂。错误，排除。

选项 C，丙细胞处于减数第二次分裂的后期，同源染色体分离，姐妹染色体也分开，性染色体可能有 2 条 X 染色体或 2 条 Y 染色体。错误，排除。

选项 D，丙中同源染色体已经分离，导致染色体组数减半是因为形成了两个精细胞，已经分离的同源染色体分别进入到两个精细胞中。错误，排除

本题选 A。

9. (2021 浙江 1 月) 现建立“动物精原细胞 ( $2n=4$ ) 有丝分裂和减数分裂过程”模型。1 个精原细胞 (假定 DNA 中的 P 都为  $^{32}\text{P}$ ，其他分子不含  $^{32}\text{P}$ ) 在不含  $^{32}\text{P}$  的培养液中正常培养，分裂为 2 个子细胞，其中 1 个子细胞发育为细胞①。细胞①和②的染色体组成如图所示，H(h)、R(r) 是其中的两对基因，细胞②和③处于相同的分裂时期。下列叙述正确的是 ( )



- A. 细胞①形成过程中没有发生基因重组
  - B. 细胞②中最多有两条染色体含有  $^{32}\text{P}$
  - C. 细胞②和细胞③中含有  $^{32}\text{P}$  的染色体数相等
  - D. 细胞④~⑦中含  $^{32}\text{P}$  的核 DNA 分子数可能分别是 2、1、1、1
- 解析：已知该动物  $2n=4$ ，则该动物是二倍体，且一套染色体中

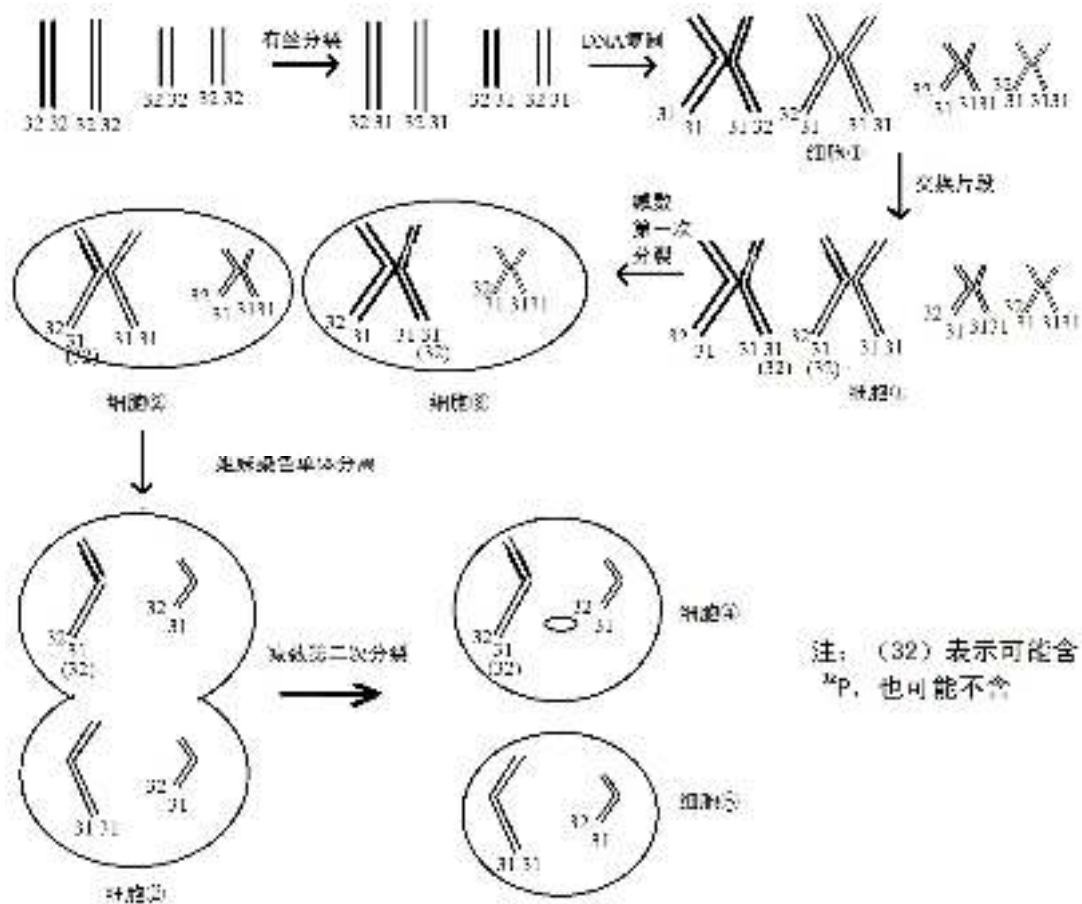
包含 2 条不同的染色体。

该模型叫作“动物精原细胞 ( $2n=4$ ) 有丝分裂和减数分裂过程”，因此既有有丝分裂，又有减数分裂。

该精原细胞的 DNA 中的 P 都为  $^{32}\text{P}$ ，且在不含  $^{32}\text{P}$  的培养液中正常培养，可根据 DNA 的半保留复制机制，追踪含  $^{32}\text{P}$  的 DNA。

已知 1 个精原细胞分裂为 2 个子细胞，其中 1 个子细胞发育为细胞①，而从①又分裂两次产生 4 个细胞，因此①是初级精母细胞，所①是由最开始 DNA 都为  $^{32}\text{P}$  的精原细胞有丝分裂得到的。

DNA 都为  $^{32}\text{P}$  的精原细胞的 DNA 复制后，每个双链 DNA 都由一条只含  $^{32}\text{P}$  和一条只含  $^{31}\text{P}$  的双链 DNA 组成。即开始减数分裂前的细胞①的每个双链 DNA 都由一条只含  $^{32}\text{P}$  和一条只含  $^{31}\text{P}$  的双链组成。该细胞的整个分裂过程如下图所示：



(1) 最初的细胞进行有丝分裂，经过 DNA 的半保留复制，4 条双链 DNA 都分别有 1 条含  $^{32}\text{P}$ 、1 条含  $^{31}\text{P}$ 。

(2) 细胞在减数分裂间期进行 DNA 的复制形成细胞①, 仍为 4 条染色体, 每条染色体由 2 条姐妹染色单体构成, 共 8 条双链 DNA。每条染色体中, 一条姐妹染色单体有 1 条含  $^{32}\text{P}$ 、1 条含  $^{31}\text{P}$ , 另一姐妹染色单体为 2 条  $^{31}\text{P}$ 。

(3) 细胞①在减数分裂前期, 同源染色体发生联会, 并交换部分片段。图中专门用黑色和白色标记同源染色体, 可以看出发生了部分片段变化。从图中可知, 该交换的片段进入细胞②。

需特别注意: 由于 H(h) 的部分片段发生了交换, 有可能导致原来为 2 条  $^{31}\text{P}$  的姐妹染色单体带上了  $^{32}\text{P}$ 。

(4) 细胞①完成减数第一次分裂后得到两个次级精母细胞②和③, 同源染色体分开, 分别进入两个细胞。若没有交换片段, 则细胞②和③各有 2 条染色体, 每条染色体中, 一条姐妹染色单体有 1 条含  $^{32}\text{P}$ 、1 条含  $^{31}\text{P}$ , 另一姐妹染色单体为 2 条  $^{31}\text{P}$ 。但是细胞②中有交换片段的染色体, 所以可能其中原本为 1 条含  $^{32}\text{P}$ 、1 条含  $^{31}\text{P}$  的染色单体, 变成了 1 条含  $^{32}\text{P}$ 、1 条含  $^{31}\text{P}$  和  $^{32}\text{P}$ , 即两条都含  $^{32}\text{P}$ 。

(5) 细胞②和③分别完成减数第二次分裂后, 分别得到精细胞④和⑤、⑥和⑦。②形成④和⑤的过程中, 姐妹染色单体分开, 有 1 条含  $^{32}\text{P}$ 、1 条含  $^{31}\text{P}$  的进入一个精细胞, 含 2 条  $^{31}\text{P}$  的进入另一个精细胞。

④和⑤与⑥和⑦分别有两种可能: 可能 1: 一个精细胞中的 2 条染色体都是 1 条  $^{32}\text{P}$ 、1 条  $^{31}\text{P}$ , 另一个精细胞中的 2 条染色体都为 2 条  $^{31}\text{P}$ 。可能 2: 两个精细胞都是含一条染色体含 1 条  $^{32}\text{P}$ 、1 条  $^{31}\text{P}$  的染色体, 一条染色体为 2 条  $^{31}\text{P}$ , 两个精细胞中 H(h) 和 R(r) 的情况相反。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 细胞①和细胞②中, 黑白两条 H(h) 染色体有片段发生了交换, 该交换在细胞①中已经发生, 发生了基因重组。错误, 排除。

选项 B, 细胞②中姐妹染色单体已经分开, 有 4 条染色体, 这 4

条染色体都是一条 DNA 单链含有  $^{32}\text{P}$ 、另一条 DNA 单链不含有  $^{32}\text{P}$ ，因此这 4 条染色体都含有  $^{32}\text{P}$ 。错误，排除。

选项 C 图中细胞②处于分裂后期，姐妹染色单体已经分开。由于染色体 H(h)交换了片段并进入②中，因此细胞②中可能有 3 条染色体都含有  $^{32}\text{P}$ ，而细胞③中没有交换的片段，只有 2 条染色体含  $^{32}\text{P}$ ，数量可能不相等。错误，排除。

选项 D，细胞④和⑤由细胞②分裂得到，按照上述分析，②由于交换片段有可能有 3 条染色体含  $^{32}\text{P}$ ，因此④和⑤有可能分别有 2 条和 1 条 DNA 含  $^{32}\text{P}$ 。细胞⑥和⑦由细胞③分裂得到，根据题图细胞③中没有交换片段，有可能恰好两条含  $^{32}\text{P}$  的姐妹染色单体分别进入两个细胞。所以存在④~⑦中含  $^{32}\text{P}$  的核 DNA 分子数分别是 2、1、1、1 的可能。备选。

本题选 D。

本题难度很高，考察的内容非常全面。需要非常熟悉有丝分裂和减数分裂的全过程、DNA 的半保留复制的原理、四分体时期同源染色体之间交换片段，并且需要很强的推理分析判断能力。

## 第九章 基因的本质与基因的表达

基因的本质是有遗传效应的 DNA 片段。基因所存储的信息通过基因表达的过程转化为生物体的形状。基因的表达主要经历转录和翻译两个过程，转录依靠碱基互补配对将 DNA 上的基因信息转移到 mRNA 上，翻译依靠遗传密码子将碱基序列信息转化为氨基酸序列信息，并在核糖体上合成。此外，DNA 还依靠碱基互补配对进行半保留复制，将遗传信息传递给后代。基因的复制、转录、翻译、逆转录等过程可以精炼地概括为中心法则。

关于基因的知识涵盖非常广的知识类型。一是通过肺炎双球菌转化实验、同位素标记的噬菌体侵染噬菌体的实验，验证生物的遗传物质是 DNA。通过设计宏观实验、检测实验结果，从而分析推理出微观的原理的思路对于解题也非常重要。

二是碱基互补配对和遗传密码子，以及 DNA 半保留复制、转录 mRNA、合成蛋白质等分子层面的变化的具体过程。这些分子层面的具体变化是形成宏观的生物遗传规律的根本原因，分子层面产生的错误也是导致宏观的生物遗传异常的根本原因。而这些分子层面的变化遵循基本的物理和化学规律，包括化学键的断裂与生成、化学反应的能量变化等。

这两种类型也包括了遗传学最主要的两类题目：宏观的遗传规律和分子层面的物质变化。这两类题目往往都需要对相应的具体过程非常熟悉，并且有较强的分析推理能力，需要花费相当的时间思考才能得出答案。

1. (2017 海南) DNA 分子的稳定性与碱基对之间的氢键数目有关。下列关于生物体内 DNA 分子中  $(A+T)/(G+C)$  与  $(A+C)/(G+T)$  两个比值的叙述，正确的是 ( )

- A. 碱基序列不同的双链 DNA 分子，后一比值不同
- B. 前一个比值越大，双链 DNA 分子的稳定性越高



C. 当两个比值相同时, 可判断这个 DNA 分子是双链

D. 经半保留复制得到的 DNA 分子, 后一比值等于 1

解析: DNA 分子的稳定性与碱基对之间的氢键数目有关, 其中 G-C 之间形成 3 个氢键, A-T 之间形成 2 个氢键, 因此  $(G+C)/(A+T)$  的比值越大, 则 DNA 分子越稳定。

因为 G 与 C、A 与 T 总是分别一一配对, 因此双链 DNA 分子中 G 与 C 的数量相同, A 与 T 的数量相同, 因此 A+C 和 G+T 的数量也相同。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 任何序列的双链 DNA 分子, 后一比值都为 1。错误, 排除。

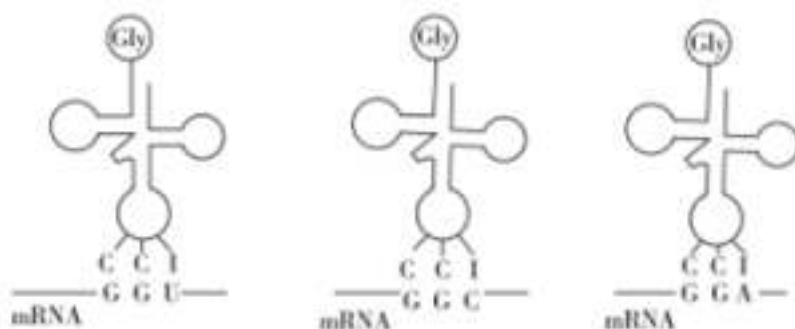
选项 B, 前一个比值越大, 则双链 DNA 分子的稳定性越低。错误, 排除。

选项 C, 当  $(A+C)/(G+T)=1$  时, 可以判断很可能是双链。而这两个比值之间一般没什么联系。错误, 排除。

选项 D, 经半保留复制得到的 DNA 分子是双链 DNA, 后一比值等于 1。正确, 备选。

本题选 D。

2. (2020 全国 III) 细胞内有些 tRNA 分子的反密码子中含有稀有碱基次黄嘌呤 (I)。含有 I 的反密码子在与 mRNA 中的密码子互补配对时, 存在如图所示的配对方式 (Gly 表示甘氨酸)。下列说法错误的是 ( )



- A. 一种反密码子可以识别不同的密码子
- B. 密码子与反密码子的碱基之间通过氢键结合
- C. tRNA 分子由两条链组成, mRNA 分子由单链组成
- D. mRNA 中的碱基改变不一定造成所编码氨基酸的改变

解析: 已知细胞内有些 tRNA 分子的反密码子中含有稀有碱基次黄嘌呤 (I), 是除了已经学习的四种碱基 GCAT 之外第五种。

根据题图可知, tRNA 上的 I 可与 mRNA 上的 U、C、A 配对, 但是没有与 G 配对, 暂时当作不能与 G 配对, 可知其专一性不强。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 根据题图可知, tRNA 上的反密码子 CCI 可以识别 GGU、GGC、GGA 三种不同的密码子。正确, 排除。

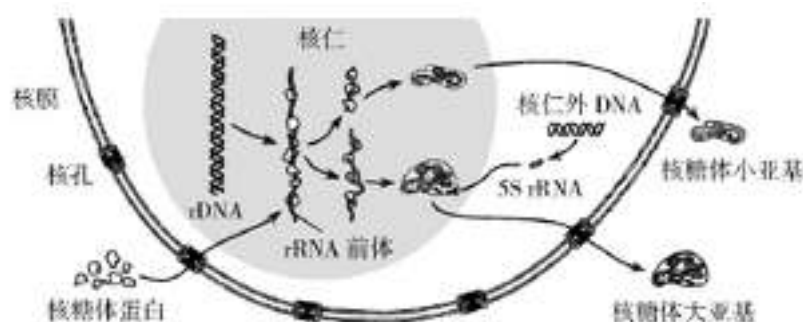
选项 B, 根据课本知识可知, 密码子与反密码子的碱基之间通过氢键结合。正确, 排除。

选项 C, 根据课本知识可题图可知, tRNA 分子由一条链组成, 这一条链来回弯曲折叠在内部形成氢键, 是单链 RNA。错误, 备选。

选项 D, 由于遗传密码子中, 一些氨基酸对应多种不同的密码子, 因此若碱基改变后对应的仍是原来的氨基酸, 则所编码氨基酸不改变。正确, 排除。

本题选 C。

3. (2020 天津) 完整的核糖体由大、小两个亚基组成。如图为真核细胞核糖体大、小亚基的合成、装配及运输过程示意图, 相关叙述正确的是 ( )



- A. 如图所示过程可发生在有丝分裂中期
- B. 细胞的遗传信息主要储存于 rDNA 中
- C. 核仁是合成 rRNA 和核糖体蛋白的场所
- D. 核糖体亚基在细胞核中装配完成后由核孔运出

解析：已知核糖体由大、小两个亚基组成，题图为核糖体大、小亚基的合成、装配及运输过程示意图。

读图，中央灰色圆形为核仁，外围一圈为核膜，上面有很多核孔。核仁内有 rDNA 和 rRNA 前体，核仁和核膜之间有核仁外 DNA 和 5S rRNA，核膜外有核糖体蛋白、核糖体大亚基、核糖体小亚基。

沿着图中箭头的方向，箭头一般表示“变成”“合成”“生成”的意思：

(1) 最左边细胞核外的核糖体蛋白，经过核孔进入细胞核并进入核仁。

(2) 核仁内的 rDNA 沿箭头产生 rRNA 前体。根据 DNA 的功能，可猜测 rDNA 是合成 rRNA 的模板。根据“rRNA 前体”的名称，可判断其应当是得到 rRNA 之前的物质。

(3) 核糖体蛋白与 rRNA 前体形成两团物质。上面的一团物质直接离开核仁和核膜到细胞核外，成为核糖体小亚基。

另一团与从核仁外进入到核仁内的核仁外 DNA 结合后，离开核仁和核膜到细胞核外，成为核糖体大亚基。

完毕。逐个分析判断各选项。

选项 A，图中过程发生在成形的细胞核内，而有丝分裂中期细胞核已经解体，因此不能发生该过程。错误，排除。

选项 B，细胞的遗传信息主要储存于构成染色体的双链 DNA 中，图中的 rDNA 的功能应当是合成 rRNA 的模板。错误，排除。

选项 C，从图中可知，核仁是合成 rRNA 的场所，而核糖体蛋白在细胞核外合成。错误，排除。

选项 D，从图中可知，核糖体的大、小亚基都是在细胞核中装配完成，并由核孔运出。正确，备选。

本题选 D。

本题选项 D 有一定误导性，既可以理解为大、小亚基分别在细胞核内装配完成后，分别由核孔运出，可以理解为大、小亚基在细胞核内装配成核糖体后由核孔运出。由于其他选项明显错误，故选项 D 应当表达前种含义。

4. (2019 浙江 4 月) 为研究 R 型肺炎双球菌转化为 S 型肺炎双球菌的转化物质是 DNA 还是蛋白质，进行了肺炎双球菌体外转化实验，其基本过程如图所示：



下列叙述正确的是 ( )

- A. 甲组培养皿中只有 S 型菌落，推测加热不会破坏转化物质的活性
- B. 乙组培养皿中有 R 型及 S 型菌落，推测转化物质是蛋白质
- C. 丙组培养皿中只有 R 型菌落，推测转化物质是 DNA
- D. 该实验能证明肺炎双球菌的主要遗传物质是 DNA

解析：题目为研究 R 型肺炎双球菌转化为 S 型肺炎双球菌的转化物质是 DNA 还是蛋白质，进行了肺炎双球菌体外转化实验，应当与课本上的实验相似。

分析实验过程示意图，甲组：将 S 型菌的提取物高温加热，蛋白质失活，高温会使双链 DNA 解旋，降低温度后有可能恢复双螺旋，DNA 有可能失活也有可能仍完好，视情况待定。

乙组：将蛋白酶放加入 S 型菌的提取物，则蛋白质都被分解，DNA 仍完好，移入含 R 型菌的培养液培养，应当能得到 R 型菌和 S 型菌。

丙组，将 DNA 酶放加入 S 型菌的提取物，则 DNA 都被分解，蛋白质仍完好，移入含 R 型菌的培养液培养，应当只能得到 R 型菌。

逐个分析判断各选项。

选项 A，甲组培养皿中应当有 R 型和 S 型菌落，错误，排除。

选项 B，乙组培养皿中有 R 型及 S 型菌落，而乙组的蛋白质都被破坏，因此转化物质不是蛋白质。错误，排除。

选项 C，丙组培养皿中只有 R 型菌落，则说明没有转化物质，而 DNA 酶只分解了 DNA，据此可推测转化物质是 DNA，正确，备选。

选项 D，该实验中，DNA 将 R 型菌转化为 S 型菌，只能证明肺炎双球菌的转化物质是 DNA，并不能直接证明 DNA 同时也是令后代与亲代性状相同的遗传物质。错误，排除。

本题选 C。

5. (2019 全国 I) 用体外实验的方法可合成多肽链。已知苯丙氨酸的密码子是 UUU，若要在体外合成同位素标记的多肽链，所需的材料组合是 ( )

- ①同位素标记的 tRNA
- ②蛋白质合成所需的酶
- ③同位素标记的苯丙氨酸
- ④人工合成的多聚尿嘧啶核苷酸
- ⑤除去了 DNA 和 mRNA 的细胞裂解液

- A. ①②④
- B. ②③④
- C. ③④⑤
- D. ①③⑤

解析：生物体合成多肽链，需要 mRNA 作为模板，相应的 tRNA 携带氨基酸与 mRNA 识别，同时需要相应的酶和能量催化氨基酸生成肽键。若要合成同位素标记的多肽链，则还需有被标记的氨基酸。

逐个分析各物质：

①同位素标记的 tRNA，tRNA 不是多肽的组成成分，不需要同位素标记，排除。

②蛋白质合成所需的酶，需要由相应的酶催化氨基酸聚合成多肽，备选。

③同位素标记的苯丙氨酸，苯丙氨酸是多肽的组成成分，可用于标记多肽，备选。

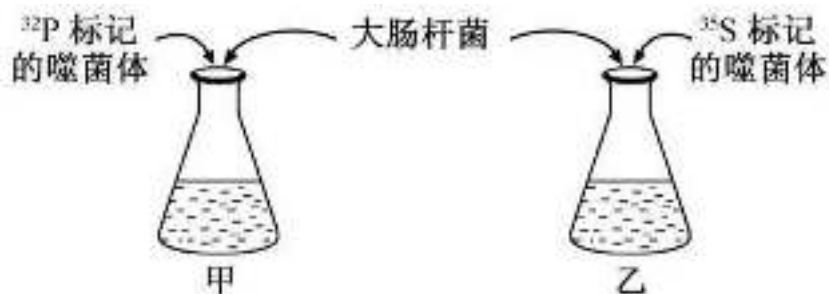
④人工合成的多聚尿嘧啶核苷酸，多聚尿嘧啶核苷酸就是 UUU... (若干个 U)，对应被同位素标记的苯丙氨酸，用于确保合成的多肽链被同位素标记，备选。

⑤除去了 DNA 和 mRNA 的细胞裂解液可提供合成蛋白质所需的酶、场所（核糖体）、能量（如 ATP），备选。

综上，①不需要，③和④必需，②和⑤有一个即可，由于⑤所含的成分比②丰富，特别是含有核糖体和供能分子，因此⑤更可行，所需的材料组合是③④⑤。

本题选 C。

6. (2020 浙江 1 月) 某研究小组用放射性同位素  $^{32}\text{P}$ 、 $^{35}\text{S}$  分别标记  $\text{T}_2$  噬菌体，然后将大肠杆菌和被标记的噬菌体置于培养液中培养，如图所示。一段时间后，分别进行搅拌、离心，并检测沉淀物和悬浮液中的放射性。下列分析错误的是 ( )



A. 甲组的悬浮液含少量  $^{32}\text{P}$  标记的噬菌体 DNA，但不产生含  $^{32}\text{P}$  的子代噬菌体

B. 甲组被感染的细菌内含有  $^{32}\text{P}$  标记的噬菌体 DNA, 也可产生不含  $^{32}\text{P}$  的子代噬菌体

C. 乙组的悬浮液含极少量  $^{35}\text{S}$  标记的噬菌体蛋白质, 也可产生含  $^{35}\text{S}$  的子代噬菌体

D. 乙组被感染的细菌内不含  $^{35}\text{S}$  标记的噬菌体蛋白质, 也不产生含  $^{35}\text{S}$  的子代噬菌体

解析: 已知用放射性同位素  $^{32}\text{P}$ 、 $^{35}\text{S}$  分别标记  $\text{T}_2$  噬菌体, 由于噬菌体的主要成分是蛋白质和核酸, 且可以认为  $^{32}\text{P}$  只存在于核酸中,  $^{35}\text{S}$  只存在于蛋白质中, 因此核酸和蛋白质分别被  $^{32}\text{P}$ 、 $^{35}\text{S}$  标记。

然后将大肠杆菌和被标记的噬菌体置于培养液中培养, 则噬菌体侵入到大肠杆菌中, 并利用大肠杆菌的核酸和蛋白质合成自身的物质。

侵染过程中, 噬菌体的核酸进入到大肠杆菌中, 而蛋白质没有进入大肠杆菌, 因此合成的子代噬菌体中部分含  $^{32}\text{P}$ , 都不含  $^{35}\text{S}$ 。

通过搅拌、离心后得到的沉淀物主要为大肠杆菌及内部新合成的噬菌体, 含  $^{32}\text{P}$ , 不含  $^{35}\text{S}$ 。悬浊液中主要为噬菌体的外壳和尚未侵染的噬菌体, 含少量  $^{32}\text{P}$  和几乎所有  $^{35}\text{S}$ 。

逐个分析判断各选项。

选项 A, 甲组为  $^{32}\text{P}$  标记的噬菌体, 噬菌体的 DNA 含  $^{32}\text{P}$ 。侵染后, 大肠杆菌内含有大部分  $^{32}\text{P}$  标记的 DNA, 溶液中有少量残留未来得及侵染的噬菌体的  $^{32}\text{P}$  的 DNA。含  $^{32}\text{P}$  的子代噬菌体都存在于大肠杆菌中, 在离心后的沉淀里。正确, 排除。

选项 B, 含有  $^{32}\text{P}$  标记的噬菌体 DNA 侵入大肠杆菌, 并利用大肠杆菌的物质复制自身的 DNA。由于大肠杆菌未被放射性标记, 因此新产生的子代噬菌体中, 有部分含有  $^{32}\text{P}$  标记, 有部分不含子代噬菌体。正确, 排除。

选项 C, 乙组为  $^{35}\text{S}$  标记的噬菌体, 噬菌体的蛋白质外壳含  $^{35}\text{S}$ , 都没有进入大肠杆菌, 停留在溶液里, 因此悬浮液应当含大量  $^{35}\text{S}$  标记的噬菌体蛋白质。同时, 由于大肠杆菌未被标记, 因此不会产生含

$^{35}\text{S}$  的子代噬菌体。错误，备选。

选项 D，噬菌体的蛋白质外壳不进入被侵染的大肠杆菌，因此被感染的细菌内不含  $^{35}\text{S}$  标记的噬菌体蛋白质。由于大肠杆菌未被标记，因此也不产生含  $^{35}\text{S}$  的子代噬菌体。正确，排除。

本题选 C。

7. (2020 全国 II) 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。

(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，作为 mRNA 执行功能部位的是；作为 RNA 聚合酶合成部位的是，作为 RNA 聚合酶执行功能部位的是。

(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 UACGAACAUUGG，则该小肽的氨基酸序列是。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。

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

解析：已知大豆蛋白在人体内经消化道中酶的作用后，可形成短的肽链，叫作小肽。直接分析填写各小问。

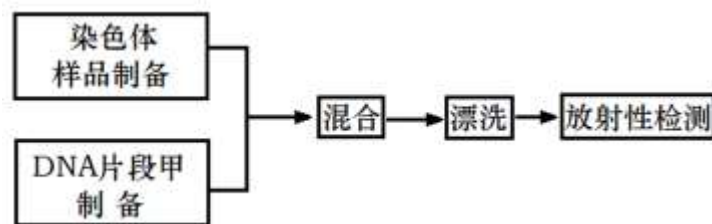
(1) 在大豆细胞中，以 mRNA 为模板合成蛋白质时，除 mRNA 外还需要其他种类的核酸分子参与，它们是 rRNA（核糖体 RNA，是核糖体的组成部分）和 tRNA（转运 RNA，用于将氨基酸运输到核糖体上）。



(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 (通过作为模板的 DNA 转录得到), 作为 mRNA 执行功能部位的是细胞质 (在核糖体上作为翻译的模板); 作为 RNA 聚合酶合成部位的是细胞质 (RNA 聚合酶的化学成分是蛋白质, 在细胞质的核糖体上合成), 作为 RNA 聚合酶执行功能部位的是细胞核 (RNA 聚合酶催化核苷酸分子聚合成为核糖核酸, 即转录, 该过程在细胞核中进行)。

(3) 根据题目给出的遗传密码子, 该小肽对应的编码序列为酪氨酸-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, 则发生替换后得到的密码子仍对应原来的氨基酸, 根据表中数据, 将原来的密码子换成另一种, 为 UAUGAGCACUGG。

8. (2021 全国甲卷) 用一段由放射性同位素标记的 DNA 片段可以确定基因在染色体上的位置。某研究人员使用放射性同位素  $^{32}\text{P}$  标记的脱氧腺苷三磷酸 ( $\text{dATP}$ ,  $\text{dA-P}_\alpha\sim\text{P}_\beta\sim\text{P}_\gamma$ ) 等材料制备了 DNA 片段甲 (单链), 对 W 基因在染色体上的位置进行了研究, 实验流程的示意图如下。



回答下列问题:

(1) 该研究人员在制备  $^{32}\text{P}$  标记的 DNA 片段甲时, 所用 dATP 的  $\alpha$  位磷酸基团中的磷必须是  $^{32}\text{P}$ , 原因是\_\_\_\_\_。

(2) 该研究人员以细胞为材料制备了染色体样品, 在混合操作之前去除了样品中的 RNA 分子, 去除 RNA 分子的目的是\_\_\_\_\_。

(3) 为了使片段甲能够通过碱基互补配对与染色体样品中的 W 基因结合, 需要通过某种处理使样品中的染色体 DNA\_\_\_\_\_。

(4) 该研究人员在完成上述实验的基础上, 又对动物细胞内某基因的 mRNA 进行了检测, 在实验过程中用某种酶去除了样品中的 DNA, 这种酶是\_\_\_\_\_。

解析: 已知用一段由放射性同位素标记的 DNA 片段可以确定基因在染色体上的位置, 即同位素示踪法, 可以通过检测放射性, 找到放射性元素的经历的过程。

用放射性同位素  $^{32}\text{P}$  标记的脱氧腺苷三磷酸( $\text{dATP}$ ,  $\text{dA-P}_{\alpha}\sim\text{P}_{\beta}\sim\text{P}_{\gamma}$ ) 等材料制备了 DNA 片段甲(单链), 即片段甲中含有放射性的  $^{32}\text{P}$ 。

观察实验流程示意图, 先同步制备染色体样品和 DNA 片段甲。根据已知信息, 片段甲有  $^{32}\text{P}$ 。由于未专门说明, 染色体样品不带有  $^{32}\text{P}$ 。

将二者混合、漂洗, 进行放射性检测。由于实验目的是“对 W 基因在染色体上的位置进行研究”, 有可能是利用碱基互补配对原则, 片段甲刚好能与 W 基因配对, 二者结合在一起, 从而通过检测片段甲的放射性, 来确定 W 的位置。

逐个分析解答各小问。

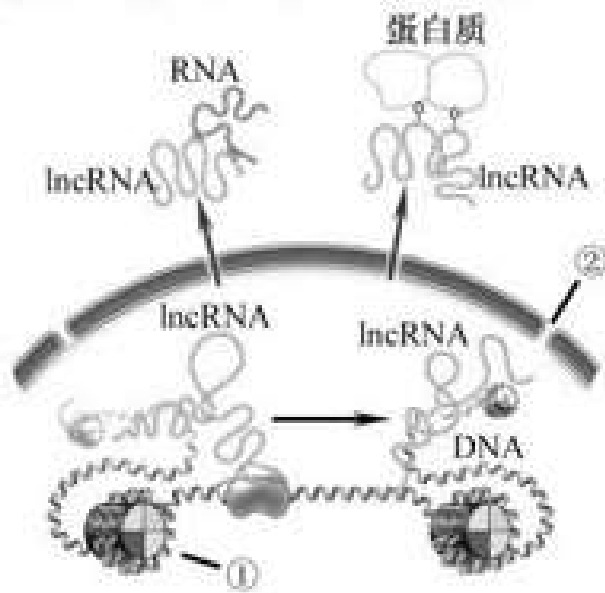
(1) 该研究人员在制备  $^{32}\text{P}$  标记的 DNA 片段甲时, 所用  $\text{dATP}$  的  $\alpha$  位磷酸基团中的磷必须是  $^{32}\text{P}$ , 原因是  $\alpha$  位磷酸基团距离腺苷最近, 和腺苷共同成为核酸的组成部分,  $\beta$  和  $\gamma$  位的磷酸基团脱去。

(2) 该研究人员以细胞为材料制备了染色体样品, 在混合操作之前去除了样品中的 RNA 分子, 去除 RNA 分子的目的是 防止 RNA 分子与片段甲配对, 阻碍甲与 W 基因进行配对并定位 W 基因。

(3) 为了使片段甲能够通过碱基互补配对与染色体样品中的 W 基因结合, 需要通过某种处理使样品中的染色体 DNA 解螺旋成为单链 DNA, 否则片段甲无法与 W 基因配对。(本小问验证了起初猜想的实验方法)

(4) 该研究人员在完成上述实验的基础上, 又对动物细胞内某基因的 mRNA 进行了检测, 在实验过程中用某种酶去除了样品中的 DNA, 这种酶是 DNA 酶。(将 DNA 水解的酶就叫作 DNA 酶)

9. (2018 江苏) 长链非编码 RNA (lncRNA) 是长度大于 200 个碱基, 具有多种调控功能的一类 RNA 分子。如图表示细胞中 lncRNA 的产生及发挥调控功能的几种方式, 请回答下列问题:



(1) 细胞核内各种 RNA 的合成都以\_\_\_\_\_为原料, 催化该反应的酶是\_\_\_\_\_。

(2) 转录产生的 RNA 中, 提供信息指导氨基酸分子合成多肽链的是\_\_\_\_\_, 此过程中还需要的 RNA 有\_\_\_\_\_。

(3) lncRNA 前体加工成熟后, 有的与核内\_\_\_\_\_ (图示①) 中的 DNA 结合, 有的能穿过\_\_\_\_\_ (图示②) 与细胞质中的蛋白质或 RNA 分子结合, 发挥相应的调控作用。

(4) 研究发现, 人体感染细菌时, 造血干细胞核内产生的一种 lncRNA, 通过与相应 DNA 片段结合, 调控造血干细胞的\_\_\_\_\_, 增加血液中单核细胞、中性粒细胞等吞噬细胞的数量。该调控过程的主要生理意义是\_\_\_\_\_。

解析: 已知长链非编码 RNA (lncRNA) 的长度大于 200 个碱基,

具有多种调控功能。

观察题图，中间有一段弧形分界线，上有小孔，可能为核膜和核孔，下方为细胞核内，上方为细胞核外。

核内，①结构复杂，上有自左向右的箭头，较难直接看出发生了什么变化，①上方标注了两个 lncRNA，右侧的下方标注了 DNA，有可能是将 lncRNA 进行加工。

lncRNA 通过核膜后，分别与 RNA 或蛋白质结合。②应当为核孔。

暂时只能获取上述信息，逐个分析解答各小问。

(1) 细胞核内各种 RNA 的合成都以 G、C、A、U 四种核糖核苷酸为原料，催化该反应的酶是 RNA 聚合酶。(课本知识)

(2) 转录产生的 RNA 中，提供信息指导氨基酸分子合成多肽链的是 mRNA，此过程中还需要的 RNA 有 tRNA 和 rRNA。(课本知识)

(3) lncRNA 前体加工成熟后，有的与核内的①中的 DNA 结合。既然①中有 DNA，并且有螺旋形结构，且没有高度螺旋化，应当为 染色质。

但是，题目中说明“如图表示细胞中 lncRNA 的产生及发挥调控功能的几种方式”，如此一来，题图并没有表示 lncRNA 产生的过程，只给出了发挥调控功能的几种方式，所以本题题目很不严谨，有很大的误导性。

有的能穿过核孔（图示②）与细胞质中的蛋白质或 RNA 分子结合，发挥相应的调控作用。

(4) 人体感染细菌时，将进行免疫反应，造血干细胞可以分化产生免疫细胞，因此 lncRNA 与相应 DNA 片段结合，应当调控造血干细胞的分化，增加血液中单核细胞、中性粒细胞等吞噬细胞的数量。该调控过程的主要生理意义是进行免疫反应，提高人体的免疫能力。

## 第十章 基因突变与染色体变异

DNA 分子的复制、染色体的形成及变化过程中都有可能发生错误，导致基因突变或染色体变异。基因突变往往改变了碱基序列，若导致对应的氨基酸序列改变，则通常会产生影响，有时改变氨基酸序列，则突变不影响基因的表达。染色体在变化的过程中有可能发生结构变异，也有可能发生数量的异常。

基因突变和染色体变异对生物体的影响取决于两个方面：突变的效果和突变发生的阶段。突变的效果方面，很多突变都是致死性的，导致受精卵不能正常发育从而个体直接死亡。也有很多突变会导致疾病，影响个体的生存能力。还有一些突变会增强个体对特定环境的适应能力。

突变发生的阶段方面，突变发生的阶段越早，则对个体的影响越大。发生在配子阶段的突变，将使得整个受精卵和个体都受到影响。发生在胚胎早期的突变，往往也影响很大。发生在成熟个体中个别体细胞的突变，往往只影响单个体细胞，则对个体几乎毫无影响。

分析解决关于基因突变与染色体变异的题目的思路与其他遗传学题目类似，根据题目已知信息，一般有两个切入点，一是若已知亲代与后代的表现型及比例不符合遗传定律，那么很有可能发生了基因突变或染色体变异，需根据宏观实验现象和数据进行推理或猜想。二是若直接已知 DNA 分子或染色体层面的异常现象，则结合所学知识直接进行分析即可。

基因突变和染色体变异不仅仅是遗传学的知识，与生物的遗传与进化、种群与群落、生物技术与工程、甚至生命活动的调节等块面都有相互联系，题目可能同时涉及多个方面的知识。

由于基因突变和染色体变异方面有很多与课本关系紧密、但是没有纳入教材的知识，有可能作为创新题或信息题，需要根据题目信息学习理解相关生物学过程，并应用解题。

1. (2018 江苏) 下列过程不涉及基因突变的是 ( )

- A. 经紫外线照射后, 获得红色素产量更高的红酵母
- B. 运用 CRISPR/Cas9 技术替换某个基因中的特定碱基
- C. 黄瓜开花阶段用 2,4-D 诱导产生更多雌花, 提高产量
- D. 香烟中的苯并芘使抑癌基因中的碱基发生替换, 增加患癌风险

解析: 本题求不涉及基因突变的过程或现象, 逐个分析判断各选项。

选项 A, 用紫外线照射可以引起基因突变, 获得的红色素产量更高的红酵母就是由于紫外线诱发基因突变所得的新品种。排除。

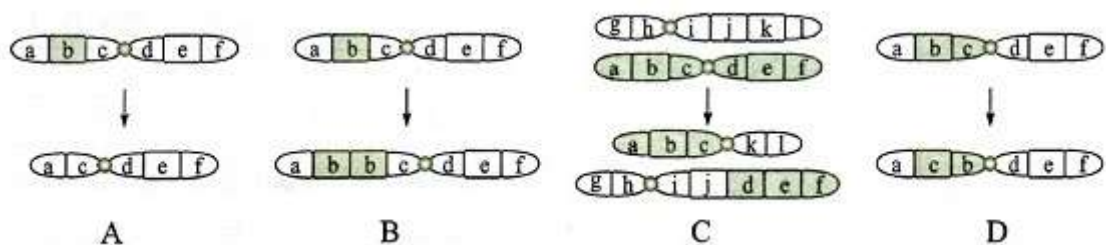
选项 B, 该技术将某个基因中的特定碱基替换掉, 碱基替换属于基因突变的类型。排除。

选项 C, 用 2,4-D 诱导黄瓜产生更多雌花, 属于植物的激素调节, 不涉及基因突变。备选。

选项 D, 苯并芘使抑癌基因中的碱基发生替换, 也属于基因突变的类型。排除。

本题选 C。

2. (2022 湖南) 大鼠控制黑眼/红眼的基因和控制黑毛/白化的基因位于同一条染色体上。某个体测交后代表现型及比例为黑眼黑毛: 黑眼白化: 红眼黑毛: 红眼白化=1:1:1:1。该个体最可能发生了下列哪种染色体结构变异 ( )



解析: 已知控制眼色和毛色的基因在同一条染色体上, 则颜色和毛色不会自由组合, 应当互相绑定。

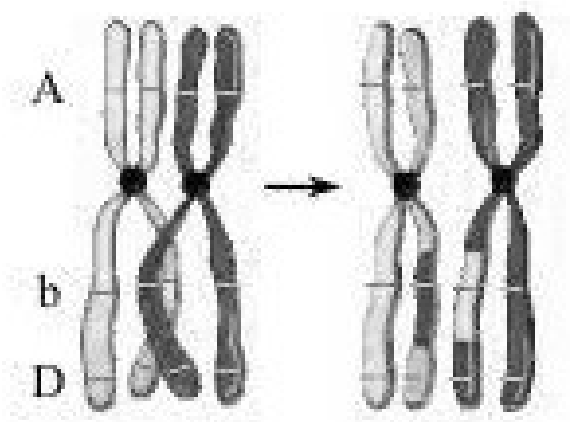
但是后代中有 4 种颜色和毛色的组合方式, 且比例为 1:1:1:1, 与

基因的自由组合定律一致。很可能是因为控制眼色或毛色的基因转移到其他染色体上，从而可以发生基因重组。

4 个选项中，选项 C 中的两条非同源染色体交换了部分片段，使得控制颜色和毛色的基因位于非同源染色体上，遵循自由组合定律。

本题选 C。

3. (2017 天津) 基因型为  $AaBbDd$  的二倍体生物，其体内某精原细胞减数分裂同时染色体变化示意图如图所示。叙述正确的是 ( )



- A. 三对等位基因的分离均发生在次级精母细胞中
- B. 该细胞能产生  $AbD$ 、 $ABD$ 、 $abd$ 、 $aBd$  四种精子
- C.  $B(b)$  与  $D(d)$  间发生重组，遵循基因自由组合定律
- D. 非姐妹染色体单体发生交换导致了染色体结构变异

解析：已知该二倍体生物的基因型为  $AaBbDd$ 。图中两条染色体形状相似且相互接触，可能是四分体时期的联会配对阶段。

箭头左边：左边浅色的染色体的基因型为  $AbD$ ，则右边深色的染色体的基因型应为  $aBD$ 。

箭头右边：两个染色体基因  $b$  对应的位置互相交换，则逐个分析判断各选项。

选项 A，三对等位基因的分离发生在初级精母细胞中，次级精母细胞中发生的是姐妹染色单体的分离。错误，排除。

选项 B，由于交换了基因片段  $B(b)$ ，因此该细胞能产生  $AbD$ 、

ABD、abd、aBd 四种精子。正确，备选。

选项 C，B(b)与 D(d)在同一条染色体上，它们之间发生重组是联会配对导致的，遵循的不是基因自由组合定律，(叫作连锁交换定律)。错误，排除。

选项 D，非姐妹染色体单体发生交换是正常的遗传行为，属于基因重组，并不导致染色体结构变异。错误，排除。

本题选 B。

4. (2020 江苏) 某膜蛋白基因在其编码区的 5'端含有重复序列 CTCTT CTCTT CTCTT，下列叙述正确的是 ( )

- A. CTCTT 重复次数改变不会引起基因突变
- B. CTCTT 重复次数增加提高了该基因中嘧啶碱基的比例
- C. 若 CTCTT 重复 6 次，则重复序列之后编码的氨基酸序列不变
- D. CTCTT 重复次数越多，该基因编码的蛋白质的相对分子质量越大

解析：已知某膜蛋白基因在其编码区的 5'端含有重复序列 CTCTT CTCTT CTCTT。需注意：该重复序列在基因的编码区，因此是基因的一部分，而不是非编码序列。

逐个分析判断各选项。

选项 A，由于 CTCTT 属于基因的一部分，因此重复次数改变将导致基因序列改变，会因此基因突变。错误，排除。

选项 B，根据碱基互补配对原则，双链 DNA 中嘧啶和嘌呤的数量总是相同。若 CTCTT 重复次数增加，则互补的另一条链中 GAGAA 的重复次数增加同样的数量。错误，排除。

选项 C，若 CTCTT 重复 6 次，则共包含  $5 \times 6 = 30$  个碱基，恰好编码 10 个氨基酸，对之后的编码氨基酸的序列无影响。正确，备选。

选项 D，虽然一般情况下 CTCTT 重复次数越多，编码的氨基酸越多，形成的肽链越长，但是从肽链到形成蛋白质还需要剪切、盘曲、



折叠成空间构型、形成亚基、亚基之间相互结合。过多 CTCTT 可所转转录得到的肽链可能不能正常剪切、盘曲、折叠、结合，反而导致最终得到蛋白质变小。错误，排除。

本题选 C。

本题选项 D 有较大误导性，需注意：多肽链并不等于蛋白质，多肽链的氨基酸序列属于蛋白质的一级结构，最终所形成的蛋白质具有四级结构：氨基酸序列，通过分子内部的氢键作用形成有规律的螺旋状或折叠状，盘绕形成立体结构（亚基），亚基之间相互结合。

5. (2028 全国 I) 某大肠杆菌能在基本培养基上生长，其突变体 M 和 N 均不能在基本培养基上生长，但 M 可在添加了氨基酸甲的基本培养基上生长，N 可在添加了氨基酸乙的基本培养基上生长。将 M 和 N 在同时添加氨基酸甲和乙的基本培养基中混合培养一段时间后，再将菌体接种在基本培养基平板上，发现长出了大肠杆菌 (X) 的菌落。据此判断，下列说法不合理的是 ( )

- A. 突变体 M 催化合成氨基酸甲所需酶的活性丧失
- B. 突变体 M 和 N 都是由于基因发生突变而得来的
- C. 突变体 M 的 RNA 与突变体 N 混合培养能得到 X
- D. 突变体 M 和 N 在混合培养期间发生了 DNA 转移

解析：已知某大肠杆菌能在基本培养基上生长，其突变体 M 和 N 均不能在基本培养基上生长。

M 可在添加了氨基酸甲的基本培养基上生长，则很可能 M 合成氨基酸甲的基因发生了变异。

N 可在添加了氨基酸乙的基本培养基上生长，则很可能 N 合成氨基酸乙的基因发生了变异。

将 M 和 N 在同时添加氨基酸甲和乙的基本培养基中混合培养一段时间，M 和 N 都能正常生长。

再将菌体接种在基本培养基平板上，发现长出了大肠杆菌 (X)

的菌落。X 能自行合成氨基酸甲和乙，可能 M 和 N 交换染色体后产生了 X，也可能 M 把可以合成氨基酸乙的基因传递给 N，还可能 N 把可以合成氨基酸甲的基因传递给 M。

逐个分析判断各选项。

选项 A，由于 M 不能在基本培养基上生长，可以在添加了氨基酸甲的培养基中生长，因此可能为 M 催化合成氨基酸甲所需酶的活性丧失。合理，排除。

选项 B，M 和 N 分别具有不同于最初的大肠杆菌性状，新的性状可能都是由于基因发生突变而得来的。合理，排除。

选项 C，RNA 不是细菌储存遗传信息的载体，若使用 DNA 则有可能。不合理，备选。

选项 D，由于产生了有新的性状的菌株 X，且具有 M 能合成氨基酸乙的性状和 N 突变体 M 和 N 能合成氨基酸甲的性状，有可能三在混合培养期间发生了 DNA 转移。合理，排除。

本题选 C。

6. (2022 广东) 为研究人原癌基因 Myc 和 Ras 的功能，科学家构建了三组转基因小鼠 (Myc、Ras 及 Myc+Ras, 基因均大量表达)，发现这些小鼠随时间进程体内会出现肿瘤 (图 4)。下列叙述正确的是 ( )

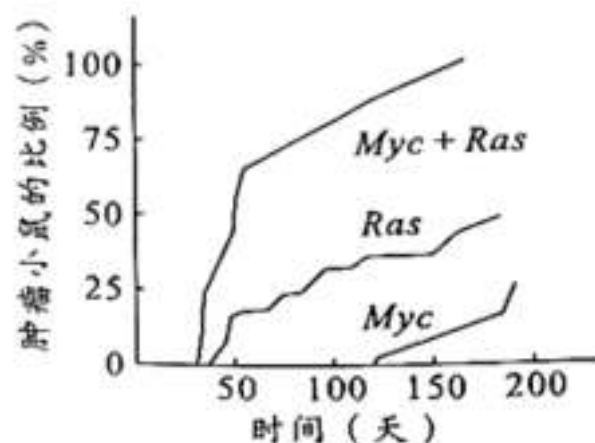


图 4

- A. 原癌基因的作用是阻止细胞正常增殖
- B. 三组小鼠的肿瘤细胞均没有无限增殖的能力
- C. 两种基因在人体细胞内编码功能异常的蛋白质
- D. 两种基因大量表达对小鼠细胞癌变有累积效应

解析: 已知 **Myc** 和 **Ras** 是原癌基因, 三组转基因小鼠分别为 **Myc**、**Ras**、**Myc+Ras**, 由于基因均大量表达, 于是小鼠患上肿瘤。

题图的横坐标为时间, 单位是“天”, 纵坐标为肿瘤小鼠的比例, 单位为“%”。观察 3 条曲线可知, **Myc+Ras** 的小鼠患肿瘤的比例增加最快, **Ras** 的小鼠较慢, **Myc** 的小鼠最慢。逐个分析判断各选项。

选项 A, 原癌基因的作用是促使细胞不正常增殖, 不是阻止细胞正常增殖。错误, 排除。

选项 B, 肿瘤细胞具有无限增值的能力。错误, 排除。

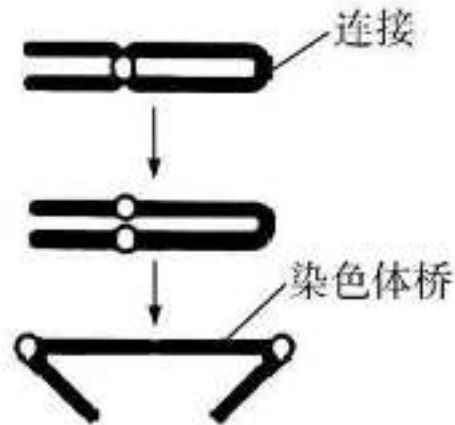
选项 C, 原癌基因的正常表达对于细胞正常的生长和增殖有重要作用, 错误表达才导致癌症。因此这两种基因在人体细胞内编码功能正常的蛋白质, 错误表达才引起异常。错误, 排除。

选项 D, 转入了两种基因 **Mc+Ras** 的小鼠患肿瘤的速率远快于只转入一种基因的小鼠, 因此两种基因大量表达对小鼠细胞癌变有累积效应。正确, 备选。

本题选 D。

累积效应是指每一个基因单独对某种性状的影响较小, 这些多个基因共同作用后, 对相应性状的影响急剧增大。

7. (2020 山东) 在细胞分裂过程中, 末端缺失的染色体因失去端粒而不稳定, 其姐妹染色单体可能会连接在一起, 着丝点分裂后向两极移动时出现“染色体桥”结构, 如图所示。若某细胞进行有丝分裂时, 出现“染色体桥”并在着丝点间任一位置发生断裂, 形成的两条子染色体移到细胞两极。不考虑其他变异, 关于该细胞的说法错误的是 ( )



- A. 可在分裂后期观察到“染色体桥”结构
- B. 其子细胞中染色体的数目不会发生改变
- C. 其子细胞中有的染色体上连接了非同源染色体
- D. 若该细胞基因型为  $Aa$ ，可能会产生基因型为  $Aaa$  的子细胞

解析：本题介绍了新的信息，需认真读题理解。结合题图可知：

（1）末端缺失的染色体因失去端粒而不稳定，其姐妹染色单体可能会连接在一起。上图中，上下两条染色体中间的圆环是着丝粒，两条染色体最右边连在了一起。

（2）着丝点分裂后向两极移动时出现“染色体桥”结构。中间的图中，着丝粒分开成两个，但是染色体右边仍然相连，形成躺着的“U”型。

（3）若某细胞进行有丝分裂时，出现“染色体桥”并在着丝点间任一位置发生断裂，形成的两条子染色体移到细胞两极。

由于断裂位置在着丝点间任一位置，有可能恰好在中，则两条染色体都正常。更可能不恰好在中，则一条长、一条短，可能一条染色体多了一些基因，另一条染色体少了这些基因。

由于形成的两条子染色体移到细胞两极，因此最终两个子细胞中染色体的数目仍然正常，但是很有可能一个子细胞的一些等位基因有 3 组，另一个子细胞中只有 1 组。

逐个分析判断各选项：

选项 A，已知“染色体桥”发生在着丝点分裂后，而着丝点分裂

是进入分裂后期的标志,因此可在分裂后期观察到“染色体桥”结构。  
正确,排除。

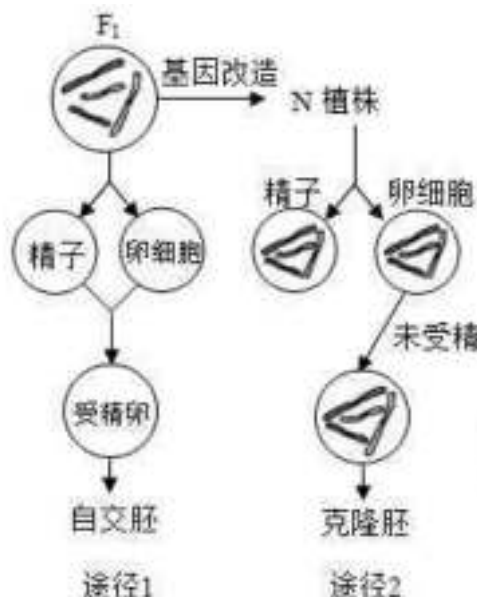
选项 B,已知形成的两条子染色体移到细胞两极,则两个子细胞中染色体的数目仍正常。正确,排除。

选项 C,已知“染色体桥”形成于姐妹染色单体之间,因此不会连接上非同源染色体。错误,排除。

选项 D,若“染色体桥”的断裂不均匀,则可能一条染色体“抢走”了另一条染色体的部分基因,导致一个子细胞的基因型为  $Aaa$ ,另一个子细胞为  $a$ 。正确,排除。

本题选 C。

8. (2019 天津) 作物 M 的  $F_1$  基因杂合,具有优良性状。 $F_1$  自交形成自交胚的过程见途径 1 (以两对同源染色体为例)。改造  $F_1$  相关基因,获得具有与  $F_1$  优良性状一致的 N 植株,该植株在形成配子时,有丝分裂替代减数分裂,其卵细胞不能受精,直接发育成克隆胚,过程见途径 2。据图回答:



(1) 与途径 1 相比,途径 2 中 N 植株形成配子时由于有丝分裂替代减数分裂,不会发生由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_导致的基因重组,也不会发生染色体数目\_\_\_\_\_。

(2) 基因杂合是保持  $F_1$  优良性状的必要条件。以  $n$  对独立遗传的等位基因为例,理论上,自交胚与  $F_1$  基因型一致的概率是\_\_\_\_\_,克隆胚与  $N$  植株基因型一致的概率是\_\_\_\_\_。

(3) 通过途径\_\_\_\_\_获得的后代可保持  $F_1$  的优良性状。

解析: 已知作物  $M$  的  $F_1$  基因杂合, 即  $M$  的  $F_1$  基因为杂合子, 可记作  $Aa$ 。

结合题图的途径 1,  $F_1$  自交形成自交胚的过程就是  $F_1$  的精子和卵细胞结合形成受精卵, 则后代的基因型遵循基因分离定律, 在非同源染色体上的基因之间遵循自由组合定律。

结合题图的途径 2, 基因改造过的植株  $N$  通过有丝分裂形成配子, 则配子中染色体的情况与体细胞相同。卵细胞不能受精, 直接发育成克隆胚, 则克隆胚的基因型与母代相同。

(1) 与途径 1 相比, 途径 2 的卵细胞与体细胞的染色体相同, 相当于体细胞培养,  $N$  植株形成配子时由于有丝分裂替代减数分裂, 不会发生由同源染色体的非姐妹染色单体之间交换基因片段和非同源染色体之间自由组合导致的基因重组, 也不会发生染色体数目减半。

(2) 基因杂合是保持  $F_1$  优良性状的必要条件。以  $n$  对独立遗传的等位基因为例, 杂合的基因型都是杂合子, 即  $Aa$ , 则每一对独立遗传的等位基因保持一致, 即也是杂合子的概率为  $\frac{1}{2}$ , 则  $n$  对独立遗传的等位基因都保持一致, 概率为  $\frac{1}{2^n}$ 。

克隆胚的卵细胞与植株体细胞的遗传物质相同, 不发生四分体时期同源染色体交换片段和非同源染色体自由组合, 因此与  $N$  植株基因型一致的概率是 100%。

(3) 由于若不发生突变, 则途径 2 的子代的基因型与亲代完全相同, 因此通过途径 2 获得的后代可保持  $F_1$  的优良性状。

## 第十一章 人类的遗传病

科学研究的重要用途是改善人们的生活。遗传学的规律和原理对于分析和预测人类的遗传病有重要意义。遗传病一般由基因突变或染色体变异产生，并且随染色体遗传给后代。有些遗传病还存在伴性遗传的现象。

人类遗传病的问题非常贴近现实应用，也非常考察和训练逻辑思维，需要像侦探破案一样，结合所学知识，寻找恰当的切入点，通过分析推理能力抽丝剥茧，将复杂情况一步一步梳理清晰，最终掌握整个谱系图中所有人员的基因型，或可能的基因型及概率。

遗传谱系图是分析遗传病的重要依据。根据婚配情况、父母和子女的患病情况，根据孟德尔遗传规律，可以分析出遗传病的致病基因是显性基因还是隐性基因。根据形成配子和受精的过程，还可以分析出遗传病的致病基因是在常染色体上、还是在 X 染色体上、还是在 Y 染色体上。遗传病的分析有时还需要使用概率和统计的知识进行计算。其原理和思路与孟德尔的遗传定律相同。

1. (2019 海南) 人苯丙酮尿症由常染色体上的隐性基因  $m$  控制，在人群中的发病极低。理论上，下列推测正确的是 ( )

- A. 人群中  $M$  和  $m$  的基因频率均为  $1/2$
- B. 人群中男性和女性患苯丙酮尿症的概率相等
- C. 苯丙酮尿症患者母亲的基因型为  $Mm$  和  $mm$  的概率相等
- D. 苯丙酮尿症患者与正常人婚配所生儿子患苯丙酮尿症的概率为  $1/2$

解析：已知人苯丙酮尿症由常染色体上的隐性基因  $m$  控制，不存在伴性遗传的现象。还已知该病在人群中的发病极低，表明致病基因  $m$  的频率也极低。逐个分析判断各选项。

选项 A，由于该病的发病极低，因此致病基因的频率也极低，不可能高达  $1/2$ 。错误，排除。

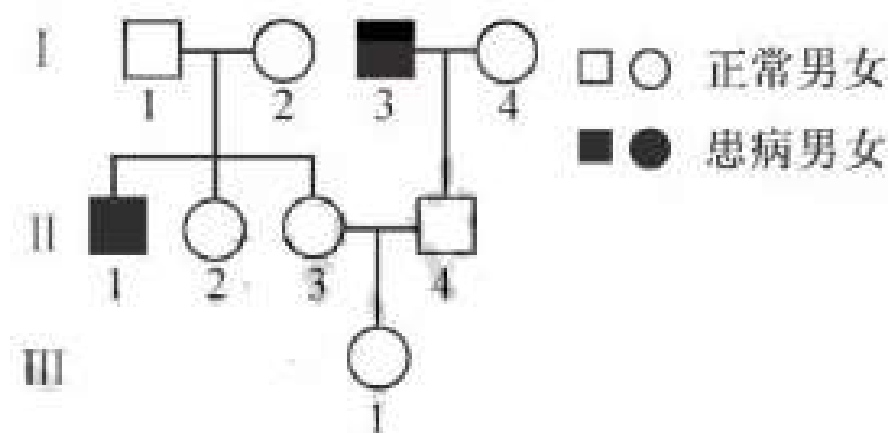
选项 B，由于该病的致病基因在常染色体上，不存在伴性遗传现象，因此男性和女性患病的概率相等。正确，备选。

选项 C，患者的基因型为  $mm$ ，其母亲可能为  $Mm$  或  $mm$ 。由于  $m$  的频率极低，因此其母亲基因型为  $Mm$  的概率远大于  $mm$ 。错误，排除。

选项 D，患者的基因型为  $mm$ ，正常人的基因型可能为  $MM$  或  $Mm$ 。由于  $m$  的频率极低，所以正常人的基因型为  $MM$  的概率远大于  $Mm$ ，所以所生儿子患病的概率远小于  $1/2$ 。错误，排除。

本题选 B。

2. (2019 江苏) (多选) 如图为某红绿色盲家族系谱图，相关基因用  $X^B$ 、 $X^b$  表示。人的 MN 血型基因位于常染色体上，基因型有 3 种： $L^M L^M$  (M 型)、 $L^N L^N$  (N 型)、 $L^M L^N$  (MN 型)。已知 I-1、I-3 为 M 型，I-2、I-4 为 N 型。下列叙述正确的是 ( )



A. II-3 的基因型可能为  $L^M L^N X^B X^B$

B. II-4 的血型可能为 M 型或 MN 型

C. II-2 是红绿色盲基因携带者的概率为  $1/2$

D. III-1 携带的  $X^b$  可能来自 I-3

解析：已知红绿基因在性染色体 X 上，MN 为共显性基因。分别分析各家庭成员的红绿色盲与 MN 血型情况。一般默认用方形表示男性，圆形表示女性。



红绿色盲：由于非红绿色盲的 I-1 与 I-2 产生了患红绿色盲的后代 II-1，因此红绿色盲为隐性基因  $X^b$ 。

由于 I-1 为不患病男性，因此其基因型为  $X^BY$ 。

由于 I-2 为不患病女性，且后代患病，因此其携带隐性致病基因，基因型为  $X^BX^b$ 。

II-1 为患病男性，基因型为  $X^bY$ 。

II-2 和 II-3 都为不患病女性，遗传自父亲的性染色体只能为  $X^B$ ，遗传自母亲的性染色体可能为  $X^B$  或  $X^b$ ，因此分别可能为不带致病基因的纯合子  $X^BX^B$  或带致病基因的杂合子  $X^BX^b$ ，二者相互独立。

I-3 为患病男性，基因型为  $X^bY$ 。

I-4 为不患病女性，基因型可能为  $X^BX^B$  或  $X^BX^b$ 。

II-4 为不患病男性，基因型只可能为  $X^BY$ 。且他是 I-3 和 I-4 的后代，遗传了 I-3 的 Y 染色体和 I-4 的  $X^B$  染色体。

III-1 是不患病女性，还是 II-3 和 II-4 的后代。她遗传了 II-4 的  $X^B$  染色体。若 II-3 是显性纯合子，则 III-1 的基因型为  $X^BX^B$ ；若 II-3 是杂合子，则 III-1 的基因型可能为  $X^BX^B$  或  $X^BX^b$ 。

MN 血型：因为 I-1 为 M 型，基因型为  $L^ML^M$ ，I-2 为 N 型，基因型为  $L^NL^N$ ，则他们的后代 II-1、II-2、II-3 的基因型都为  $L^ML^N$ ，血型都为 MN 型。

同理，因为 I-3 为 M 型，I-4 为 N 型，则 II-4 的血型也为 MN 型。

则 III-1 的血型可能为 M 型、N 型、MN 型，且比例为  $\frac{1}{4}:\frac{1}{4}:\frac{1}{2}$ 。

逐个分析判断各选项。

选项 A，II-3 的红绿色盲的基因型可能为  $X^BX^B$  或  $X^BX^b$ ，血型的基因型一定为  $L^ML^N$ ，因此其基因型可能为  $L^ML^NX^BX^B$ 。正确，备选。

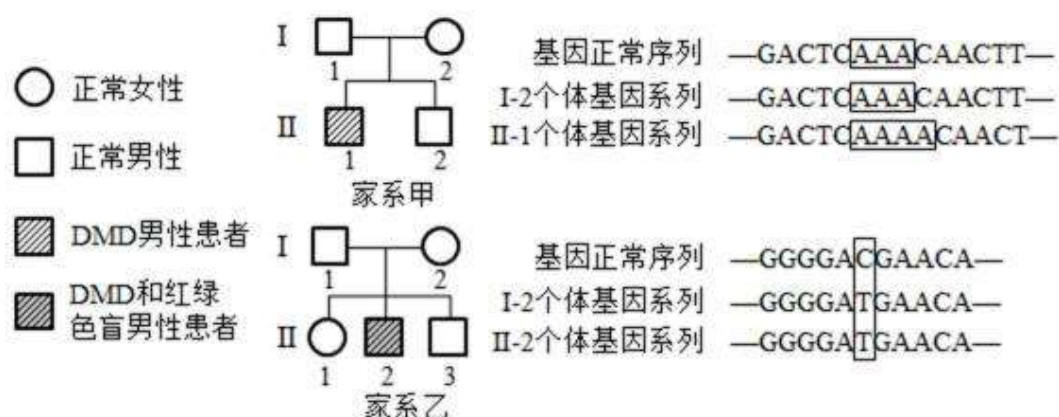
选项 B，II-4 的血型只可能为 MN 型。错误，排除。

选项 C，II-2 来自父亲的性染色体一定为  $X^B$ ，来自母亲的性染色体有一半概率为  $X^B$ ，一半概率为  $X^b$ ，因此为是红绿色盲基因携带者的概率为  $1/2$ 。正确，备选。

选项 D, III-1 的父亲 II-4 不患病, 因此来自父亲的性染色体一定为  $X^B$ , 因此其携带的  $X^b$  不可能来自祖父 I-3。错误, 排除。

本题选 AC。

3. (2021 河北) (多选) 杜氏肌营养不良 (DMD) 是由单基因突变引起的伴 X 隐性遗传病, 男性中发病率约为 1/4000。甲、乙家系中两患者的外祖父均表现正常, 家系乙 II-2 还患有红绿色盲。两家系部分成员 DMD 基因测序结果 (显示部分序列, 其他未显示序列均正常) 如图。下列叙述错误的是 ( )



- A. 家系甲 II-1 和家系乙 II-2 分别遗传其母亲的 DMD 致病基因
- B. 若家系乙 I-1 和 I-2 再生育一个儿子, 儿子患两种病的概率比患一种病的概率低
- C. 不考虑其他突变, 家系甲 II-2 和家系乙 II-1 婚后生出患 DMD 儿子的概率为 1/8
- D. 人群中女性 DMD 患者频率远低于男性, 女性中携带者的频率约为 1/4000

解析: 已知 DMD 是伴 X 隐性遗传病, 暂用  $X^d$  表示致病基因, 用  $X^D$  表示正常基因。因为男性中发病率约为 1/4000, 所以男性中该基因的频率为 1/4000。

已知甲、乙家系中两患者的外祖父均表现正常, 则母亲不患病, 有极小的可能为携带者。

已知家系乙 II-2 还患有红绿色盲, 红绿色盲为伴 X 染色体的隐

性遗传病，分别用  $X^B$  和  $X^b$  表示正常基因和致病基因。由于 DMD 和红绿色盲都是伴 X 隐性遗传，因此性状总是绑定，不遵循自由组合定律。

观察家系甲，父母的表现型均正常，父亲甲 I-1 的基因型一定为  $X^{DB}Y$ 。

两个儿子当中，甲 II-1 患 DMD，甲 II-2 不患病，表明母亲为携带者，母亲甲 I-2 的基因型为  $X^D X^d$ ，甲 II-1 的基因型为  $X^{dB}Y$ ，甲 II-2 的基因型为  $X^{DB}Y$ 。

由于两个儿子都没有红绿色盲，且分别遗传了母亲的两条不同的 X 染色体，因此可知母亲不携带红绿色盲基因，甲 I-2 的基因型为  $X^{DB}X^{dB}$ ，与母亲不同，因此其遗传病有可能是配子基因突变引起的。因此母亲的基因型不能排除  $X^{DB}X^{DB}$  的可能。

对照右边的基因序列，母亲甲 I-2 个体的基因序列与正常序列相同，儿子甲 II-1 多了一个碱基 A，将导致整个蛋白质表达都不正常，由此可知

观察家系乙：父母正常，父亲乙 I-1 的基因型一定为  $X^{DB}Y$ 。

由于后代中儿子乙 II-2 同时患 DMD 和红绿色盲，因此其基因型为  $X^{db}Y$ 。儿子 II-3 未患病，则其基因型也一定为  $X^{DB}Y$ 。据此可推知母亲乙 I-2 的基因型为  $X^{DB}X^{db}$ 。

女儿乙 II-1 的基因型可能为  $X^{DB}X^{DB}$  或  $X^{DB}X^{db}$ ，概率都为 1/2。

对照右边的基因序列，母亲乙 I-2 个体的基因序列与正常序列不同，一个 C 被替换为 T，患病的儿子乙 II-2 相同，因此 II-2 的遗传病很可能遗传自母亲。逐个分析判断各选项。

选项 A，家系甲中，母亲甲 I-2 个体的基因序列与正常序列相同，儿子 II-1 的 X 染色体的异常有可能源自配子的变异。异常的配子可能来自父亲也可能来自母亲。错误，备选。

选项 B，家系乙 I-1 的基因型为  $X^{DB}Y$ ，I-2 的基因型为  $X^{DB}X^{db}$ 。若再生育一个儿子，则儿子要么患两种病，要么不患病，概率均为

1/2，不可能只患一种病，概率为0。错误，备选。

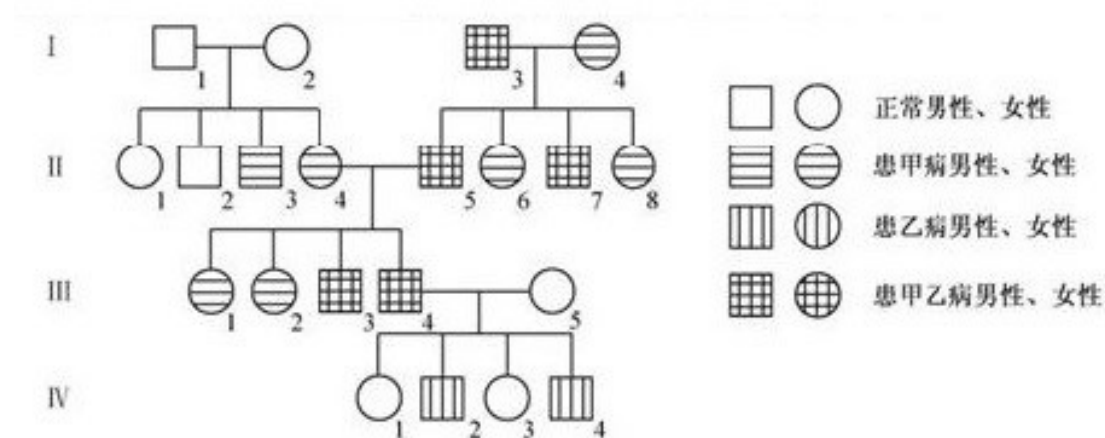
选项 C，家系甲 II-2 的基因型为  $X^{DB}Y$ ，家系乙 II-1 的基因型为  $X^{DB}X^{db}$  的概率为 1/2，将  $X^{db}$  遗传给后代的概率为 1/2，婚后生出儿子的概率为 1/2，总的概率为  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ ，正确，排除。

选项 D，由于 DMD 是伴 X 隐性遗传病，男性发病率为 1/4000，则基因频率也为 1/4000，女性患病的概率为  $1/4000^2$ 。错误，备选。

本题选 ABD。

本题除需分析遗传谱系图外，还需根据基因序列是否异常，判断变异是因为父母本身有致病基因，还是来自形成配子时产生的变异。

4. (2019 浙江 4 月) 下图为甲、乙两种遗传病（其中一种为伴性遗传）的某遗传家系图，家系中无基因突变发生，且 I<sub>4</sub> 无乙病基因。人群中这两种病的发病率均为 1/625。



下列叙述正确的是 ( )

A. 若 IV<sub>2</sub> 的性染色体组成为 XXY，推测 III<sub>4</sub> 发生染色体畸变的可能性大于 III<sub>5</sub>

B. 若 III<sub>4</sub> 与 III<sub>5</sub> 再生 1 个孩子，患甲病概率是 1/26，只患乙病概率是 25/52

C. II<sub>1</sub> 与 IV<sub>3</sub> 基因型相同的概率是 2/3，与 III<sub>5</sub> 基因型相同的概率是 24/39

D. 若 II<sub>1</sub> 与人群中某正常男性结婚，所生子女患病的概率是 1/39

解析：已知甲、乙两种遗传病，且一种为伴性遗传，需判断哪一种是伴性遗传，还需分别判断两种遗传病的致病基因是显性还是隐性。家系图分别用横线和竖线表示两种遗传病。

根据未患病的 I-1 和 I-2 产生患甲病的子女 II-3 和 II-4 可知，甲病的致病基因为隐性基因。

图中患乙病的都为男性，没有女性患乙病，且患乙病男性的所有男性后代都患乙病，不患乙病男性的所有男性后代都不患乙病，可推测乙病可能为伴 Y 染色体遗传。由于男性只有一条 Y 染色体，所以伴 Y 染色体的体遗传不需要考虑显性还是隐性，有就是有，无就是无。

还已知 I<sub>4</sub> 无乙病基因，印证了上述推测。

人群中这两种病的发病率均为  $1/625$ ，甲病为隐性致病基因，该基因的频率为  $\sqrt{1/625} = 1/25$ 。乙病为伴 Y 染色体的疾病，含该致病基因的占  $1/625$ 。

用 A 和 a 表示甲病的正常基因和致病基因，用 Y<sup>b</sup> 表示乙病的致病基因。根据上述结论，家系图中所有人的基因型为：

父母：I-1 为 AaXY，I-2 为 AaXX。

后代：II-1 为 AAXX 或 AaXX，概率分别为  $\frac{1}{3}$  和  $\frac{2}{3}$ 。II-2 为 AAXY 或 AaXY，概率分别为  $\frac{1}{3}$  和  $\frac{2}{3}$ 。II-3 为 aaXY，II-4 为 aaXX。

父母：I-3 为 aaXY<sup>b</sup>，I-4 为 aaXX。

后代：II-5 为 aaXY<sup>b</sup>，II-6 为 aaXX，II-7 为 aaXY<sup>b</sup>，II-8 为 aaXX。

父母：II-4 为 aaXX，II-5 为 aaXY<sup>b</sup>。

后代：III-1 和 III-2 都为 aaXX，III-3 和 III-4 都为 aaXY<sup>b</sup>。

父母：III-4 为 aaXY<sup>b</sup>。

III-5 未知，可能为 AAXX 或 AaXX，由于甲病致病基因的频率为  $1/25$ ，因此所有人当中 AAXX 的概率为  $(\frac{24}{25})^2$ ，AaXX 的概率为  $2 \times \frac{24}{25} \times \frac{1}{25}$ 。又因为已知 III-5 未患病，因此 III-5 的基因型为 AAXX 的

概率为  $(\frac{24}{25})^2 / ((\frac{24}{25})^2 + 2 \times \frac{24}{25} \times \frac{1}{25}) = \frac{12}{13}$ ，为 AaXX 的概率为  $\frac{1}{13}$ 。

后代：若 III-5 为 AAXX，则 IV-1 和 IV-3 一定都为 AaXX，IV-2 和 IV-4 都为 AaXY<sup>b</sup>。

若 III-5 为 AaXX，则 IV-1 和 IV-3 也一定都为 AaXX，IV-2 和 IV-4 也一定都为 AaXY<sup>b</sup>。

逐个分析判断各选项。

选项 A，若 IV<sub>2</sub> 的性染色体组成为 XXY，多一条 X 染色体，根据已知信息无法判断多出来的一条 X 染色体是 III-4 形成配子时发生畸变导致 X 和 Y 未分开，还是 III-5 形成配子时发生畸变有一个配子中有两条 X 染色体。无法推测，排除。

选项 B，III-4 的基因型为 aaXY<sup>b</sup>。III-5 的基因型为 AAXX 的概率为  $\frac{12}{13}$ ，为 AaXX 的概率为  $\frac{1}{13}$ 。若再生一个孩子，则患甲病的概率等于“III-5 的基因型等于 AaXX 的概率”乘以“遗传到含 a 的配子的概率”，为： $\frac{1}{13} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{26}$ 。

只患乙病需满足两个条件：不患甲病，患乙病。不患甲病的概率为  $1 - \frac{1}{26} = \frac{25}{26}$ ，患乙病的概率等于遗传到 Y<sup>b</sup> 染色体的概率，为  $\frac{1}{2}$ 。所以只患乙病的概率为  $\frac{25}{26} \times \frac{1}{2} = \frac{25}{52}$ 。

正确，备选。

选项 C，II-1 的基因型为 AAXX 的概率为  $\frac{1}{3}$ ，为 AaXX 的概率都为  $\frac{2}{3}$ 。

IV-3 的基因型一定为 AaXX。

III-5 的基因型为 AAXX 的概率为  $(\frac{24}{25})^2 / ((\frac{24}{25})^2 + 2 \times \frac{24}{25} \times \frac{1}{25}) = \frac{12}{13}$ ，为 AaXX 的概率为  $\frac{1}{13}$ 。

根据上述数据，II-1 与 IV-3 基因型相同的概率是  $\frac{2}{3}$ ，正确。

II-1 与 III-5 基因型相同的概率  $\frac{1}{3} \times \frac{12}{13} + \frac{2}{3} \times \frac{1}{13} = \frac{14}{39}$ ，错误。

一半正确，一半错误，排除。

选项 D，II-1 的基因型为 AAXX 的概率为  $\frac{1}{3}$ ，为 AaXX 的概率都为  $\frac{2}{3}$ 。

人群中正常男性一定不携带乙病的致病基因，是甲病携带者的概率为  $\frac{1}{13}$ ，不携带甲病致病基因的概率为  $\frac{12}{13}$ ，则所生子女患病的概率为  $\frac{2}{3} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{13} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{78}$ 。错误，排除。

本题选 B。

本题难度较高，涉及到致病基因类型的推测、基因频率的计算等多方面内容，计算量也比较大，需要对相关知识非常牢固和较强的综合分析能力。

5. (2017 全国 II) 人血友病是伴 X 隐性遗传病。现有一对非血友病夫妇生出了两个非双胞胎女儿。大女儿与一个非血友病男子结婚并生出了一个患血友病的男孩。小女儿与一个非血友病的男子结婚，并已怀孕。回答下列问题：

(1) 用 “◇” 表示尚未出生的孩子，请画出该家系的系谱图，以表示该家系成员血友病的患病情况。

(2) 小女儿生出患血友病男孩的概率为；假如这两个女儿基因型相同，小女儿生出患血友病基因携带者女孩的概率为。

(3) 已知一个群体中，血友病基因频率和基因型频率保持不变，且男性群体和女性群体的该致病基因频率相等。假设男性群体中血友病患者的比例为 1%，该男性群体中血友病致病基因频率为；在女性群体中携带者的比例为。

解析:(1)由于血友病是伴X隐性遗传病,用 $X^B$ 表示正常基因, $X^b$ 表示血友病基因。则正常男性的基因型为 $X^BY$ ,正常女性(非携带者)的基因型为 $X^BX^B$ ,女性携带者的基因型为 $X^BX^b$ 。男性患者的基因型为 $X^bY$ ,女性患者的基因型为 $X^bX^b$ 。

用正方形表示男性,圆形表示女性, $\diamond$ 表示未出生的孩子。白色表示未患病,涂黑表示患血友病。

(a)一对夫妇为非血友病,可知父亲的基因型为 $X^BY$ ,母亲可能为非携带者或携带者。分别用白色正方形和白色圆形表示,列在第一行并用横线相连。

(b)生出了两个非双胞胎女儿,由于父亲未患病,因此两个女儿一定都不患病,可能为携带者,用两个白色正方形表示。

(c)大女儿与一个非血友病男子(白色正方形)结婚并生出了一个患血友病的男孩(黑色正方形),由于该男子不患病,基因型为 $X^BY$ 。男孩患病,基因型为 $X^bY$ ,则其 $X^b$ 基因一定来自母亲,因此大女儿的基因型为 $X^BX^b$ 。

大女儿的致病基因只可能来自她的母亲,因此最年长的夫妇中,女性的基因型为 $X^BX^b$ 。

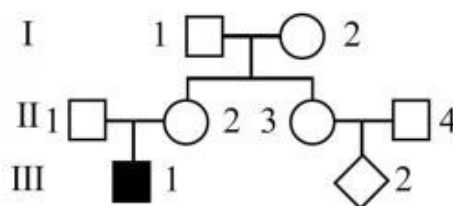
(d)小女儿有一半概率为非携带者,一半概率为携带者。

若其为非携带者,则后代无论男女,一定不患病。

若其为携带者,则:(d-a)若后代是儿子,则有一半概率患病,一半概率正常。(d-b)若后代是女儿,则有一半概率是非携带者,一半概率是携带者。

由于题目明确用“ $\diamond$ ”表示尚未出生的孩子,不需要在作图时考虑是否患病。

根据以上信息,作图如下:





(2) 小女儿 II-3 为携带者的概率为  $\frac{1}{2}$ ，将致病基因遗传给 III-2 的概率为  $\frac{1}{2}$ ，另一方面，父亲将 Y 染色体遗传给后代的概率也为  $\frac{1}{2}$ ，综上，III-2 是患血友病男孩的概率为  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 。

由于大女儿为携带者，假如这两个女儿基因型相同，则小女儿也为携带者，基因型为  $X^B X^b$ ，将致病基因遗传给后代的概率为  $\frac{1}{2}$ ，父亲将  $X^B$  染色体遗传给后代的概率也为  $\frac{1}{2}$ ，则生出血友病基因携带者女孩的概率为  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 。

(3) 假设男性群体中血友病患者的比例为 1%，则 1% 的男性的基因型为  $X^b Y$ ，99% 的男性的基因型为  $X^B Y$ 。

全体男性的所有的 X 染色体中， $X^b$  占 1%， $X^B$  占 99%，因此致病基因的频率为 0.01。

由于男性群体和女性群体的该致病基因频率相等，因此女性群体中  $X^b$  的频率也为 0.01，则  $X^B$  的频率为 0.99。

还已知血友病基因频率和基因型频率保持不变，因此后代的基因型与各代都相同，可以用后代的概率表示整个群体的概率。

因为男性群体和女性群体的该致病基因频率相等，所以所有女性后代的两条 XX 染色体，分别有 0.99 的概率遗传到父亲的  $X^B$ ，0.01 的概率遗传到父亲的  $X^b$ ；同时，也有 0.99 的概率遗传到母亲的  $X^B$ ，0.01 的概率遗传到母亲的  $X^b$ 。

则女性后代非携带者的概率为  $0.99^2$ ，女性患者的概率为  $0.01^2$ ，女性携带者的概率为  $2 \times 0.99 \times 0.01$ （分别来自父亲或来自母亲）。

即：在女性群体中携带者的比例为  $2 \times 0.99 \times 0.01 = 0.0198 = 1.98\%$ 。

6. (2020 海南) 人类有一种隐性遗传病 (M), 其致病基因  $a$  是由基因  $A$  编码序列部分缺失产生的。从人组织中提取 DNA, 经酶切、电泳和 DNA 探针杂交得到条带图, 再根据条带判断个体的基因型。如果只呈现一条带, 说明只含有基因  $A$  或  $a$ ; 如果呈现两条带, 说明同时含有基因  $A$  和  $a$ 。对左图所示某家族成员 1~6 号分别进行基因检测, 得到的条带图如图所示。



回答下列问题。

- (1) 基因  $A$  的编码序列部分缺失产生基因  $a$ , 这种变异属于。
- (2) 基因  $A$ 、 $a$  位于 (填 “常” “X” 或 “Y”) 染色体上, 判断依据是。
- (3) 成员 8 号的基因型是。
- (4) 已知控制白化病和  $M$  病的基因分别位于两对同源染色体上, 若 7 号是白化病基因携带者, 与一个仅患白化病的男性结婚, 他们生出一个同时患白化病和  $M$  病孩子的概率是。

解析: 已知如果只呈现一条带, 说明只含有基因  $A$  或  $a$ ; 如果呈现两条带, 说明同时含有基因  $A$  和  $a$ 。观察成员编号和条带图, 1 只有基因  $A$ , 2 只有基因  $a$ 。如果基因  $A$ 、 $a$  位于常染色体上, 则 1 的基因型为  $AA$ , 2 的基因型为  $aa$ , 他们的后代 3、4、5 的基因型都一定为  $Aa$ 。但是 4 只有基因  $A$ , 与母亲 1 相同, 因此基因  $A$  位于  $X$  染色体上。

已知隐性遗传病  $M$  由隐性基因  $a$  引起, 结合条带信息可得:

- 1 为女性, 基因型为  $X^A X^A$ , 不患病。
- 2 为男性, 基因型为  $X^a Y$ , 患病。
- 3 为女性, 基因型为  $X^A X^a$ , 不患病。

4 为男性, 基因型为  $X^AY$ , 不患病。

5 为女性, 基因型为  $X^AX^a$ , 不患病。

6 为男性, 基因型为  $X^AY$ , 不患病。

7 为 5 和 6 的女性后代, 基因型可能为  $X^AX^A$  或  $X^AX^a$ , 概率各为  $1/2$ , 都不患病。

8 为 5 和 6 的男性后代, 可能为  $X^AY$  (不患病); 或  $X^aY$  (患病)。概率各为  $1/2$ 。

(1) 由于编码序列部分缺失导致的变异属于基因突变。

(2) 基因 A、a 位于 X 染色体上, 判断依据是只有 A 基因的女性 1 与只有 a 基因的男性 2 产生了只有 A 基因的男性后代 4。

(3) 成员 8 号的基因型是  $X^AY$  或  $X^aY$ 。

(4) 已知控制白化病和 M 病的基因分别位于两对同源染色体上, 则遵循自由组合定律。

根据“若 7 号是白化病基因携带者”可判断白化病为隐性致病基因, 用 B 和 b 分别标记正常基因和白化病基因, 则 7 号的基因型有  $1/2$  的概率为  $BbX^AX^a$ , 有  $1/2$  的概率为  $BbX^AX^A$ 。

仅患白化病的男性的基因型为  $bbX^AY$ 。

若他们结婚, 生出患白化病的孩子的概率为  $\frac{1}{2}$  (母亲有  $\frac{1}{2}$  的概率将 b 遗传给后代), 生出患 M 病的孩子的概率为  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$  (母亲有  $\frac{1}{2}$  的概率基因型为  $BbX^AX^a$ , 此时有  $\frac{1}{2}$  的概率将基因  $X^a$  遗传给后代, 且父亲有  $\frac{1}{2}$  的概率将 Y 染色体遗传给后代)。综上, 孩子同时患两种病的概率为  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{16}$ 。

## 第十二章 生物的进化

生物的进化主要包括达尔文的进化论和现代进化理论两部分。达尔文的进化论是通过对大量的生物现象进行分析，总结概括得到的理论，其核心是随机变异和自然选择。现代进化理论的原理是遗传学，即基因的遗传和频率。

关于生物的进化的题目比较少见，且大都较为简单。关于达尔文的进化论的问题大多以概念辨析和事实分析为主，只要理解了建立进化论几条重要事实和推论之间的逻辑关系，以及随机变异和自然选择致使生物进化的原理，通过逻辑分析和常识判断，就可以顺利地解决问题。

现代进化理论与遗传学部分一脉相承，从基因的角度解释了形成新物种的原理，相应的生命过程、数学计算与遗传学相同，需要一定的列出数量关系、解方程组的基本数学能力。

1. (2018 海南) 为判断生活在不同地区的两个种类的鸟是否属于同一物种，下列做法合理的是 ( )

- A. 了解这两个种群所在地区之间的距离后作出判断
- B. 观察这两个种群个体之间是否存在生殖隔离现象
- C. 将两个种群置于相同环境条件下，比较其死亡率
- D. 将两个种群置于相同环境条件下，比较其出生率

解析：判断两个生物是否属于同一物种的核心区别是是否存在生殖隔离，即是否能交配并产生可生育的后代。形态外观、生活环境等因素都只能作为辅助判断的依据。逐个分析判断各选项。

选项 A，由于很多物种可以进行长距离迁徙，并且从地理隔离到形成生殖隔离需要时间过程，因此通过两个种群所在地区之间的距离无法作出合理判断，排除。

选项 B，是否存在生殖隔离是判断两个种群是否为同一物种的核心因素，合理，备选。

选项 C 和 D, 种群的出生率和死亡率的影响因素非常复杂, 即使数据相近也无法反映出两个物种之间的亲缘关系。排除。

本题选 B。

2. (2018 海南) 甲、乙两物种在某一地区共同生存了上百万年, 甲以乙为食。下列叙述错误的是 ( )

- A. 甲、乙的进化可能与该地区环境变化有关
- B. 物种乙的存在与进化会阻碍物种甲的进化
- C. 若甲是动物, 乙可能是植物, 也可能是动物
- D. 甲基因频率改变可能引起乙基因频率的改变

解析: 已知甲、乙两物种在某一地区共同生存了上百万年, 甲以乙为食, 则甲、乙之间既可能存在协同进化。逐个分析判断各选项。

选项 A, 生物的进化一般都与环境变化有关, 甲、乙生存的时间足够长, 肯定经历了环境的变化。正确, 排除。

选项 B, 物种之间一般不会阻碍进化, 只会促进进化, 或者不产生影响。甲以乙为食, 则甲、乙之间应当存在协同进化。错误, 备选。

选项 C, 若甲是植食性动物, 则乙是植物; 若甲是肉食性动物, 则乙是动物。正确, 排除。

选项 D, 由于甲以乙为食, 则甲、乙之间应当存在协同进化, 若甲基因频率改变导致甲的捕食行为改变, 则一般会引起乙基因频率的改变, 令乙更有利于逃脱捕食的基因频率增加。正确, 排除。

本题选 B。

3. (2017 浙江 4 月) 经调查发现, 某地区菜青虫种群的抗药性不断增强, 其原因是连续多年对菜青虫使用农药。下列叙述正确的是 ( )

- A. 使用农药导致菜青虫发生抗药性变异
- B. 菜青虫抗药性的增强是人工选择的结果
- C. 通过选择导致菜青虫抗药性变异不断积累

D. 环境是造成菜青虫抗药性不断增强的动力

解析：已知某地区菜青虫种群的抗药性不断增强，其原因是连续多年对菜青虫使用农药，很可能为农药对菜青虫进行了选择，通过杀死不抗农药的品系，保留抗农药的品系，最终得到抗药的菜青虫，且随着用药逐渐增强。逐个分析判断各选项。

选项 A，一般使用农药起到筛选的作用，并非导致菜青虫发生变异。错误，排除。

选项 B，人工选择是选择人类所需要的性状，菜青虫的抗药性显然不是人类所需要的性状。使用农药使菜青虫抗药性的增强属于自然选择的结果。错误，排除。

选项 C，通过农药的选择，没有抗药性或抗药性若的菜青虫被消灭，只有抗药性变异足够多的菜青虫能够生存并反之，不断积累抗药基因。正确，备选。

选项 D，选择是物种进化的动力，环境是生物生存的因素之和。错误，排除。

本题选 C。

4. (2021 浙江 1 月) 选择是生物进化的重要动力。下列叙述正确的是 ( )

- A. 同一物种的个体差异不利于自然选择和人工选择
- B. 人工选择可以培育新品种，自然选择不能形成新物种
- C. 自然选择保存适应环境的变异，人工选择保留人类所需的变异
- D. 经自然选择，同一物种的不同种群的基因库发生相同的变化

解析：本题涉及选择与进化的知识，直接分析判断各选项。

选项 A，个体差异使得同一物种的不同个体对不同条件的适应能力不同，是能进行自然选择和人工选择的前提。错误，排除。

选项 B，人工选择可以形成新的物种，现在地球上种类丰富的物种绝大多数都是由自然选择形成的。错误，排除。

选项 C，自然选择保存适应环境的变异，人工选择保留人类所需的变异。正确，备选。

选项 D，不同的环境有不同的自然选择效果，具有不同性状的个体更适于生存繁殖，使得不同种群的基因库发生不同的变化。错误，排除。

本题选 C。

5. (2021 河北) 雄性缝蝇的求偶方式有：①向雌蝇提供食物；②用丝缕简单缠绕食物后送给雌蝇；③把食物丝球送给雌蝇；④仅送一个空丝球给雌蝇。以上四种方式动能求偶成功。下列叙述错误的是( )

- A. 求偶时提供食物给雌蝇有利于其繁殖，是一种适应性行为
- B. ④是一种仪式化行为，对缝蝇繁殖失去进化意义
- C. ③是雌蝇对雄蝇长期选择的结果
- D. ④可能由③进化而来

解析：已知雄性缝蝇有 4 种求偶方式，其中前三种都给雌蝇带来了实际的好处，第四种只有形式上的意义。这四种求偶方式得以存在，表明雄蝇可通过这些行为发出求偶信号，雌蝇可以识别这些信号。逐个分析判断各选项。

选项 A，求偶时提供食物给雌蝇，可以为雌蝇繁殖后代提供营养，有利于其繁殖，是一种适应性行为。正确，排除。

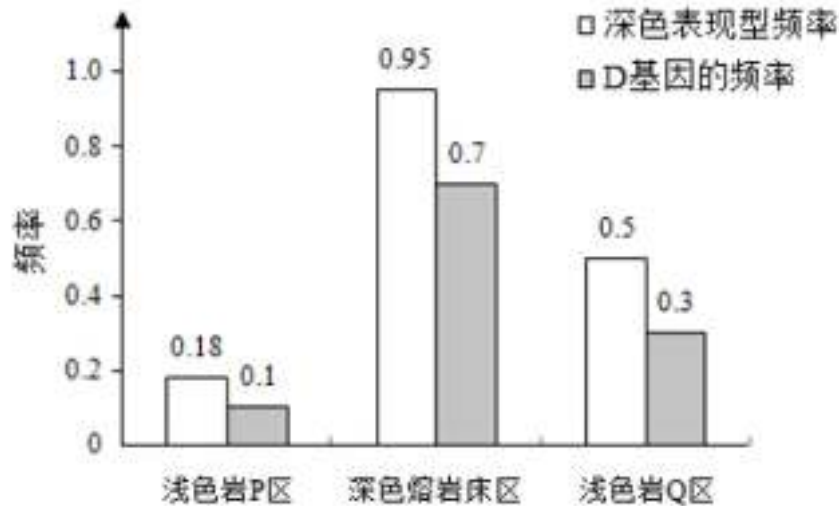
选项 B，虽然④是一种仪式化行为，但仍是雄蝇与雌蝇之间沟通信息的信号，且省去了雄蝇专门获取并加工食物的程序，因此对缝蝇的繁殖具有进化意义。错误，备选。

选项 C，四种求偶方式都是雌蝇对雄蝇长期选择的结果。正确，排除。

选项 D，④与③都是雄蝇把丝球送给雌蝇，区别在于丝球中有没有食物，④可能由③进化而来，正确，排除。

本题选 B。

6. (2019 天津) 囊鼠的体毛深色 (D) 对浅色 (d) 为显性, 若毛色与环境差异大则易被天敌捕食。调查不同区域囊鼠深色表现型频率, 检测并计算基因频率, 结果如图。下列叙述错误的是 ( )



- A. 深色囊鼠与浅色囊鼠在不同区域的分布现状受自然选择影响
- B. 与浅色岩 P 区相比, 深色熔岩床区囊鼠的杂合体频率低
- C. 浅色岩 Q 区的深色囊鼠基因型为 DD、Dd
- D. 与浅色岩 Q 区相比, 浅色岩 P 区囊鼠的隐性纯合体频率高

解析: 已知囊鼠的体毛深色 (D) 对浅色 (d) 为显性, 若毛色与环境差异大则易被天敌捕食。

观察柱状图, 白框表示深色表现型的频率, 灰框表示深色基因 D 的频率。

第一组: 浅色岩 P 区的环境颜色为浅色, 则应当浅色的囊鼠更容易生存。深色表现型的频率只有 0.18, 则浅色表现型的频率为 0.82, 符合推断。浅色表现型的基因型都为 dd, 深色中有部分为 DD, 部分为 Dd。每一组数据中, 深色表现型当中 DD 和 Dd 的比例可根据数据进行计算得到, 根据选项要求计算即可。

第二组: 深色熔岩床区的环境颜色为深色, 则应当深色的囊鼠更容易生存。深色的表现型的频率为 0.95, 基因 D 的频率为 0.7. 符合推断。

第三组: 浅色岩 Q 区的环境颜色为浅色, 但是深色表现型的比



例达到 0.5，与浅色一致，且 D 基因的频率为 0.3、可能有其他因素也影响囊鼠的生存。

逐个分析判断各选项。

选项 A，根据“毛色与环境差异大则易被天敌捕食”可知，深色囊鼠与浅色囊鼠在不同区域的分布现状受自然选择影响。正确，排除。

选项 B，浅色岩 P 区深色小鼠的频率为 0.18，设其中 DD 的频率为  $x$ ，则 Dd 的频率为  $0.18-x$ 。浅色小鼠的频率为 0.82，都为 dd。

则 D 基因与 d 基因的频率之比为  $\frac{2x+(0.18-x)}{0.18-x+2\times 0.82}$ 。还已知 D 基因的频率为 0.1，则 d 基因的频率为 0.9，可得： $\frac{2x+(0.18-x)}{0.18-x+2\times 0.82} = \frac{0.1}{0.9}$ ，解得  $x=0.02$ 。所以杂合体的频率为  $0.18-0.02=0.16$

按照同样的方法，可求得深色熔岩床区杂合体的频率为 0.50。

所以与浅色岩 P 区相比，深色熔岩床区囊鼠的杂合体频率高。错误，备选。

选项 C，按照上述方法，可求得浅色岩 Q 区中，DD 的频率为 0.1，Dd 的频率为 0.4，所以基因型为 DD、Dd 两种。正确，排除。

选项 D，隐性纯合体的频率就是浅色囊鼠的频率，根据柱状图中的数据可得：浅色岩 Q 区为  $1-0.5=0.5$ ，浅色岩 P 区为  $1-0.18=0.82$ 。P 区比 Q 区的隐性纯合体频率高。正确，排除。

本题选 B。

本题涉及表现型的比例与基因型的比例计算，需一定的数学能力。

## 第十三章 人体的内环境与稳态

人体的内环境与稳态与其说是知识，更像是一种原理，即人体要维持内环境稳定的趋势。人体内环境的参数主要有温度、渗透压、酸碱度等，若某个参数向一个方向移动，则机体的调节作用会将参数拉回原来的数值，有些类似化学平衡中的勒夏特列原理。

人体维持内环境的稳态，主要通过神经调节、体液调节、免疫调节等方式实现，因此内环境的稳态经常与相应的调节方式一同考察，在分析解决具体调节方式的题目时，也要经常带着“稳态”“平衡”的思路。其中，体液调节与温度、渗透压、酸碱度等参数的联系最紧密，神经调节次之，免疫调节最少。

单纯考察人体的内环境与稳态的题目难度较低，只要掌握温度、渗透压、酸碱度的决定因素，根据变化方向提出反方向的作用就行。由于主要涉及人体，还可以结合生活中的经验和常识帮助判断。需注意辨析细胞外液与细胞内液、人体的外环境与内环境等几组概念。

1. (2019 全国Ⅲ) 下列不利于人体散热的是 ( )

- A. 骨骼肌不自主战栗
- B. 皮肤血管舒张
- C. 汗腺分泌汗液增加
- D. 用酒精擦拭皮肤

解析：要利于人体散热，要么通过皮肤血管扩张、分泌汗液等人体本身散热的反应，要么降低体表的温度，促进人体与环境的热量交换。逐个分析判断各选项：

选项 A，骨骼肌不自主战栗主要用于产生热量、保持体温，对散热没有促进作用。备选。

选项 B，皮肤血管扩张，有利于通过血液循环将热量从体表散发出去。排除。

选项 C，汗腺分泌汗液增加是散热的重要途径。排除。

选项 D，用酒精擦拭皮肤，利用酒精蒸发吸热降低体表温度，促进散热。排除。

本题选 A。

本题也可以根据生活常识判断，想象一下人热的时候会有哪些反应或措施，容易排除选项 C 和 D，选项 B 难以根据生活常识判断，而选项 A 是人冷是才会有的反应，可能性更大。

2. (2018 海南) 当人突然遇到寒冷环境时，不会发生的是 ( )

- A. 体温仍然能够保持相对恒定
- B. 蜷缩身体，减少体表与外界接触面积
- C. 下丘脑感受到温度下降
- D. 肾上腺素分泌减少，心率减慢

解析：当人突然遇到寒冷环境时，通常会发生增加产热、减少散热的反应。逐个分析判断各选项：

选项 A，人体有维持内环境稳态的机能，且体温是内环境稳态的重要参数，因此人的体温仍能保持相对恒定。正确，排除。

选项 B，蜷缩身体减少热交换的面积可以减少散热。正确，排除。

选项 C，下丘脑有感觉温度变化的功能。正确，排除。

选项 D，肾上腺素分泌应当增加，心率加快，加快新陈代谢的产热以维持体温。错误，排除。

本题选 D。

3. (2019 全国 II) 当人体失水过多时，不会发生的生理变化是 ( )

- A. 血浆渗透压升高
- B. 产生渴感
- C. 血液中的抗利尿激素含量升高
- D. 肾小管对水的重吸收降低

解析：当人体失水过多时，体液的渗透压会增大，会发生减少水分散失、促使人摄取水分的反应。逐个分析判断各选项：

选项 A，人体失水过多时，包括血浆在内的体液的渗透压升高，正确，排除。

选项 B，人体失水过多会产生渴感，促使人摄取水分。正确，排除。

选项 C，抗利尿激素可促进肾小管对尿液中水分的重吸收，减少排尿失水。正确，排除。

选项 D，按照选项 C 的原理，选项 D 错误，备选。

本题选 D。

若忘记抗利尿激素的作用，可根据名称推测该激素有“抵抗”“利尿”的作用，即减少排尿，可以减少水分散失。大多数激素的命名都能直接反映其功能或分泌的腺体。

4. (2017 全国 III) 若给人静脉注射一定量的 0.9% NaCl 溶液，则一段时间内会发生的生理现象是 ( )

- A. 机体血浆渗透压降低，排出相应量的水后恢复到注射前水平
- B. 机体血浆量增加，排出相应量的水后渗透压恢复到注射前水平
- C. 机体血浆量增加，排出相应量的 NaCl 和水后恢复到注射前水平
- D. 机体血浆渗透压上升，排出相应量的 NaCl 后恢复到注射前水平

解析：0.9% NaCl 溶液就是生理盐水，其渗透压与人体液的渗透压基本相同，因此不引起渗透压的变化，只导致体液增加。为保持内环境的稳定，机体将排出适量的体液，且排出体液的浓度与机体和注射液相同。故本题选 C。

在考虑摄入溶液对机体渗透压的影响时，需注意溶液的浓度，若浓度低于体液，则作用效果类似于纯水。若浓度高于体液，则作用效果类似于纯盐。若浓度等于体积，则作用效果类似于单纯补充体液。

5. (2021 河北) (多选) 高盐饮食后一段时间内, 虽然通过调节饮水和泌尿可以使细胞外液渗透压回归  $\text{Na}^+$  摄入前的水平, 但机体依旧处于正钠平衡(总  $\text{Na}^+$  摄入多于排泄) 状态。下列叙述正确的是( )

- A. 细胞外液渗透压主要来源于  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$
- B. 细胞外液渗透压回归与主动饮水、抗利尿激素分泌增加有关
- C. 细胞内液不参与细胞外液渗透压的调节
- D. 细胞外液渗透压回归但机体处于正钠平衡时, 细胞外液总量和体液总量均增多

解析: 食用过多盐分后体内  $\text{NaCl}$  增多, 渗透压会增大。虽然饮水和泌尿可以将渗透压降低到摄入过多盐分前的水平, 但机体仍处于总  $\text{Na}^+$  摄入多于排泄的状态。要想从根本上解决  $\text{Na}^+$  摄入多于排泄的状态, 就只能通过多排泄少摄入  $\text{NaCl}$  的方式。诸葛分析判断各选项:

选项 A, 根据课本知识, 以及题目中“虽然通过调节……可以使细胞外液渗透压回归...”, 可知细胞外液的渗透压主要来自  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$ 。正确, 备选。

选项 B, 主动饮水和抗利尿激素分泌增加都是增多(保持) 体内水分的反应, 很可能受到渗透压的调节。正确, 备选。

选项 C, 该选项与上一选项相反。错误, 排除。

选项 D, 细胞外液渗透压回归表明细胞外液的浓度正常, 但机体处于正钠平衡表明体内  $\text{Na}^+$  含量仍过多, 那么细胞外液和体液的水的含量也需过多, 才能保持渗透压正常。正确, 备选。

本题选 ABD。

6. (2020 山东) (不定项) 某人进入高原缺氧地区后呼吸困难、发热、排尿量减少, 检查发现其肺部出现感染, 肺组织间隙和肺泡渗出液中有蛋白质、红细胞等成分, 被确诊为高原性肺水肿。下列说法正确的是( )

- A. 该患者呼吸困难导致其体内  $\text{CO}_2$  含量偏高

- B. 体温维持在  $38^{\circ}\text{C}$  时, 该患者的产热量大于散热量
- C. 患者肺部组织液的渗透压升高, 肺部组织液增加
- D. 若使用药物抑制肾小管和集合管对水的重吸收, 可使患者尿量增加

解析: 某人进入高原缺氧地区后, 出现呼吸困难、发热、排尿量减少等症状, 可能是因为海拔过高, 氧气不足引起的。

检查发现肺部出现感染, 肺组织间隙和肺泡渗出液中有蛋白质、红细胞等成分, 这些成分的析出有可能是因为体液的渗透压过高, 即溶质的浓度过高, 导致溶质析出。

逐个分析判断各选项:

选项 A, 呼吸作用的主要作用是吸入氧气并排出二氧化碳, 呼吸困难会导致二氧化碳的排出减少, 导致体内二氧化碳含量偏高。正确, 备选。

选项 B, 体温维持在  $38^{\circ}\text{C}$  时, 虽然体温较高, 但也已经恒定不变, 产热量应当等于散热量。错误, 排除。

选项 C, 患者肺部组织液的渗透压升高, 则会补充更多的溶剂以降低渗透压, 导致肺部组织液增加。正确, 备选。

选项 D, 肾小管和集合管可重新吸收水分, 减少水分散失。若使用药物抑制它们的作用, 则患者的排尿增加。正确, 备选。

本题选 ACD。

7. (2017 全国 I) 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质含量显著降低时, 血浆胶体渗透压降低, 水分由\_\_\_\_\_进入组织液, 可引起组织水肿等。

(2) 正常人大量引用清水后, 胃肠腔内的渗透压下降, 经肠胃吸收进入血浆的水量会\_\_\_\_\_, 从而使血浆晶体渗透压\_\_\_\_\_。

(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\_\_\_\_\_。

解析: 已知血浆渗透压可分为胶体渗透压和晶体渗透压, 前者由蛋白质等大分子物质形成, 后者由无机盐等小分子物质形成。这两类物质的主要区别是体积大小。逐个分析回答各小问:

(1) 人体血浆蛋白质含量显著降低时, 血浆胶体渗透压降低, 则血浆需失去水分从而将渗透压升回来, 因此水分由血浆进入组织液。

(2) 正常人大量引用清水后, 胃肠腔内的渗透压下降, 则胃肠需排除大量水分, 因此经肠胃吸收进入血浆的水量会增加, 溶剂增多使得血浆的渗透压降低。

(3) 课本知识, 人体内环境的作用主要除细胞生存的直接环境外, 也是细胞与外界环境进行物质交换的媒介。

8. (2017 全国 II) 将室温  $25^{\circ}\text{C}$  饲养的某种体温为  $37^{\circ}\text{C}$  的哺乳动物 (动物甲) 随机分为两组, 一组放入  $41^{\circ}\text{C}$  环境中 1h (实验组), 另一组仍置于室温环境中 (对照组)。期间连续观察并记录这两组动物的相关行为。结果: 实验初期, 实验组动物的静卧行为明显减少、焦虑不安行为明显增加。回答下列问题:

(1) 实验中, 实验组动物皮肤的毛细血管会\_\_\_\_\_, 汗液分泌会\_\_\_\_\_, 从而起到调节体温的作用。

(2) 实验组动物出现焦虑不安行为时, 其肾上腺髓质分泌的激素会\_\_\_\_\_。

(3) 本实验中设置对照组的目的是\_\_\_\_\_。

(4) 若将室温饲养的动物甲置于  $0^{\circ}\text{C}$  的环境中, 该动物会冷得发抖, 耗氧量会\_\_\_\_\_, 分解代谢会\_\_\_\_\_。

解析: 实验动物甲的体温为  $37^{\circ}\text{C}$ , 可以根据人的反应想象类比。动物甲在室温  $25^{\circ}\text{C}$  饲养, 与人体感到舒适的温度基本一致。

实验组放入温度较高的  $41^{\circ}\text{C}$  环境中 1h, 可以推测会感到炎热,

会出现口渴、出汗等反应。对照组仍置于室温环境中，可以推测没有特别的反应。

实验初期，实验组动物的静卧行为明显减少、焦虑不安行为明显增加，与人的反应类似。

逐个分析回答各小问：

(1) 由于感到炎热，为增加体表散热，实验组动物皮肤的毛细血管会舒张，汗液分泌会增加。

(2) 动物出现焦虑不安行为时往往伴随着肾上腺髓质分泌的激素的增加。

(3) 本实验中设置对照组的目的是排除“41℃”以外的因素对动物反应的影响，确保变量只有“41℃”一项。

(4) 若将室温饲养的动物甲置于0℃的环境中，该动物会冷得发抖，增加产热的代谢活动，产生更多热量以维持体温，耗氧量会增加，分解代谢会增强。



## 第十四章 神经调节

神经调节主要包括人体的神经系统、反射弧和反射、神经电信号传导和化学信号传递等方面知识，需要牢固记忆相应的器官及其作用、反射弧的结构及工作过程、条件反射与非条件反射的特点和形成方式、神经电信号的产生及传导中的具体过程，突触结构和传递化学信号的工作原理。

神经调节与其他部分的知识也有较强联系。例如，神经电信号的产生和传导、化学信号的传递与细胞膜的结构和功能以及电学的基本知识有紧密联系。反射弧的感受器和效应器经常与具体的人体器官有关。非条件反射和条件反射的建立常涉及一些具体的动物实验。

分析解决关于神经调节的题目，主要是利用神经系统、反射弧、神经纤维、突出结构的模型，对应到题目中的具体情形，并对相应的结构和过程进行分析判断，得到具体神经调节方式的全貌。一些题目也可以结合生活经验和直觉辅助判断。

1. (2021 全国乙卷) 在神经调节过程中，兴奋会在神经纤维上传导和神经元之间传递。下列有关叙述错误的是 ( )

- A. 兴奋从神经元的细胞体传导至突触前膜，会引起  $\text{Na}^+$  外流
- B. 突触前神经元兴奋可引起突触前膜释放乙酰胆碱
- C. 乙酰胆碱是一种神经递质，在突触间隙中经扩散到达突触后膜
- D. 乙酰胆碱与突触后膜受体结合，引起突触后膜电位变化

解析：题干的已知信息属于课本内容，兴奋在神经纤维上以电信号的形式传导，在神经元之间以化学信号的形式传递。逐个分析判断各选项：

选项 A，兴奋在神经纤维上传递时，离子分别在膜内外移动，不跨膜移动。跨膜移动是接触到刺激时发生的。错误，备选。

选项 B，突触前神经元兴奋后，引起突触前膜释放乙酰胆碱，通过化学扩散抵达突触后膜。正确，排除。

选项 C，乙酰胆碱是一种神经递质，由突触前膜释放，在突触间隙中扩散，到达突触后膜。正确，排除。

选项 D，乙酰胆碱与突触后膜受体结合，引起突触后膜电位变化，将兴奋传导给下一个神经元。正确，排除。

本题选 A。

本题的各选项都是课本知识。

2. (2020 山东) 听毛细胞是内耳中的一种顶端具有纤毛的感觉神经细胞。声音传递到内耳中引起听毛细胞的纤毛发生偏转，使位于纤毛膜上的  $K^+$  通道打开， $K^+$  内流而产生兴奋。兴奋通过听毛细胞底部传递到听觉神经细胞，最终到达大脑皮层产生听觉。下列说法错误的是 ( )

- A. 静息状态时纤毛膜外的  $K^+$  浓度低于膜内
- B. 纤毛膜上的  $K^+$  内流过程不消耗 ATP
- C. 兴奋在听毛细胞上以电信号的形式传导
- D. 听觉的产生过程不属于反射

解析：已知听毛细胞是内耳中的一种顶端具有纤毛的感觉神经细胞。根据其名称和位置可推测应当与听觉有关。

声音传递到内耳中引起听毛细胞的纤毛发生偏转，使位于纤毛膜上的  $K^+$  通道打开， $K^+$  内流而产生兴奋。这是人体感受到声音的过程，听毛细胞相当于感受器。

兴奋通过听毛细胞底部传递到听觉神经细胞，最终到达大脑皮层产生听觉。这是兴奋传递的过程，听觉神经细胞可能属于周围神经系统，大脑皮层属于中枢神经系统。

逐个分析判断各选项：

选项 A，听毛细胞受声音刺激后，纤毛膜上的  $K^+$  通道打开， $K^+$  内流，表明静息时纤毛膜外的  $K^+$  浓度高于膜内，且课本知识也是如此。错误，备选。

选项 B, 纤毛膜上的  $K^+$  内流过程受细胞膜内外的电荷和离子浓度差驱动, 不消耗 ATP。但是离子通道的打开有可能需要消耗 ATP。暂时认为正确, 暂时排除, 看有没有其他更合适的选项。

选项 C。兴奋在同一个神经细胞上以电信号的形式传导。正确, 排除。

选项 D, 听觉的产生是人体对声波这种刺激方式产生的反应, 但是没有效应器作出反应, 不属于反射。正确, 排除。

本题选 A。

3. (2019 北京) 为探究运动对海马脑区发育和学习记忆能力的影响, 研究者将实验动物分为运动组和对照组, 运动组每天进行适量的有氧运动 (跑步/游泳)。数周后, 研究人员发现运动组海马脑区发育水平比对照组提高了 1.5 倍, 靠学习记忆找到特定目标的时间缩短了约 40%。根据该研究结果可得出 ( )

- A. 有氧运动不利于海马脑区的发育
- B. 规律且适量的运动促进学习记忆
- C. 有氧运动会减少神经元间的联系
- D. 不运动利于海马脑区神经元兴奋

解析: 题目中实验的目的是探究运动对海马脑区发育和学习记忆能力的影响。

将动物分为两组, 运动组每天适量运动, 对照组默认为不运动。

实验结果: 运动组的海马脑区发育水平比对照组提高 1.5 倍, 靠学习记忆找到特定目标的时间缩短了约 40%。

结果表明运动有利于海马脑区的发育和提高学习记忆能力。

逐个分析判断各选项:

选项 A, 实验结果表明有氧运动利于海马脑区发育。错误, 排除。

选项 B, 实验结果表明规律且适量的运动促进学习记忆。正确, 备选。

选项 C, 实验结果只能得到运动与海马脑区发育和学习记忆之间的关系, 不能得到与神经元间的联系的关系。无法判断, 排除。

选项 D, 海马脑区的发育与神经元兴奋之间的关系未知。无法判断, 排除。

本题选 B。

本题的选项 C 和 D 的表述有一定甚至较大可能是正确的, 但是无法根据本实验得到, 需要其他关联度更高的实验或更充分的知识信息才能得到。做实验题时需注意辨别“客观上正确”与“可根据实验得到”之间的区别。

4. (2020 北京) 食欲肽是下丘脑中某些神经元释放的神经递质, 它作用于觉醒中枢的神经元, 使人保持清醒状态。临床使用的药物 M 与食欲肽竞争突触后膜上的受体, 但不发挥食欲肽的作用。下列判断不合理的是 ( )

- A. 食欲肽以胞吐的形式由突触前膜释放
- B. 食欲肽通过进入突触后神经元发挥作用
- C. 食欲肽分泌不足机体可能出现嗜睡症状
- D. 药物 M 可能有助于促进睡眠

解析: 本题新介绍了“食欲肽”的概念。

食欲肽是下丘脑中的某些神经元释放的神经递质。即: 食欲肽是一种神经递质, 且由下丘脑中的某些神经元释放。

食欲肽作用于觉醒中枢的神经元, 作用是使人保持清醒。因此如果食欲肽分泌不足或受体受阻, 人可能会不清醒, 即容易睡觉。

药物 M 与食欲肽竞争突触后膜上的受体, 但不发挥食欲肽的作用。可以把 M 看作竞争性抑制剂, M 占据了食欲肽的受体, 那么食欲肽将不能发挥作用。

逐个分析判断各选项:

选项 A, 食欲肽是一种神经递质, 以胞吐的形式由突触前膜释放。

合理，排除。

选项 B，食欲肽是一种神经递质，通过与突触后膜上的受体发挥作用，引起神经元兴奋，通常不进入神经元。不合理，备选。

选项 C，若食欲肽分泌不足，则无法充分发挥保持清醒的作用，可能出现嗜睡症状。合理，排除。

选项 D，由于药物 M 可竞争食欲肽的受体，让食欲肽无法发挥保持清醒的作用，有助于促进睡眠。合理，排除。

本题选 B。

5. (2022 浙江) 分布有乙酰胆碱受体的神经元称为胆碱能敏感神经元，它普遍存在于神经系统中，参与学习与记忆等调节活动。乙酰胆碱酯酶催化乙酰胆碱的分解，药物阿托品能阻断乙酰胆碱与胆碱能敏感神经元的相应受体结合。下列说法错误的是 ( )

A. 乙酰胆碱分泌量和受体数量改变会影响胆碱能敏感神经元发挥作用

B. 使用乙酰胆碱酯酶抑制剂可抑制胆碱能敏感神经元受体发挥作用

C. 胆碱能敏感神经元的数量改变会影响学习与记忆等调节活动

D. 注射阿托品可影响胆碱能敏感神经元所引起的生理效应

解析：已知分布有乙酰胆碱受体的神经元叫作胆碱能敏感神经元，普遍存在于神经系统，参与学习与记忆等调节活动。与课本知识基本已知。

乙酰胆碱酯酶催化乙酰胆碱的分解，可将过量的或已经发挥作用的乙酰胆碱分解掉，从而结束一次神经递质的传递。

阿托品能阻断乙酰胆碱与胆碱能敏感神经元的相应受体结合，让神经元之间不能通过乙酰胆碱传递信号。

逐个分析判断各选项：

选项 A，兴奋在神经细胞之间的传导与乙酰胆碱分泌量和受体数

量有关,二者的改变会影响胆碱能敏感神经元发挥作用。正确,排除。

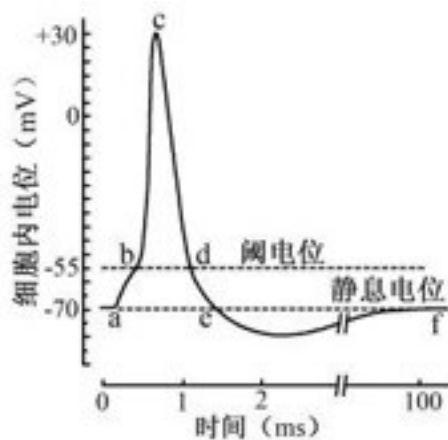
选项 B,使用乙酰胆碱酯酶抑制剂可抑制该酶的作用,抑制乙酰胆碱的分解。若已经传递过兴奋的乙酰胆碱没被及时分解,则神经细胞无法恢复静息状态或长时间处于不应期,其作用受到抑制。但是乙酰胆碱酯酶抑制剂的作用对象是酶,而不是受体。错误,备选。

选项 C,由于胆碱能敏感神经元参与学习与记忆等调节活动,因此其数量改变会影响学习与记忆等调节活动。正确,排除。

选项 D,阿托品能阻断乙酰胆碱与胆碱能敏感神经元的相应受体结合,因此注射阿托品可影响胆碱能敏感神经元所引起的生理效应。正确,排除

本题选 B。

6. (2018 江苏)如图是某神经纤维动作电位的模式图,下列叙述正确的是 ( )



- A.  $K^+$  的大量内流是神经纤维形成静息电位的主要原因
- B. bc 段  $Na^+$  大量内流, 需要载体蛋白的协助, 并消耗能量
- C. cd 段  $Na^+$  通道多处于关闭状态,  $K^+$  通道多处于开放状态
- D. 动作电位大小随有效刺激的增强而不断加大

解析: 题图是某神经纤维动作电位的模式图, 横坐标是时间, 单位是毫秒, 纵坐标是细胞内电位, 单位是毫伏。因此曲线表示细胞内电位随时间的变化。

根据课本知识，神经纤维在没有兴奋传导时，处于外正内负的状态，即膜外的电压高于膜内。当有兴奋（电流）传导的瞬间，变为外负内正。因此若膜内的电压升高，则表明此时有兴奋穿过。

图中还标出来阈电位和静息电位的电位。阈电位是区分有没有信号传导的临界值，静息电位是细胞处于静息状态时的电位。

逐个分析判断各选项：

选项 A，神经纤维恢复静息电位时，主要通过 $K^+$ 的外流形成膜内外的电位差。错误，排除。

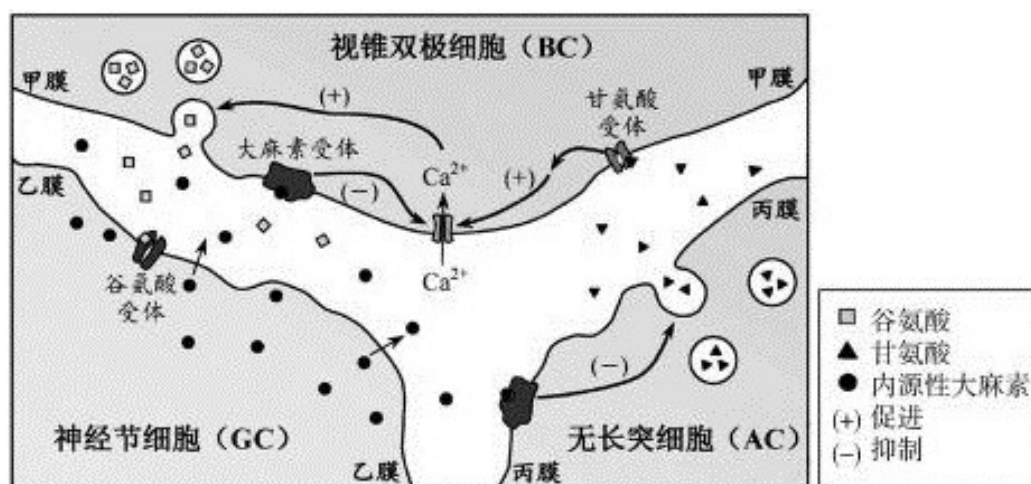
选项 B，bc 段是神经纤维由静息状态变为兴奋状态的过程，过程中 $Na^+$ 通过离子通道大量内流，并非载体蛋白的协助，且由浓度梯度驱动，不消耗能量。错误，排除。

选项 C，cd 段是神经纤维由兴奋状态恢复静息状态的过程，过程中 $Na^+$ 通道处于关闭状态， $K^+$ 通道处于开放状态， $K^+$ 外流形成外正内负的电位差。正确，备选。

选项 D，只要遇到了有效刺激，就能产生动作电位并传导兴奋产生，这种效应叫作“全或无”效应，即要么有，要么没有，电位高低不随刺激的强弱而变化。错误，排除。

本题选 C。

7. (2020 天津) 神经细胞间的突触联系往往非常复杂。如图为大鼠视网膜局部神经细胞间的突触示意图。



据图回答：

(1) 当 BC 末梢有神经冲动传来时，甲膜内的\_\_\_\_\_释放谷氨酸，与乙膜上的谷氨酸受体结合，使 GC 兴奋，诱导其释放内源性大麻素。内源性大麻素和甲膜上的大麻素受体结合，抑制  $\text{Ca}^{2+}$  通道开放，使 BC 释放的谷氨酸\_\_\_\_\_（填“增加”或“减少”），最终导致 GC 兴奋性降低。

(2) GC 释放的内源性大麻素还能与丙膜上的大麻素受体结合，抑制 AC 中甘氨酸的释放，使甲膜上的甘氨酸受体活化程度\_\_\_\_\_（填“升高”或“降低”），进而导致  $\text{Ca}^{2+}$  通道失去部分活性。AC 与 BC 间突触的突触前膜为\_\_\_\_\_膜。

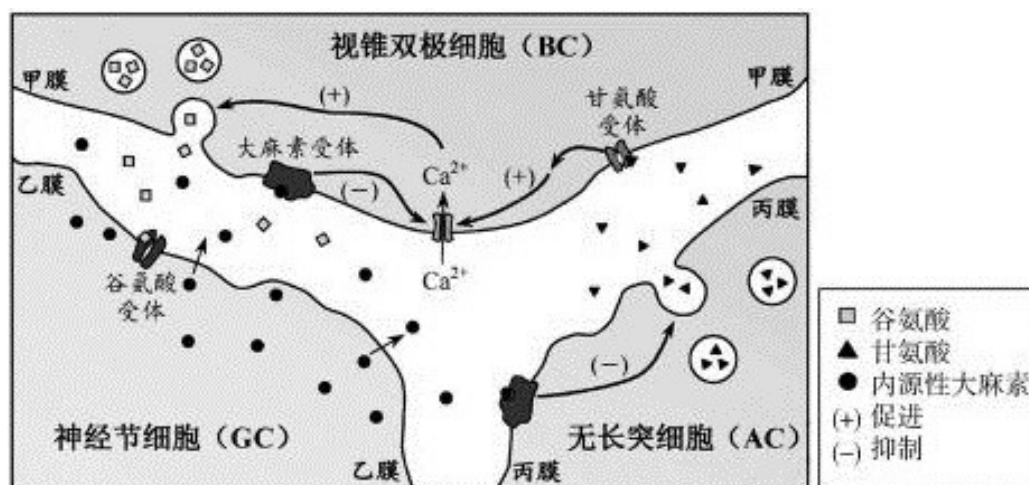
(3) 上述\_\_\_\_\_调节机制保证了神经调节的精准性。该调节过程与细胞膜的\_\_\_\_\_两种功能密切相关。

(4) 正常情况下，不会成为内环境成分的是\_\_\_\_\_（多选）

- A. 谷氨酸                      B. 内源性大麻素  
C. 甘氨酸受体                D.  $\text{Ca}^{2+}$  通道

解析：题干介绍神经细胞间的突触联系往往非常复杂，题图果然看起来就很复杂。

已知题图为大鼠视网膜局部神经细胞间的突触，因此可从突触结构的几个重要成分：突触前膜、突触后膜、突出间隙、突触小泡入手，先尝试从图中找出对应的结构。





观察题图，中间是白色的“Y”形，上方、左下、右下为灰色。上方标注了“视锥双极细胞（BC）”和“甲膜”，左下方标注了“神经节细胞（GC）”和“乙膜”，右下方标注了“无长突细胞（AC）”和“丙膜”，因此三块灰色部分分别为三个不同的细胞及细胞膜，中间的白色部分应当为突出间隙。

分别仔细观察每个细胞。上方的 BC 的上有大麻素受体、甘氨酸受体，同时也通过胞吐（突触小泡）释放浅色正方形的物质，可能为神经递质。

另外，大麻素受体有带负号“-”的箭头指向  $\text{Ca}^{2+}$  通道，可能表示该受体会抑制  $\text{Ca}^{2+}$  通道。而甘氨酸受体有带正号“+”的箭头指向  $\text{Ca}^{2+}$  通道，可能表示该受体会打开  $\text{Ca}^{2+}$  通道。

接下来， $\text{Ca}^{2+}$  通道有带正号“+”的箭头指向释放正方形物质，有可能表示  $\text{Ca}^{2+}$  进入 BC 引起正方形物质的释放。

左下的 GC 上有谷氨酸受体，同时通过非胞吐的方式释放黑色圆形物质，也可能为神经递质。由于没有画转运蛋白，因此释放的方式可能是自由扩散。

右下的 AC 上有大麻素受体，有黑色三角通过胞吐（突触小泡）的方式释放。且大麻素受体有带负号的箭头指向胞吐作用，可能大麻素受体有抑制释放三角形物质的作用。

逐个分析填写各小问：

（1）当 BC 末梢有神经冲动传来时，甲膜内的突触小泡释放谷氨酸，由此可知正方形表示谷氨酸。

谷氨酸与乙膜上的谷氨酸受体结合，使 GC 兴奋，诱导其释放内源性大麻素，由此可知黑色圆形表示大麻素。

内源性大麻素和甲膜上的大麻素受体结合，抑制  $\text{Ca}^{2+}$  通道开放，与前面的分析一致。

由于从  $\text{Ca}^{2+}$  通道指向释放谷氨酸的箭头为正号，表示促进，所以抑制  $\text{Ca}^{2+}$  通道开放将使 BC 释放的谷氨酸减少（填“增加”或“减少”）。

最终导致 GC 兴奋性降低，也佐证了得到的结论。

(2) GC 释放的内源性大麻素（黑色圆形）还能与丙膜上的大麻素受体结合，抑制 AC 中甘氨酸的释放，即黑色三角表示甘氨酸。

由于抑制了甘氨酸的释放，因此使甲膜上的甘氨酸受体活化程度降低（填“升高”或“降低”）。

甘氨酸受体与  $\text{Ca}^{2+}$  通道之间的箭头是正号，因此甘氨酸受体活化程度降低将导致  $\text{Ca}^{2+}$  通道失去部分活性。

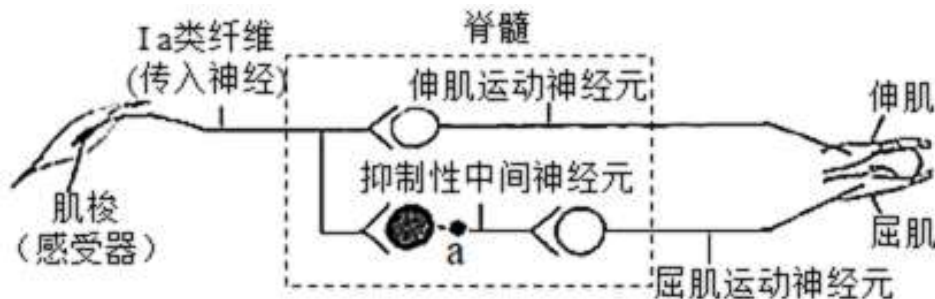
由于是 AC 的膜释放甘氨酸，BC 的膜接收甘氨酸，因此 AC 与 BC 间突触的突触前膜为 AC 上的丙膜。

(3) 上述调节机制中，BC 释放谷氨酸，依次通过 GC 和 AC 的作用，使得谷氨酸的释放被抑制。这种一个变化导致其自身被抑制的调节机制叫作负反馈调节。

根据题图中的过程，该调节过程可调控物质的跨膜转运和细胞间的信息交流这两种细胞膜的重要功能。

(4) 机体的内环境是指细胞外的部分，谷氨酸和内源性大麻素在细胞外的突出间隙中，成为内环境的成分。甘氨酸受体和  $\text{Ca}^{2+}$  通道是细胞本身的一部分，不会成为内环境的成分，因此选择 CD。

8. (2021 广东) 太极拳是我国的传统运动项目，其刚柔并济、行云流水般的动作是通过神经系统对肢体和躯干各肌群的精巧调控及各肌群间相互协调而完成。如“白鹤亮翅”招式中的伸肘动作，伸肌收缩的同时屈肌舒张。如图为伸肘动作在脊髓水平反射弧基本结构的示意图



回答下列问题：

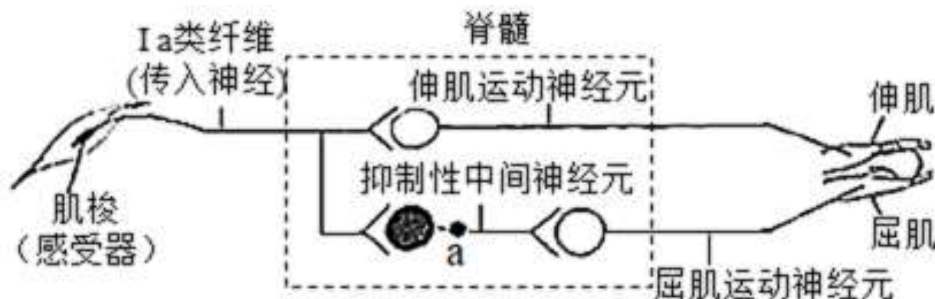
(1) 图中反射弧的效应器是\_\_\_\_\_及其相应的运动神经末梢。若肌梭受到适宜刺激，兴奋转至 a 处时，a 处膜内外电位应表现为\_\_\_\_\_。

(2) 伸肘时，图中抑制性中间神经元的作用是\_\_\_\_\_，使屈肌舒张。

(3) 适量运动有益健康。一些研究认为太极拳等运动可提高肌细胞对胰岛素的敏感性，在胰岛素水平相同的情况下，该激素能更好地促进细胞\_\_\_\_\_，降低血糖浓度。

(4) 有研究报道，常年坚持太极拳运动的老年人，其血清中 TSH、甲状腺激素等的浓度升高，因而认为运动能改善老年人的内分泌功能，其中 TSH 水平可以作为评估\_\_\_\_\_（填分泌该激素的腺体名称）功能的指标之一。

解析：提干介绍了太极拳的知识和益处，与生物学知识的关联较小。最后说明题图为伸肘动作在脊髓水平反射弧基本结构。



观察题图，最左边是肌梭，虽然不知道是什么，但括号里备注了是感受器。

肌梭与 Ia 类纤维相连，虽然也不知道是什么，但括号里备注了是传入神经。

中间虚线框的上方标注了是脊髓，内含伸肌运动神经元和抑制性中间神经元。两个神经元像物理电路里的并联。仔细观察，两个神经元左边都是“--< O”形结构，左边的“--<”很可能表示轴突的末端，右边的“O”很可能表示神经细胞的胞体的轴突部分，通常兴奋只能从树

突向轴突单向传递。

再向右，伸肌运动神经元与上方的伸肌相连，抑制性中间神经元通过屈肌运动神经元之后再与屈肌相连，且抑制性中间神经元与屈肌运动神经元之间也有一个“--<O”形结构。虽然“屈肌运动神经元”几个字写在虚线框外，但其细胞体在虚线框内，应当也属于脊髓的一部分。

逐个分析填写各小问：

(1) 图中标出了感受器，中间的脊髓是神经中枢，那么效应器应当是右边的伸肌和屈肌及其相应的运动神经末梢。若肌梭受到适宜刺激，兴奋转至 a 处时，a 处膜内外电位应表现为内正外负。

(2) 题干说明“如‘白鹤亮翅’招式中的伸肘动作，伸肌收缩的同时屈肌舒张”，说明伸肘时伸肌收缩，屈肌舒张。通常兴奋导致肌肉收缩，没有兴奋时肌肉舒张，因此此时屈肌没有收到信号，那么图中抑制性中间神经元的作用是抑制神经信号的传递，使兴奋不能传导至屈肌运动神经元。

(3) 适量运动有益健康。一些研究认为太极拳等运动可提高肌细胞对胰岛素的敏感性。

在胰岛素水平相同的情况下，若要更好地发挥胰岛素降低血糖的浓度，则应当该激素能更好地促进细胞转化或利用血液中的葡萄糖，即加速摄取、利用和存储葡萄糖。

(4) 有研究报道，常年坚持太极拳运动的老年人，其血清中 TSH（促甲状腺激素）、甲状腺激素等的浓度升高，因而认为运动能改善老年人的内分泌功能。

分泌促甲状腺激素的内分泌腺体是垂体，因此 TSH 水平可以作为评估垂体功能的指标之一。

## 第十五章 体液调节

体液调节是机体通过激素及其他小分子物质作为信号分子，通过体液运输到相应的部位，调节人体的生命活动的调节方式。需要牢记各内分泌系统和激素的名称和作用。

体液调节具有分级调节和反馈调节两种重要机制，以保证体液调节能够进行精准的调控。分级调节和反馈调节中，各环节之间依次促进或抑制，形成一条完整的链条或闭环。

体液调节经常与神经调节共同构成神经-体液调节方式，其中神经系统主要感受刺激并传递信号，内分泌系统主要行使调节功能，需能熟练地想象出机体从感受刺激到分泌相应激素的过程。

体液调节涉及到细胞之间的信号传导，因此与细胞膜的结构和功能有紧密联系，分析体液调节过程中细胞层面的变化及规律是较常见的题型，需耐心细心地一步一步分析各环节之间的联系，并结合细胞器的知识识别发挥功能的角色。

宏观的动物实验也是体液调节中较常见的题型，需根据实验数据，结合各激素的作用效果，分析推理各变量可能产生的影响以及可能的作用方式。

体液调节系统是一种影响因素较多，且各因素之间的关系较复杂的系统，在分析解决题目的过程中，既要注重把握最重要、影响最大的环节和效果，也要稍微留意那些有可能引起的不太明显的副作用。

1. (2020 全国 I) 某研究人员以小鼠为材料进行了与甲状腺相关的实验，下列叙述错误的是 ( )

- A. 切除小鼠垂体，会导致甲状腺激素分泌不足，机体产热减少
- B. 给切除垂体的幼年小鼠注射垂体提取液后，其耗氧量会增加
- C. 给成年小鼠注射甲状腺激素后，其神经系统的兴奋性会增强
- D. 给切除垂体的小鼠注射促甲状腺激素释放激素，其代谢可恢复正常

解析：本题与甲状腺的作用有关，直接分析判断各选项。

选项 A，切除小鼠垂体，会导致促甲状腺激素分泌不足，从而导致甲状腺激素分泌不足，甲状腺激素有提高神经系统兴奋性的作用，分泌不足会导致机体产热减少。正确，排除。

选项 B，给切除垂体的幼年小鼠注射垂体提取液后，提取液中应当含有垂体分泌的促甲状腺激素，促进甲状腺分泌甲状腺激素，提高神经系统兴奋性，耗氧量增加。正确，排除。

选项 C，给成年小鼠注射甲状腺激素后，可直接导致神经系统的兴奋性增强。正确，排除。

选项 D，给切除垂体的小鼠注射促甲状腺激素释放激素，由于没有垂体，不能在促甲状腺激素释放激素的作用下释放促甲状腺激素，因此代谢无法恢复正常。错误，备选。

本题选 D。

2. (2020 山东) 碘是甲状腺激素合成的重要原料。甲状腺滤泡上皮细胞膜上的钠—钾泵可维持细胞内外的  $\text{Na}^+$  浓度梯度，钠—碘同向转运体借助  $\text{Na}^+$  的浓度梯度将碘转运进甲状腺滤泡上皮细胞，碘被甲状腺过氧化物酶活化后，进入滤泡腔参与甲状腺激素的合成。下列说法正确的是 ( )

- A. 长期缺碘可导致机体的促甲状腺激素分泌减少
- B. 用钠—钾泵抑制剂处理甲状腺滤泡上皮细胞，会使其摄碘能力减弱
- C. 抑制甲状腺过氧化物酶的活性，可使甲状腺激素合成增加
- D. 使用促甲状腺激素受体阻断剂可导致甲状腺激素分泌增加

解析：已知碘是甲状腺激素合成的重要原料，因此若缺碘可能导致甲状腺激素合成异常。

甲状腺滤泡上皮细胞膜上的钠—钾泵可维持细胞内外的  $\text{Na}^+$  浓度梯度，即钠—钾泵可维持细胞内外  $\text{Na}^+$  的浓度差。

钠—碘同向转运体借助  $\text{Na}^+$  的浓度梯度将碘转运进甲状腺滤泡上皮细胞，因此上一步中钠—钾泵维持细胞内外的  $\text{Na}^+$  浓度梯度是这一步将碘转运进甲状腺滤泡上皮细胞的先决条件。

碘进入细胞后，被甲状腺过氧化物酶活化后，进入滤泡腔参与甲状腺激素的合成。

逐个分析判断各选项：

选项 A，由于碘参与甲状腺激素的合成，所以长期缺碘可导致机体的甲状腺激素分泌减少，但题目未说明是否影响促甲状腺激素的分泌。错误，排除。

选项 B，用钠—钾泵抑制剂处理甲状腺滤泡上皮细胞，则钠—钾泵不能正常工作，无法维持  $\text{Na}^+$  浓度梯度，从而使得钠—碘同向转运体不能借助  $\text{Na}^+$  浓度梯度将碘转运进甲状腺滤泡上皮细胞，导致摄碘能力减弱。正确，备选。

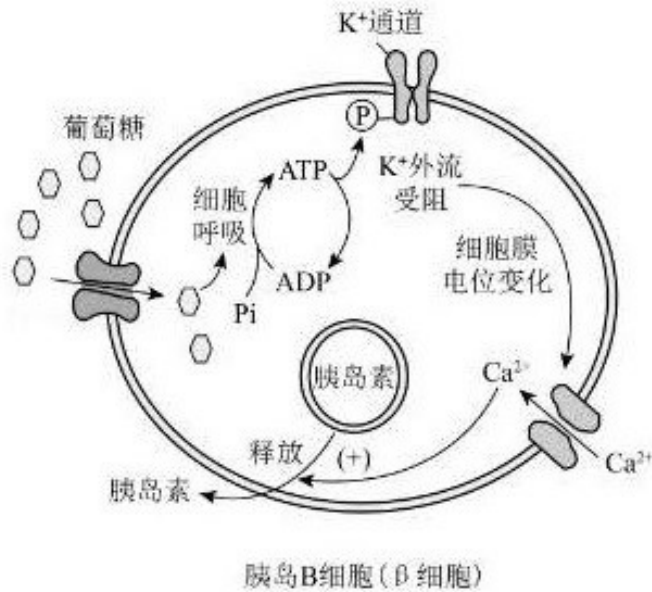
选项 C，由于碘被甲状腺过氧化物酶活化后，才进入滤泡腔参与甲状腺激素的合成，因此抑制甲状腺过氧化物酶的活性，则碘无法被活化并参与甲状腺激素的合成，甲状腺激素合成减少。错误，排除。

选项 D，使用促甲状腺激素受体阻断剂，使得甲状腺无法受到促甲状腺激素促使其分泌甲状腺激素的调节作用，将导致甲状腺激素分泌减少。错误，排除。

本题选 B。

3. (2017 北京) 细胞外葡萄糖浓度调节胰岛 B 细胞 ( $\beta$  细胞) 分泌胰岛素的过程如图所示，对其理解错误的是 ( )

- A. 细胞呼吸将葡萄糖中的化学能贮存在 ATP 中
- B.  $\text{Ca}^{2+}$  内流促使细胞通过胞吐的方式释放胰岛素
- C. 细胞外葡萄糖浓度降低会促进胰岛素释放
- D. 该过程参与了血糖浓度的反馈调节机制



解析: 已知题图表示细胞外葡萄糖浓度调节胰岛 B 细胞分泌胰岛素的过程, 仔细读图分析:

最左边细胞外的六边形表示葡萄糖, 由通道进入胰岛 B 细胞。

进入细胞后, 葡萄糖参与“细胞呼吸”, 与 ADP 和 Pi 共同生成 ATP, 与课本知识一致。

ATP 分解为 ADP 和  $\text{P}$ ,  $\text{P}$  与细胞膜上的“ $\text{K}^+$ 通道”结合, 结果为“ $\text{K}^+$ 外流受阻”。

“ $\text{K}^+$ 外流受阻”后, “细胞膜电位变化”, 导致  $\text{Ca}^{2+}$  由通道进入细胞内, 促进 (+) 胰岛素释放到细胞外。

上述是大致过程, 其中几个环节之间的衔接原理不清楚, 只能先生硬的按照示意图这么认为。

逐个分析判断各选项:

选项 A, 细胞呼吸将葡萄糖中的化学能贮存在 ATP 中, 与课本知识一致。正确, 排除。

选项 B, 根据示意图中右下角的部分,  $\text{Ca}^{2+}$  内流, 有带“(+)”的箭头指向胰岛素离开细胞, 与选项的表述一致。正确, 排除。

选项 C, 该示意图总的表示: 细胞外的葡萄糖进入胰岛 B 细胞内, 最终胰岛 B 细胞释放胰岛素。因此若细胞外葡萄糖浓度降低, 则没有



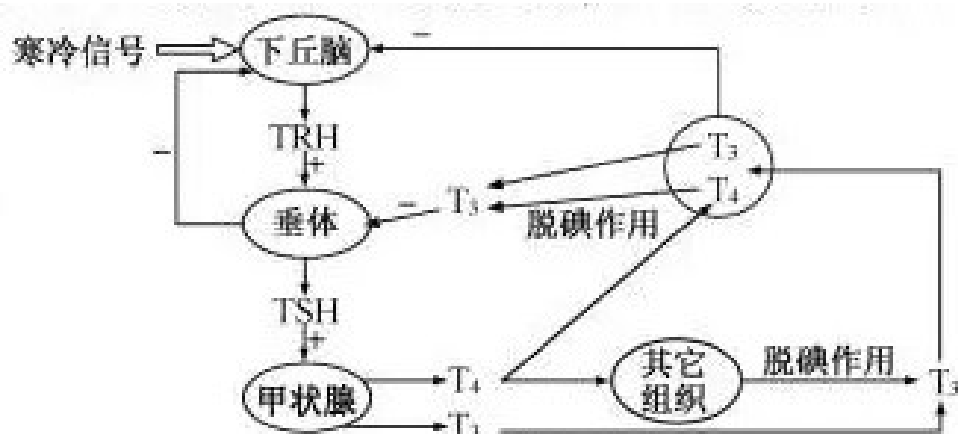
或很少葡萄糖进入胰岛 B 细胞,胰岛素的释放也会降低。错误,备选。

选项 D, 根据示意图的总的过程, 细胞外葡萄糖浓度高, 则进入胰岛 B 细胞的葡萄糖多, 胰岛素的释放多, 回过来降低血糖浓度, 属于反馈调节机制。正确, 排除。

本题选 C。

根据示意图中的过程和箭头, 分析理解生命过程以及各环节之间的影响关系, 是学习和研究生物的基本能力。

4. (2020 浙江) 人体甲状腺分泌和调节示意图如图, 其中 TRH 表示促甲状腺激素释放激素, TSH 表示促甲状腺激素, “+” 表示促进作用, “-” 表示抑制作用。据图分析, 下列叙述正确的是 ( )



- A. 寒冷信号能直接刺激垂体分泌更多的 TSH
- B. 下丘脑通过释放 TRH 直接调控甲状腺分泌  $T_3$  和  $T_4$
- C. 甲状腺分泌的  $T_4$  直接作用于垂体而抑制 TSH 的释放
- D. 长期缺碘会影响  $T_3$ 、 $T_4$ 、TSH 和 TRH 的分泌

解析: 已知题图为体甲状腺分泌和调节示意图, “+” 表示促进作用, “-” 表示抑制作用。仔细读图分析:

最上方, 寒冷信号刺激下丘脑, 向下的箭头表示下丘脑分泌促甲状腺激素释放激素。

促甲状腺激素释放激素向下的箭头表示对垂体有促进作用, 垂体

向下的箭头表示分泌促甲状腺激素。

促甲状腺激素向下的箭头表示对甲状腺有促进作用，甲状腺向右的箭头表示分泌  $T_4$  和  $T_3$ 。

$T_4$  向右的箭头指向其它组织，表示对其他组织产生作用，然后经脱碘作用变成  $T_3$ 。 $T_4$  向右上的箭头指向一个圆圈。

$T_3$  向右的箭头一直到最右，再向上走，又向左转，与  $T_4$  共同在一个圆圈里。

圆圈里的  $T_4$  经过脱碘作用也变成  $T_3$ ，对垂体和下丘脑都产生抑制作用。

另外，最左边的箭头表示垂体对下丘脑也有抑制作用。

综上，寒冷信号依次通过下丘脑分泌促甲状腺激素释放激素，促进垂体分泌促甲状腺激素，促进甲状腺分泌  $T_4$  和  $T_3$ 。

其中  $T_4$  对其他组织有直接作用， $T_4$  脱碘后变成  $T_3$ ，对垂体和下丘脑都有抑制作用，属于负反馈调节。垂体也对下丘脑有抑制作用。

逐个分析判断各选项：

选项 A，寒冷信号直接刺激下丘脑，不直接刺激垂体。错误，排除。

选项 B，下丘脑通过释放 TRH 调控垂体，垂体通过释放 TSH 直接调控甲状腺分泌  $T_3$  和  $T_4$ ，下丘脑不直接调控甲状腺。错误，排除。

选项 C，甲状腺分泌的  $T_4$  需经过脱碘作用变成  $T_3$  后才能作用于垂体而抑制 TSH 的释放，不直接作用于垂体。错误，排除。

选项 D，由于  $T_4$  经过脱碘作用变成  $T_3$ ，可知  $T_4$  含碘元素，长期缺碘会直接减少  $T_4$  的合成。 $T_4$  经过脱碘作用变成  $T_3$  后对下丘脑和垂体都有影响，因此间接影响 TSH 和 TRH 的分泌。TRH 的分泌影响  $T_3$  的分泌。绕了一大圈之后， $T_3$ 、 $T_4$ 、TSH 和 TRH 的分泌都受到影响。正确，备选。

本题选 D。

5. (2017 海南) 回答下列与人体的体液调节相关的问题:

(1) 与激素一样,  $\text{CO}_2$  也可以作为体液调节因子, 参与体液调节。支持这一观点的事实之一是细胞代谢产生的  $\text{CO}_2$  可通过\_\_\_\_\_运输到其作用部位, 进而对呼吸活动进行调节。体液调节的含义是\_\_\_\_\_。

(2) 盐酸不是体液调节因子, 其原因是胃腺分泌的盐酸进入胃腔后, 参与食物消化, 且在这个过程中, 胃腺分泌的盐酸经过导管到达胃腔不经过\_\_\_\_\_运输的过程。胃腔属于\_\_\_\_\_ (填“外环境”或“内环境”)。

解析: 本题与人的体液调节有关, 大都是课本上的基本知识, 直接分析回答各小问:

(1)  $\text{CO}_2$  与激素一样也可以作为体液调节因子参与体液调节, 则  $\text{CO}_2$  也像激素一样通过体液运输, 且很小的浓度就能起到显著的调节作用。因此  $\text{CO}_2$  可通过体液运输到其作用部位, 进而对呼吸活动进行调节。

根据课本中的定义, 体液调节的含义是激素、 $\text{CO}_2$  等化学物质通过体液运输到达其作用部位, 对生命活动进行调节的方式。

(2) 盐酸不是体液调节因子, 胃腺分泌的盐酸经过导管到达胃腔不经过体液运输的过程。

整个消化道都属于人体的外环境, 因此内腔也属于人体的外环境。可以把人体看作一条管道, 管的内壁和外壁之间, 且不在细胞内的部分属于人体的内环境。

6. (2020 海南) 人体内甲状腺激素几乎作用于全身细胞, 环境变化及相关部位病变都可影响血液中的甲状腺激素水平, 引起机体生理活动的变化。回答下列问题。

(1) 冬季气温降低时, 寒冷刺激的信号传入位于\_\_\_\_\_的体温

调节中枢，通过调节使甲状腺激素分泌量增多，细胞代谢速率提高，使机体产生的热量\_\_\_\_\_，以抵御外界寒冷。但血液中的甲状腺激素水平不会过高，这与甲状腺激素的分级调节存在\_\_\_\_\_调节机制有关。

(2)患者甲因身体不适就医，医生根据其病史初步判定下丘脑、垂体和甲状腺中有一个部位发生病变。经检测，甲状腺激素和促甲状腺激素(TSH)水平都明显低于正常范围，据此可排除的病变部位是\_\_\_\_\_，理由是\_\_\_\_\_；给患者注射适量促甲状腺激素释放激素后，测得TSH水平仍然低于正常范围，说明该患者的病变部位是\_\_\_\_\_。

(3)患者乙由于体内甲状腺激素水平下降，出现行动迟缓、少动嗜睡的症状，这与该患者神经系统的\_\_\_\_\_降低有关。

解析：本题考察甲状腺激素的相关知识，直接分析填写各小问。

(1)人体感受温度的神经位于下丘脑，因此寒冷刺激的信号传入位于下丘脑的体温调节中枢。

下丘脑通过释放调节使甲状腺激素分泌量增多，细胞代谢速率提高，使机体产生的热量增加，以抵御外界寒冷。

但血液中的甲状腺激素水平不会过高，这与甲状腺激素的分级调节存在反馈调节机制有关。

(2)患者甲因身体不适就医，医生根据其病史初步判定下丘脑、垂体和甲状腺中有一个部位发生病变。

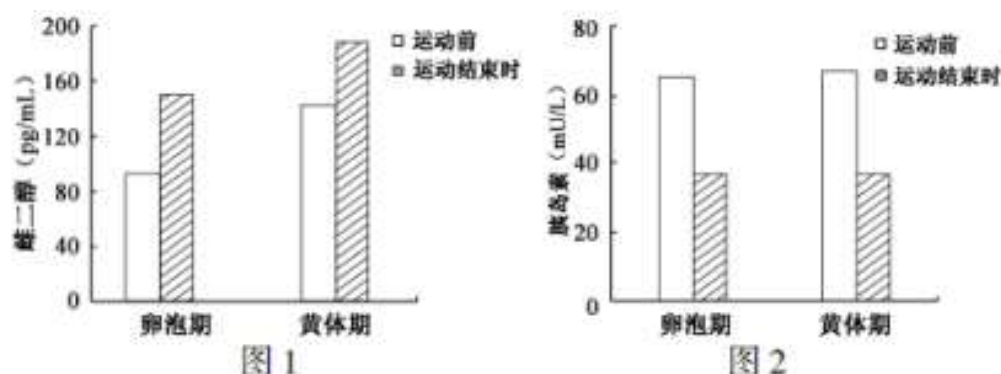
经检测，甲状腺激素和促甲状腺激素(TSH)水平都明显低于正常范围，据此可排除的病变部位是甲状腺，理由是甲状腺在低水平TSH的作用下，分泌低水平的甲状腺激素，表明其作用正常；

给患者注射适量促甲状腺激素释放激素后，促甲状腺激素释放激素可促使垂体释放TSH，但测得TSH水平仍然低于正常范围，说明垂体没有正常发挥作用，说明该患者的病变部位是垂体。

(3)患者乙由于体内甲状腺激素水平下降，出现行动迟缓、少

动嗜睡的症状，都是神经系统兴奋性降低的表现，因此这与该患者神经系统的兴奋性降低有关。

7. (2017 江苏) 图 1、图 2 分别表示 1000m 持续全速游泳对女子运动员不同生理期雌二醇（一种雌激素）、胰岛素水平的影响。请据图回答下列问题：



- (1) 雌二醇属于\_\_\_\_\_类化合物。
- (2) 1000m 持续全速游泳会使女子运动员雌二醇激素水平\_\_\_\_\_。
- (3) 由图中检测结果可推测，影响雌二醇激素水平的因素有\_\_\_\_\_。
- (4) 1000m 持续全速游泳影响女子运动员胰岛素水平，合理的解释有\_\_\_\_\_（填下列字母）
  - a. 胰岛 B 细胞分泌活动受到抑制
  - b. 收缩肌群对胰岛素的利用量增加
  - c. 胰岛素为运动提供能量
  - d. 血糖浓度升高导致胰岛素分泌减少
- (5) 1000m 持续全速游泳影响女子运动员胰岛素水平，有利于肝糖原分解和\_\_\_\_\_，以保持血糖浓度的相对稳定。
- (6) 葡萄糖专运载体 (GLUT) 有多个成员，其中对胰岛素敏感的是 GLUT4。

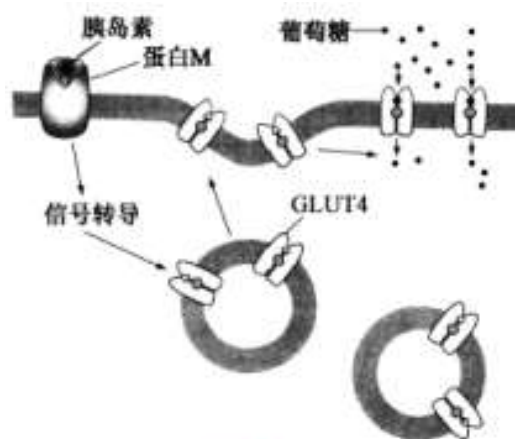


图 3

①GLUT1~3 几乎分布于全身所有组织细胞，它们的生理功能不受胰岛素影响，其生理意义在于\_\_\_\_\_，以保证细胞生命活动的基本能量需要。

②据图 3 分析，当胰岛素与蛋白 M 结合之后，经过细胞内信号传导，引起\_\_\_\_\_的融合，从而提高了细胞对葡萄糖的转运能力。

③结合图 3 分析，下列因素中可能会引发糖尿病的有\_\_\_\_\_（填下列字母）。

- a. 体内产生蛋白 M 的抗体
- b. 体内产生胰岛素抗体
- c. 信号转导蛋白缺失
- d. 胰高血糖素与其受体结合发生障碍

解析：题图分别表示1000m持续全速游泳对女子运动员不同生理期雌二醇（一种雌激素）、胰岛素水平的影响。高中学习了胰岛素的作用，没专门学习雌二醇的据图作用，先仔细读图分析：

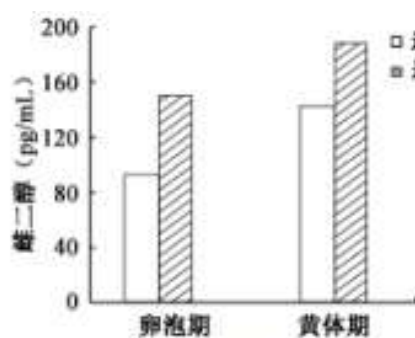


图 1

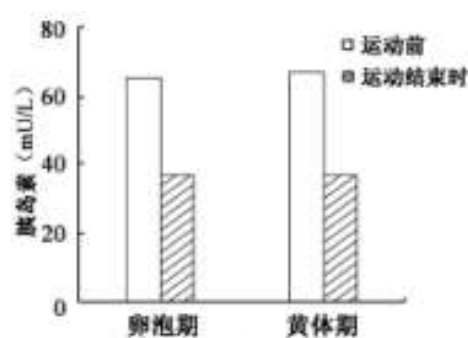


图 2

左图的纵坐标是雌二醇的浓度，白柱表示运动前，灰柱表示运动刚结束时。卵泡期和黄体期都是运动刚结束时雌二醇的浓度升高。

右图的纵谷总表是胰岛素的浓度，也是白柱表示运动前，灰柱表示运动刚结束时。卵泡期和黄体期都是运动刚结束时胰岛素的浓度降低。这可能与运动需要消耗大量能量，葡萄糖提供能量后被消耗掉，机体调节机制降低了胰岛素的浓度，减少胰岛素降低血糖的作用，以维持血糖含量。

逐个分析解决各小问：

(1) 已知雌二醇是一种雌激素，即性激素，性激素一般属于脂类（更小范围的叫法是固醇）化合物。

(2) 根据左图可知，1000m持续全速游泳会使女子运动员雌二醇激素水平升高。

(3) 由图中检测结果可推测，影响雌二醇激素水平的因素有女子所处的生理期和是否运动。

(4) 运动刚结束时胰岛素浓度降低，据此逐个分析判断各选项：

选项 a，胰岛 B 细胞是分泌胰岛素的细胞，胰岛素浓度降低很可能是该细胞分泌活动受到抑制。合理，备选。

选项 b，胰岛素浓度降低也可能是利用量增加，导致快速消耗，来不及补充。合理，备选。

选项 c，胰岛素是调节用的激素，不是供能物质。不合理，排除。

选项 d，血糖浓度升高将导致胰岛素分泌增加，从而防止血糖浓度过高。错误，排除。

填 ab。

(5) 1000m持续全速游泳令女子运动员胰岛素水平降低，产生胰岛素作用的反效果，肝糖原分解和将脂肪等物质转化为葡萄糖。

(6) 葡萄糖专运载体（GLUT）有多个成员，其中对胰岛素敏感的是 GLUT4。

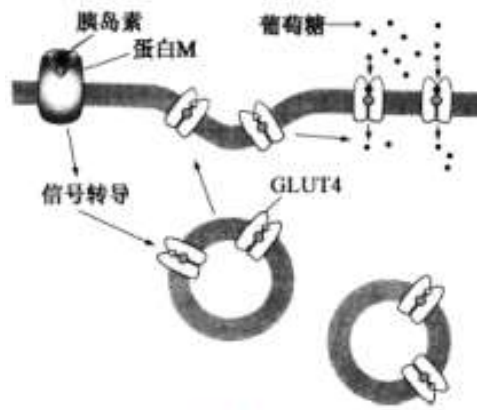


图 3

读图可知，细胞膜上的蛋白 M 可与胰岛素结合，然后通过信号传导，让小圆环把上面的 GLUT4 转移到细胞膜上，GLUT4 可令葡萄糖进入细胞内。即：胰岛素通过蛋白 M，让细胞增加摄取葡萄糖的量。

①GLUT1~3 几乎分布于全身所有组织细胞，它们的生理功能不受胰岛素影响，其生理意义在于保证细胞平时对葡萄糖的摄入，以保证细胞生命活动的基本能量需要。

②图中的小圆环画得与细胞膜很相似，可能是囊泡结构。该结构与细胞膜融合后，囊泡膜上的 GLUT4 也一并成为细胞膜的一部分。因此该过程为含 GLUT4 的囊泡与细胞膜的融合。

③逐个分析判断各选项：结合图 3 分析，下列因素中可能会引发糖尿病的有（填下列字母）。

选项 a，若体内产生蛋白 M 的抗体，则蛋白 M 不能发挥作用，不能促进 GLUT4 进入细胞膜，导致细胞不能提高对葡萄糖的摄取，从而无法有效降低血糖，可能引发糖尿病。备选。

选项 b，体内产生胰岛素抗体，同样使得蛋白 M 无信号可识别，导致细胞无法有效提高对葡萄糖的摄取，可能引发糖尿病。备选。

选项 c，信号转导蛋白缺失，将导致蛋白 M 识别信号后，不能促使 GLUT4 进入细胞膜，使得细胞无法有效提高对葡萄糖的摄取，可能引发糖尿病。备选。

选项 d，胰高血糖素与其受体结合发生障碍，很可能导致机体无



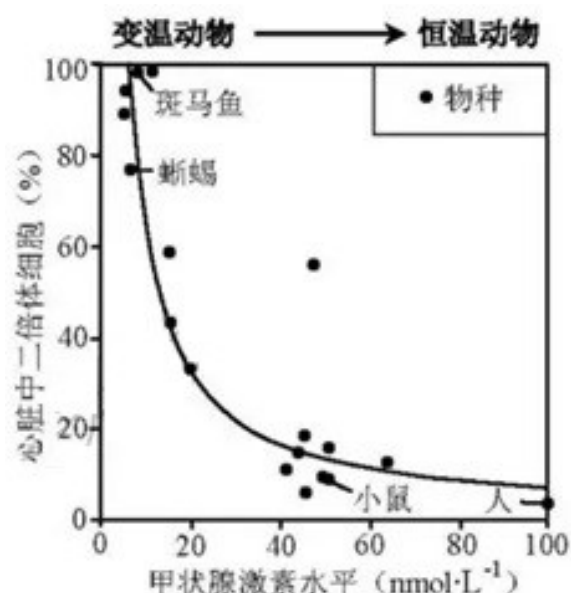
法升高血糖，可能导致低血糖，而不是糖尿病。排除。

填 abc。

8. (2019 天津) 人类心脏组织受损后难以再生。该现象可追溯到哺乳动物祖先，随着它们恒温状态的建立，心脏组织再生能力减弱。

(1) 哺乳动物受到寒冷刺激后，通过\_\_\_\_\_ (神经/体液/神经-体液) 调节促进甲状腺激素分泌，使机体产生更多热量以维持体温。

(2) 活跃分裂的动物细胞多是二倍体细胞，多倍体细胞通常不能分裂。



①对比不同动物心脏中二倍体细胞所占比例及其甲状腺激素水平，结果如图。恒温动物的心脏组织因二倍体细胞比例\_\_\_\_\_，再生能力较差；同时体内甲状腺激素水平\_\_\_\_\_。由此表明甲状腺激素水平与心脏组织再生能力呈负相关。

②制备基因工程小鼠，使其心脏细胞缺乏甲状腺激素受体，导致心脏细胞不受\_\_\_\_\_调节。与正常小鼠相比，基因工程小鼠体内的甲状腺激素水平正常，心脏组织中二倍体细胞数目却大幅增加。由此证明甲状腺激素\_\_\_\_\_正常小鼠心脏组织再生能力。

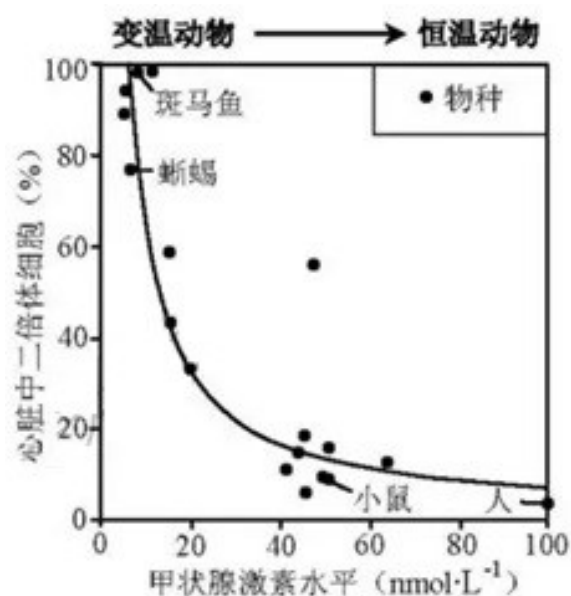
③以斑马鱼为材料进一步研究。将成年斑马鱼分成 A、B 两组，

分别饲养在不同水箱中，A组作为对照组，B组加入甲状腺激素。若\_\_\_\_\_组斑马鱼心脏组织受损后的再生能力比另一组弱，则证明甲状腺激素对变温动物斑马鱼心脏组织再生能力的影响与对恒温动物小鼠的影响一致。

解析：题干已知人类心脏组织受损后难以再生。该现象可追溯到哺乳动物祖先，随着恒温状态的建立，心脏组织再生能力减弱，可知恒温动物的心脏组织再生能力弱于变温动物。逐个分析解答各小问：

(1) 哺乳动物受到寒冷刺激后，促进甲状腺激素分泌。感受寒冷刺激的是神经提醒哦那个，分泌甲状腺素的是内分泌系统，因此该调节方式为神经-体液。

(2) 活跃分裂的动物细胞多是二倍体细胞，多倍体细胞通常不能分裂。因此二倍体细胞越多，分裂越活跃。



题图中，横坐标是甲状腺激素水平，越靠右激素水平越高。纵坐标是心脏中二倍体细胞（百分比），越靠上比例越大。根据图中的点可知，左上角的斑马和蜥蜴的甲状腺激素水平很低，二倍体细胞百分比很大，分裂很活跃。右下角小鼠和人的甲状腺激素水平很高，二倍体细胞百分比很小，分裂很不活跃。即：甲状腺激素水平于心脏中二倍体细胞（分裂活跃性）负相关。

①读图可知，恒温动物的心脏组织因二倍体细胞比例小，再生能力较差；同时体内甲状腺激素水平高。

表明甲状腺激素水平与心脏组织再生能力呈负相关，与前面的推测一致。

②基因工程小鼠的心脏细胞缺乏甲状腺激素受体，则心脏细胞不受甲状腺调节。

基因工程小鼠体内的甲状腺激素水平正常，心脏组织中二倍体细胞数目却大幅增加。由此证明甲状腺激素抑制正常小鼠心脏组织再生能力。

③A组斑马鱼是对照组，没施加影响，B组斑马鱼加入甲状腺激素，按照前面的理论，甲状腺激素将抑制心脏组织的再生能力，因此很可能B组斑马鱼心脏组织的再生能力变弱。

若的确如此，就能证明甲状腺激素对变温动物斑马鱼心脏组织再生能力的影响与对恒温动物小鼠的影响一致。

## 第十六章 免疫调节

免疫调节的考察重点是特异性调节,即通过细胞免疫和体液免疫的方式,对侵入体内的病原体或异物作出免疫应答的过程,需牢固掌握免疫应答的过程、参与者和特点。

由于免疫细胞在免疫调节中发挥非常重要的角色,因此免疫调节的题目也经常涉及细胞膜的信号识别、细胞的分化和分裂、细胞的死亡等细胞层面的生命活动的规律。

免疫调节与传染病的防治、自身免疫疾病、癌症、器官移植等与现实生活息息相关的知识和医疗技术有非常紧密的联系,因此需要对一些典型的与免疫有关的疾病有所了解,能结合生活经验帮助分析。

需注意,人体进行免疫的系统除了重点学习的特异性免疫外,还有由皮肤与粘膜所构成的第一道防线,以及体内非特异性杀菌物质所形成的第二道防线。

最后,神经调节、体液调节、免疫调节三种调节方式并不是相互独立的,相互之间有非常紧密的联系。除专门学习的神经-体液调节外,免疫细胞也在体液中,由此可与体液调节产生联系。免疫物质可能会神经系统作出反应,由此可与神经调节产生联系。

1. (2020 全国II) 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 ( )

- |              |               |
|--------------|---------------|
| 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 |

解析: 根据题干,自身免疫疾病是人体的免疫系统将自身物质当作外来异物进行攻击,因此“病原体”因为人体自身的物质,而非外来的物质。逐个分析判断各选调:

选项 A, 艾滋病由 HIV 病毒引起,不属于自身物质,排除。

选项 B, 类风湿性关节炎是免疫系统过于敏感,破坏自身的软骨

软组织导致的疾病，属于对自身物质的免疫。备选。

选项 C，动物毛屑接触性鼻炎根据名称可推测由动物毛屑引起，不属于自身物质，排除。

选项 D，抗维生素 D 佝偻病是由于对维生素 D 的吸收能力失常，导致骨质疏松，机体形态异常，与免疫系统无关。排除。

本题选 B。

本题的各选项中，若对类风湿性关节炎的致病原因不清楚，可采用排除法。艾滋病毒和动物毛屑是外来病原体或异物，抗维生素 D 佝偻病是由于对维生素 D 的吸收利用异常。

2. (2019 海南)人体受到病毒感染后，不可能出现的现象是 ( )

A. 抗病毒抗体可特异性地与血液中游离的病毒结合并直接使其降解

B. 某些病毒可破坏其感染的免疫细胞而造成免疫系统受损

C. 病毒抗原和淋巴因子可参与 B 细胞增殖分化成浆细胞的过程

D. 效应 T 细胞接触被感染的细胞后，可引起被感染细胞的裂解

解析：题干问人体受到病毒感染后，不可能出现的现象。逐个分析判断各选项：

选项 A，抗病毒抗体可特异性地与血液中游离的病毒结合并形成沉淀，再由其他免疫细胞吞噬消化，不能直接使其降解。错误，备选。

选项 B，HIV 病毒就可破坏其感染的免疫细胞而造成免疫系统受损。正确，排除。

选项 C，病毒抗原和淋巴因子可参与 B 细胞增殖分化成浆细胞的过程，这是体液免疫的过程之一。正确，排除。

选项 D，效应 T 细胞接触被感染的细胞后，可引起被感染细胞的裂解，这是效应 T 细胞的主要作用。正确，排除。

本题选 A。

3. (2017 天津) 细颗粒物 ( $\text{PM}_{2.5}$ ) 可影响免疫系统功能。表中相关推论错误的是 ( )

选项	对长期吸入高浓度 $\text{PM}_{2.5}$ 的研究结果	推论
A.	损害呼吸道黏膜	影响非特异性免疫
B.	改变 T 细胞数目	影响特异性免疫
C.	刺激 B 细胞增殖分化	影响细胞免疫
D.	导致抗体水平升高	影响体液免疫

解析: 已知  $\text{PM}_{2.5}$  可影响免疫系统功能, 逐个分析判断各选项中的结果与推论之间的逻辑关系。

选项 A, 呼吸道黏膜是机体抵抗病原体或异物入侵的屏障, 属于非特异性免疫。正确, 排除。

选项 B, T 细胞是参与特异性免疫中的细胞免疫的重要细胞。正确, 排除。

选项 C, B 细胞是参与特异性免疫中的体液免疫的重要细胞。错误, 备选。

选项 D, 抗体是由浆细胞产生的参与体液免疫的物质。正确, 排除。

本题选 C。

4. (2020 浙江) 对人群免疫接种是预防传染性疾病的重要措施。下列叙述错误的是 ( )

- A. 注射某种流感疫苗后不会感染各种流感病毒
- B. 接种脊髓灰质炎疫苗可产生针对脊髓灰质炎病毒的抗体
- C. 接种抗破伤风疫苗比注射抗破伤风血清可获得更长时间的免疫力
- D. 感染过新型冠状病毒且已完全恢复者的血清可用于治疗新冠

肺炎患者

解析：题干介绍免疫接种是预防传染性疾病的重要举措，应该与免疫接种有关。逐个分析判断各选项：

选项 A，注射某种流感疫苗，只能免疫相应品种的流感病毒，对其他品种的流感病毒不能免疫。且即使是针对品种的病毒，也并不能保证一定不会感染，但即使感染也可较快产生免疫反应。错误，备选。

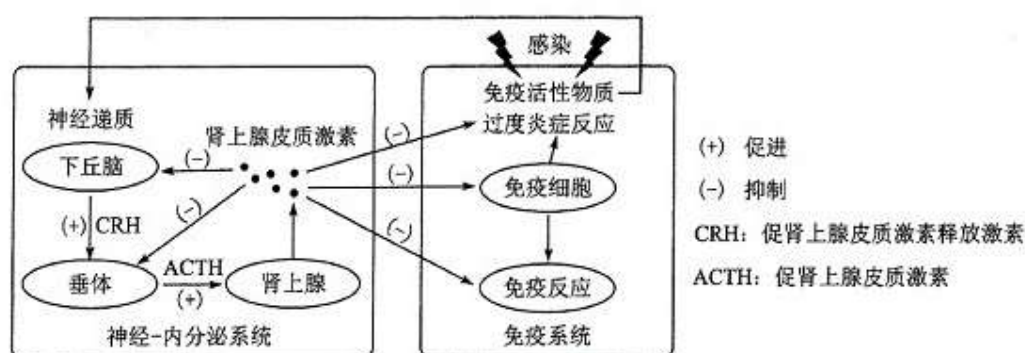
选项 B，接种脊髓灰质炎疫苗可产生针对脊髓灰质炎病毒的抗体，是疫苗的主要作用。正确，排除。

选项 C，接种抗破伤风疫苗体内可形成相应的记忆细胞长期存在血液中，注射抗破伤风血清所获得的只是抗体，不能长期留存。因此前者获得的免疫力的时间更长。正确，排除。

选项 D，感染过新型冠状病毒且已完全恢复者的血清中有针对新冠病毒的抗体，可用于治疗新冠肺炎患者。正确，排除。

本题选 A。

5. (2022 湖南) 病原体入侵引起机体免疫应答，释放免疫活性物质。过度免疫应答造成机体炎症损伤，机体可通过一系列反应来降低损伤，如图所示。下列叙述错误的是 ( )



A. 免疫活性物质可与相应受体结合，从而调节神经-内分泌系统功能

B. 适度使用肾上腺皮质激素可缓解某些病原体引起的过度炎症反应

C. 过度炎症反应引起的免疫抑制会增加机体肿瘤发生风险

D. 图中神经递质与肾上腺皮质激素对下丘脑分泌 CRH 有协同促进作用

解析：题干已知过度免疫应答造成机体炎症损伤，机体可通过一系列反应来降低损伤，题图应当就是描述降低过度免疫造成的损伤的机制。观察分析题图：

题图走红有两个方框，左边的方框下方标注了“神经-内分泌系统”。下丘脑感受到上方的箭头后，分泌 CRH（右侧注释为促肾上腺皮质激素释放激素），促进垂体分泌 ACTH（右侧注释为促肾上腺皮质激素）。ACTH 促进肾上腺分泌肾上腺皮质激素。该激素对下丘脑、垂体，以及右边方框中的“免疫活性物质过度炎症反应”、免疫细胞、免疫反应都是抑制作用。

右边方框中从上到下依次为“免疫活性物质过度炎症反应”、免疫细胞、免疫反应。根据箭头方向可知，免疫细胞引发了“免疫活性物质过度炎症反应”和免疫反应。其中“免疫活性物质过度炎症反应”通过上方的箭头刺激下丘脑释放 CRH。

整个示意图中，左边的“神经-内分泌系统”内存在反馈调节，CRH 和 ACTH 的释放都抑制了它们自己的释放。两个方框之间也存在反馈调节，过度免疫通过左边方框抑制了自身。

逐个分析判断各选项：

选项 A. 免疫活性物质可与相应受体结合，这是免疫活性物质的功能。但只有引发过度炎症反应才能调节神经-内分泌系统功能。错误，备选。

选项 B. 示意图中明确适度使用肾上腺皮质激素可抑制过度炎症反应。正确，排除。

选项 C. 免疫系统是机体清除病变的癌细胞的重要途径，过度炎症反应引起的免疫抑制会降低机体的免疫机能，会增加机体肿瘤发生



风险。正确，排除。

选项 D. 根据示意图可知，神经递质对下丘脑分泌 CRH 有促进作用，但肾上腺皮质激素对下丘脑分泌 CRH 有抑制作用。错误，备选。

由于选项 D 的错误非常直接，选项 A 的错误有可以解释得通的余地。

本题选 D。

本题的选项 A 很不严谨，带来很大的干扰因素。好在选项 D 的错误非常明显。

6. (2019 全国Ⅲ) 动物初次接受某种抗原刺激能引发初次免疫应答，再次接受同种抗原刺激能引发再次免疫应答。某研究小组取若干只实验小鼠分成四组进行实验，实验分组及处理见表。

小鼠分组	A 组	B 组	C 组	D 组
初次注射抗原	抗原甲		抗原乙	
间隔一段合适的时间				
再次注射抗原	抗原甲	抗原乙	抗原甲	抗原乙

回答下列问题。

(1) 为确定 A、B、C、D 四组小鼠是否有免疫应答发生，应检测的免疫活性物质是\_\_\_\_\_ (填“抗体”或“抗原”)。

(2) 再次注射抗原后，上述四组小鼠中能出现再次免疫应答的组是\_\_\_\_。初次注射抗原后机体能产生记忆细胞，再次注射同种抗原后这些记忆细胞能够\_\_\_\_\_。

(3) A 组小鼠再次注射抗原甲，一段时间后取血清，血清中加入抗原甲后会出现沉淀，产生这种现象的原因是\_\_\_\_\_。

(4) 若小鼠发生过敏反应，过敏反应的特点一般有\_\_\_\_\_ (答出 2 点即可)。

解析：题干介绍动物初次接受某种抗原刺激能引发初次免疫应答，再次接受同种抗原刺激能引发再次免疫应答。根据课本知识，二次免疫通常更加迅速和强烈。

根据图表分析实验：

第1行：实验将小小鼠分为A、B、C、D四组。

第2行：初次注射：

A、B两组初次注射抗原甲，应当可对甲产生二次免疫反应。

C、D两组初次注射抗原乙，应当可对乙产生二次免疫反应。

第3行：间隔一段合适的时间，让小鼠有足够时间可以产生相应的免疫细胞及抗体，且时间不能过长以避免免疫细胞和抗体减少。

第4行：再次注射抗原：

A组仍注射抗原甲，将发生针对甲的二次免疫反应。

B组注射抗原乙，将发生新的针对乙的免疫反应。

C组注射抗原甲，将发生新的针对甲的免疫反应。

D组注射抗原乙，将发生针对乙的二次免疫反应。

逐个分析解答各小问：

(1) 若发生了免疫应答，则小鼠体内应当合成了针对相应抗原的抗体。

(2) 根据题干可知，再次免疫应答发生于再次接受同种抗原刺激时，AD两组先后两次注射的是同种抗原，能出现再次免疫应答。

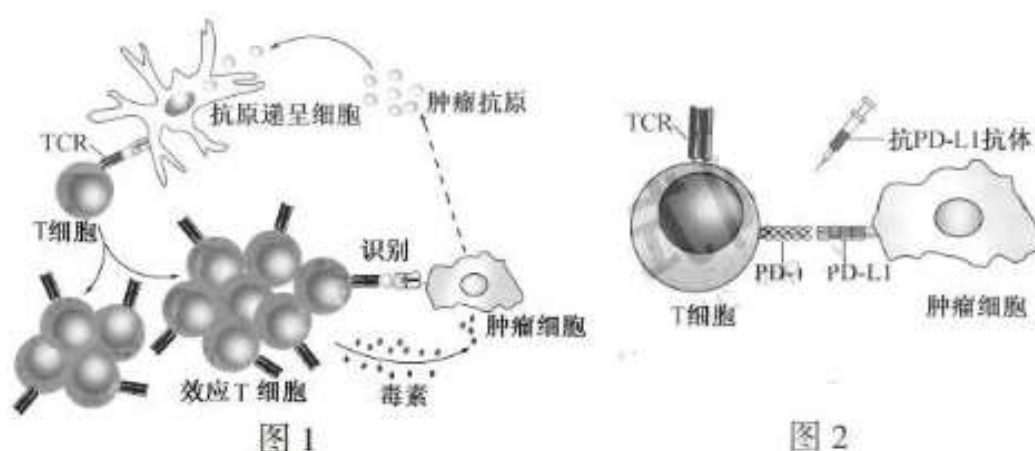
当记忆细胞再次识别到相应的抗原时，能够迅速增殖、分化，并产生大量抗体。

(3) A组小鼠再次注射抗原甲，一段时间后取血清，则血清中应含有大量针对抗原甲的抗体，抗体与抗原发生特异性结合形成沉淀。

(4) 过敏反应一般有发作迅速、反应剧烈、消退较快、个体差异明显等特征。(人教版教材中并未介绍过敏反应的具体特征，只能根据拓展知识、生活经验填写，或根据二次免疫的部分特点填写，但

是过敏反应和二次免疫之间的关系较复杂,较难推断哪些特点是共有的。) )

7. (2019 江苏) 图 1 为 T 细胞通过表面受体 (TCR) 识别抗原呈递细胞呈递的肿瘤抗原后被激活, 进而攻击肿瘤细胞的示意图。图 2 位肿瘤细胞的一种免疫逃逸机制示意图。肿瘤细胞大量表达 PD-L1, 与 T 细胞表面的 PD-1 结合, 抑制 T 细胞活化, 逃避 T 细胞的攻击。请回答下列问题:



- (1) 图 1 中抗原呈递细胞通过\_\_\_\_\_方式摄取肿瘤抗原。
- (2) 图 1 中 T 细胞识别肿瘤抗原后被激活, 增殖并\_\_\_\_\_形成效应 T 细胞群和\_\_\_\_\_细胞群。
- (3) 图 1 中效应 T 细胞通过 TCR 只能识别带有同样抗原的肿瘤细胞, 故发挥的免疫作用具有\_\_\_\_\_性, 效应 T 细胞分泌毒素, 使肿瘤细胞\_\_\_\_\_死亡。
- (4) 为阻断图 2 中肿瘤细胞的免疫逃逸通路, 利用单克隆抗体制备技术, 制备了抗 PD-L1 抗体。该抗体注入体内后通过\_\_\_\_\_传送与\_\_\_\_\_结合, 可解除 T 细胞的活化抑制。
- (5) 为应用于肿瘤的临床免疫治疗, 需对该抗体进行人源化改造, 除抗原结合区域外, 其他部分都替换为人抗体区段, 目的是\_\_\_\_\_。

解析：结合示意图读题分析：

已知图 1 表示 T 细胞通过表面受体（TCR）识别抗原呈递细胞呈递的肿瘤抗原后被激活，进而攻击肿瘤细胞。

即：抗原呈递细胞将肿瘤抗原呈递给 T 细胞，T 细胞通过表面受体（TCR）识别该抗原，识别后 T 细胞被激活，进而攻击肿瘤细胞。

图中上方白色面积较大的标注了抗原呈递细胞，右边是肿瘤抗原，肿瘤抗原下方是肿瘤细胞。抗原呈递细胞的左边是 T 细胞和 TCR。上半部分表示抗原呈递细胞将肿瘤的抗原呈递给 T 细胞，且由 T 细胞上的 TCR 识别。

图中下方颜色较深的标注了效应 T 细胞，根据箭头可知，T 细胞识别抗原后，变成效应 T 细胞。效应 T 细胞能识别肿瘤细胞，并能释放针对肿瘤细胞的毒素，消灭肿瘤细胞。

该过程与细胞免疫的过程很相似。

图 2 为肿瘤细胞的一种免疫逃逸机制示意图。结合题干信息，肿瘤细胞大量表达 PD-L1，与 T 细胞表面的 PD-1 结合，抑制 T 细胞活化，逃避 T 细胞的攻击。

即：肿瘤细胞可以合成一种叫作 PD-L1 的物质，该物质与 T 细胞表面的 PD-1 结合，抑制 T 细胞活化。若 T 细胞不能活化，就不能识别肿瘤细胞并释放毒素，也就不能消灭肿瘤细胞。

图 2 中右边的肿瘤细胞上伸出来的部分标注了 PD-L1，左边的 T 细胞上伸出来的部分标注了 PD-1。二者结合后，T 细胞的活化被抑制，但具体原理未知。

由于图 2 中也专门标出了 TCR，所以抑制 T 细胞的方式有可能是让 T 细胞不能通过 TCR 识别抗原，也有可能是其他方式。

逐个分析解答各小问：

（1）根据细胞免疫的过程，抗原呈递细胞通过胞吞的方式摄取抗原。

(2) 根据细胞免疫的过程, T 细胞识别肿瘤抗原后被激活, 增殖并分化形成效应 T 细胞群和记忆 T 细胞群。

(3) “只能”识别带有同样抗原的肿瘤细胞, 表明该免疫作用具有特异性。

细胞免疫过程中, 效应 T 细胞一般通过令细胞裂解的方式死亡。

(4) 为阻断图 2 中肿瘤细胞的免疫逃逸通路, 利用单克隆抗体制备技术, 制备了抗 PD-L1 抗体。

在体内, 注入体内的药物一般通过体液传送。抗体与相应的抗原, 即肿瘤细胞表面的 PD-L1结合, 令其失效, 从而解除其对 T 细胞的活化抑制。

(5) 对该抗体进行人源化改造, 可理解为让该抗体变得像是“来源于人体”, 防止被当作入侵的病原体, 引发免疫反应, 即防止或降低免疫排异反应。

8. (2018 北京) 癌症是当前严重危害人类健康的重大疾病。研究人员利用与癌细胞在某些方面具有相似性的诱导多能干细胞 (iPSC) 进行了抗肿瘤的免疫学研究。

(1) 癌细胞具有无限\_\_\_\_\_的特点。当体内出现癌细胞时, 可激发机体的\_\_\_\_\_系统发挥清除作用。

(2) 研究人员进行的系列实验如下:

免疫组小鼠: 每周注射 1 次含失去增殖活性的 iPSC 悬液, 连续 4 周;

空白组小鼠: 每周注射 1 次不含失去增殖活性的 iPSC 的缓冲液, 连续 4 周。

实验一: 取免疫组和空白组小鼠的血清分别与 iPSC、DB7 (一种癌细胞) 和 MEF (一种正常体细胞) 混合, 检测三种细胞与血清中抗体的结合率, 结果见下表。

细胞与抗体的结合率(%)	细胞	iPSC	DB7	MEF
	血清			
免疫组		77	82	8
空白组		10	8	9

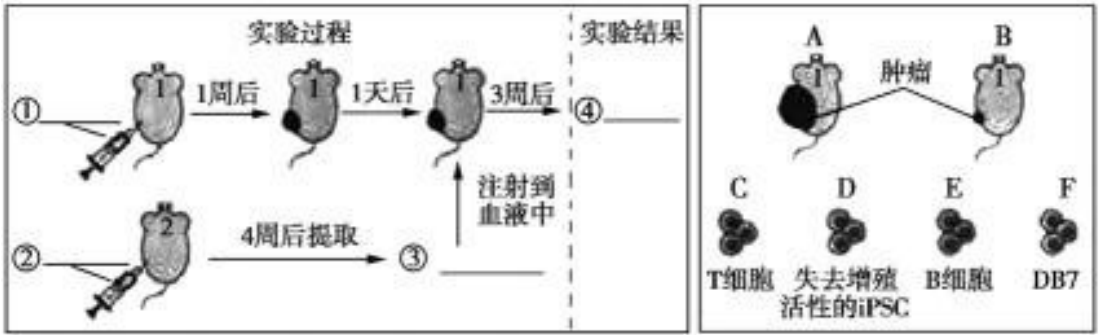
①比较表中 iPSC 与两组小鼠血清作用的结果可知，免疫组的数值明显\_\_\_\_\_空白组的数值，说明 iPSC 刺激小鼠产生了特异性抗体。

②表中 DB7 和 iPSC 与免疫组小鼠血清作用后的检测数据无明显差异，说明 DB7 有\_\_\_\_\_。

③综合表中全部数据，实验结果表明\_\_\_\_\_。

实验二：给免疫组和空白组小鼠皮下注射 DB7，一周后皮下形成肿瘤。随后空白组小鼠肿瘤体积逐渐增大，免疫组小鼠肿瘤体积逐渐缩小。由此推测：iPSC 还能刺激机体产生特异性抗肿瘤的\_\_\_\_\_免疫。

（3）研究人员另取小鼠进行实验，验证了上述推测。如图为实验组的实验过程及结果示意图。请在图中选择 A 或 B 填入④处，从 C~F 中选择字母填入①~③处。



（4）该系列研究潜在的应用前景是 iPSC 可以用于\_\_\_\_\_。

解析：根据题干信息，iPSC 与癌细胞在某些方面具有相似性，且可用于抗肿瘤的免疫学研究。

逐个分析解答各小问：

（1）癌细胞具有无限增殖的特点。免疫系统有清除机体异物的作用。

(2) 研究将小鼠分为两组:

免疫组小鼠注射含失去增殖活性的 iPSC 悬液, 体内应当含有失去增殖活性的 iPSC 细胞。

空白组小鼠注射不含失去增殖活性的 iPSC 的缓冲液, 体内没有相应的 iPSC 细胞, 只是普通小鼠。缓冲液是为了对照。

实验一中, 取免疫组和空白组小鼠的血清分别与 iPSC、DB7 (癌细胞) 和 MEF (正常体细胞) 混合, 检测三种细胞与血清中抗体的结合率为:

免疫组与 iPSC 和 DB7 的结合率都显著高于对照组, 表明免疫组的血清中的抗体能有效结合 iPSC 和癌细胞。其中能结合 iPSC 是因为注射了 iPSC, 诱导产生了相应的抗体。能结合癌细胞可能是因为它有与 iPSC 相同或相似的抗原, 因此 iPSC 诱导产生的抗体也能与癌细胞结合。

免疫组和对照组与正常细胞的结合率接近, 都很低。表明 iPSC 诱导产生的抗体不与正常细胞结合, 具有一定的特异性。

继续答题:

①比较表中 iPSC 与两组小鼠血清作用的结果可知, 免疫组的数值明显高于空白组的数值, 说明 iPSC 刺激小鼠产生了特异性抗体。

②表中 DB7 和 iPSC 与免疫组小鼠血清作用后的检测数据无明显差异, 说明 DB7 有可与 iPS 诱导产生的抗体结合的抗原。

③综合表中全部数据, 实验结果表明 iPSC 诱导产生的抗体可与 DB7 上的抗原结合, 不与 MEF 上的抗原结合。

实验二: 给免疫组和空白组小鼠皮下注射 DB7, 一周后皮下形成肿瘤。

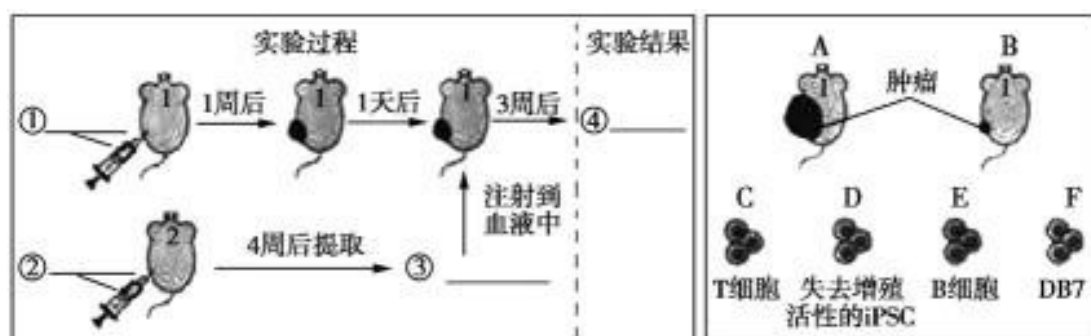
随后空白组小鼠肿瘤体积逐渐增大, 这是肿瘤无限增殖的现象。

免疫组小鼠肿瘤体积逐渐缩小, 有可能是因为免疫组小鼠体内产生的抗体与 DB7 结合, 发生了免疫反应, 将肿瘤细胞消灭。

将癌变的细胞消灭的免疫方式为细胞免疫。体液免疫通常只能让病原体失去感染能力或难以增殖。

(3) 研究人员另取小鼠进行实验，验证了上述推测，表明接下来的实验的结果与上述一致。

观察示意图：



上面一行，①然后给小鼠注射了什么，过1周小鼠左侧有个黑点，过1天后黑点不变，过3周后变成④。

下面一行，②然后给小鼠注射了什么，4周后提取了③，注射到血液中，得到有黑点的小鼠，3周后变成④。

观察右边，1黑点表示肿瘤，A小鼠的肿瘤很大，B小鼠的肿瘤很小。C是T细胞。D是失去增殖活性的iPSC，可诱导小鼠产生抗体。E是B细胞。F是DB7。

该实验可能是通过在小鼠体内注入iPSC，产生抗体，然后用该抗体去消灭另一小鼠体内DB7形成的肿瘤。

上面一行的小鼠体内有肿瘤，且第一次注射后就有了肿瘤，因此①可能是注射的F：DB7，诱导小鼠一周后产生肿瘤。

那么下面一行就是产生抗体的过程，②是用于让小鼠产生抗体的D：失去增殖活性的iPSC。

4周后提取出来的就是相应的能消灭肿瘤的B细胞，所以③是C。

将B细胞注射到患肿瘤的小鼠内，3周后，肿瘤应当消失，变成B，也就是④。

(4) 根据前面的实验，iPSC可以用于防治癌症。



## 第十七章 植物生命活动的调节

植物主要通过植物激素调节自身的生命活动，人工合成的植物生长调节剂可起到类似的作用，植物也可对环境因素作出各类反应。关于植物生命活动调节的题目主要有两类：

一类是直接考查植物激素和植物生长调节剂对植物的作用，需要牢固记忆各主要植物激素的作用效果，包括不同浓度时的不同效果、主要作用部位、多种激素的共同作用等细节。

另一类是通过实验的方式研究分析植物激素或植物生长调节剂的作用效果，需要根据实验的设置和结果或数据，分析讨论激素可能的作用效果等，有时也需要自行设计实验。

另外，植物的向光性、向地性、向触性等向性运动，以及连续光照时长、温度等植物的影响虽然很少出现在考题中，但是也要了解它们的基本特征和规律，主要通过逻辑上的分析判断解答。

植物的激素调节与人体的激素调节有许多共同点，都是使用少量的物质对生命活动进行调控，激素往往不直接作为原料或反应物参与生物化学反应，而是作为传递信号的载体。

1. (2021 全国甲卷) 生长素具有促进植物生长等多种生理功能。下列与生长素有关的叙述，错误的是 ( )

- A. 植物生长的“顶端优势”现象可以通过去除顶芽而解除
- B. 顶芽产生的生长素可以运到侧芽附近从而抑制侧芽生长
- C. 生长素可以调节植物体内某些基因的表达从而影响植物生长
- D. 在促进根、茎两种器官生长时，茎是对生长素更敏感的器官

解析：题干已知生长素具有促进植物生长等多种生理功能，生长素是课本里重点学习的知识。逐个分析判断各选项：

选项 A，植物生长的“顶端优势”是由于顶芽分泌生长素并促进顶芽的伸长和生长，同时抑制下面邻近的侧芽生长的现象。通过去除顶

芽可以解除“顶端优势”。正确，排除。

选项 B，顶芽产生的生长素可以运到侧芽附近从而抑制侧芽生长。与课本知识一致。正确，排除。

选项 C，激素通过调节植物体内某些基因的表达，从而影响植物生长。正确，排除。

选项 D，茎对生长素的敏感程度要弱于根。错误，备选。

本题选 D。

2. (2020 山东) 植物激素或植物生长调节剂在生产、生活中得到了广泛的应用。下列说法错误的是 ( )

A. 提高培养基中的细胞分裂素与生长素间含量的比值可促进愈伤组织分化出根

B. 用适宜浓度的生长素类似物处理未受粉的番茄雌蕊，可获得无子番茄

C. 用适宜浓度的赤霉素处理休眠的种子可促进种子萌发

D. 利用成熟木瓜释放的乙烯可催熟未成熟的柿子

解析：题干中没有很有效的信息，只知道本题考察植物激素或植物生长调节剂的知识。逐个分析判断各选项：

选项 A，生长素有诱导细胞促进侧根和不定根发生的作用，因此提高培养基中的细胞分裂素与生长素间含量的比值，有利于促进愈伤组织分化出根，并非芽。错误，备选。

选项 B，生长素类似物可促使番茄的雌蕊直接发育成熟成为果实，由于没有受精，因此获得的是无子番茄。正确，排除。

选项 C，赤霉素有促进种子萌发的作用。正确，排除。

选项 D，乙烯有催熟的作用，成熟木瓜释放的乙烯可催熟未成熟的柿子。正确，排除。

本题选 A。

3. (2022 湖北) 水稻种植过程中, 植株在中后期易倒伏是常见问题。在适宜时期喷施适量的调环酸钙溶液, 能缩短水稻基部节间长度, 增强植株抗倒伏能力。下列叙述错误的是 ( )

- A. 调环酸钙是一种植物生长调节剂
- B. 喷施调环酸钙的关键之一是控制施用浓度
- C. 若调环酸钙喷施不足, 可尽快喷施赤霉素进行补救
- D. 在水稻基部节间伸长初期喷施调环酸钙可抑制其伸长

解析: 已知水稻在中后期易倒伏, 在适宜时期喷施适量的调环酸钙溶液, 能缩短水稻基部节间长度, 增强植株抗倒伏能力。由此可知: 调环酸钙溶液, 能缩短水稻基部节间长度; 且缩短水稻基部节间长度可增强其抗倒伏能力。逐个分析判断各选项:

选项 A, 喷施适量而非大量的调环酸钙溶液, 就可以缩短水稻基部节间长度, 调环酸钙很可能是发挥调节作用, 很可能是一种植物生长调节剂。暂时认为正确, 暂排除。

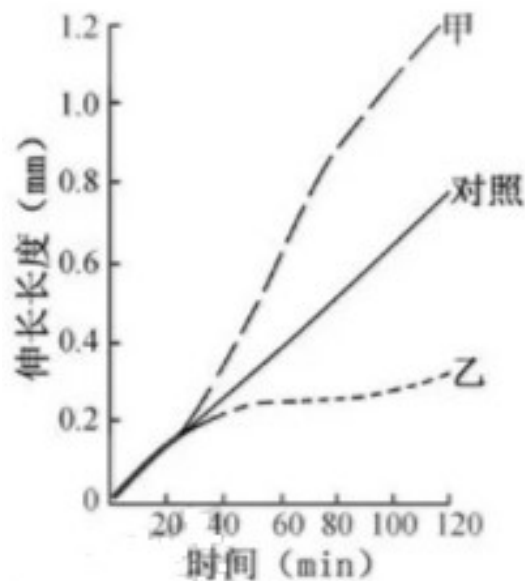
选项 B, 按照调环酸钙是生长调节剂的推测, 其作用效果非常灵敏, 用量不足或过量都可能产生显著不同的效果, 因此喷施调环酸钙的关键之一是控制施用浓度。正确, 排除。

选项 C, 赤霉素的主要作用是促进细胞伸长, 从而引起植株增高, 不能用作调环酸钙喷施不足的补救。错误, 备选。

选项 D, 由于调环酸钙能缩短水稻基部节间长度, 因此有可能有已知细胞的分裂或伸长的作用。正确, 排除。

本题选 C。

4. (2019 江苏) 如图为燕麦胚芽鞘经过单侧光照射后, 甲、乙两侧的生长情况, 对照组未经单侧光处理。下列叙述正确的是 ( )



- A. 甲为背光侧，IAA 含量低于乙侧和对照组
- B. 对照组的燕麦胚芽鞘既不生长也不弯曲
- C. 若光照前去除尖端，甲、乙两侧的生长状况基本一致
- D. IAA 先极性运输到尖端下部再横向运输

解析：已知题图为燕麦胚芽鞘经过单侧光照射后，甲、乙两侧的生长情况，对照组未经单侧光处理。

图中，横坐标是时间，纵坐标是伸长长度。甲侧伸长的长度比对照组大，乙侧伸长的长度比对照组小，可判断甲侧可能是背光侧，乙组是向光侧。生长素向背光的甲侧运输，令甲侧伸得更长，从而令植株表现为朝向向光的乙侧生长。逐个分析判断各选项：

选项 A，甲为背光侧，IAA 含量高于乙侧和对照组。错误，排除。

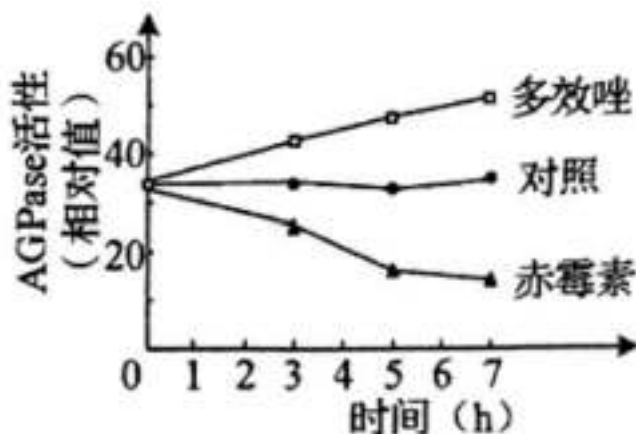
选项 B，对照组的燕麦胚芽鞘正常生长只是不弯曲。错误，排除。

选项 C，若光照前去除尖端，则没有分泌生长素以及其不均匀分布导致的弯曲，甲、乙两侧的生长状况基本一致。正确，备选。

选项 D，但测光的照射导致 IAA 先横向运输到一侧，然后再极性运输到尖端下部。错误，排除。

本题选 C。

5. (2022 山东) 石蒜地下鳞茎的产量与鳞茎内淀粉的积累量呈正相关。为研究植物生长调节剂对石蒜鳞茎产量的影响, 将适量赤霉素和植物生长调节剂多效唑的粉末分别溶于少量甲醇后用水稀释, 处理长势相同的石蒜幼苗, 鳞茎中合成淀粉的关键酶 AGPase 的活性如图。下列说法正确的是 ( )



- A. 多效唑通过增强 AGPase 活性直接参与细胞代谢
- B. 对照组应使用等量清水处理与实验组长势相同的石蒜幼苗
- C. 喷施赤霉素能促进石蒜植株的生长, 提高鳞茎产量
- D. 该实验设计遵循了实验变量控制中的“加法原理”

解析: 已知石蒜地下鳞茎的产量与鳞茎内淀粉的积累量呈正相关, 即: 若淀粉的积累量越多, 则鳞茎的产量越多。

将适量赤霉素和植物生长调节剂多效唑的粉末分别溶于少量甲醇后用水稀释。即: 分别配置赤霉素和多效唑的甲醇/水溶液。其中, 赤霉素是植物激素, 多效唑是植物生长调节剂, 是重要的物质。甲醇和水是溶剂, 很可能不重要。

用上述两种溶液分别处理长势相同的石蒜幼苗, 得到鳞茎中合成淀粉的关键酶 AGPase 的活性的示意图。因为 AGPase 是合成淀粉的关键酶, 因此 AGPase 的活性越高, 合成的淀粉越多。

再结合淀粉与鳞茎正相关, 可知 AGPase 活性越高, 则合成淀粉越多, 很可能导致淀粉的积累量越多, 最终导致鳞茎的产量越多。

分析示意图，横坐标是时间，纵坐标是 AGPase 的活性。图中有 3 条曲线，中间的是对照组，应该是没添加制霉素或多效唑的组，即植物自然的生长状态。

多效唑的曲线比对照组高，因此多效唑可以提高 AGPase 的活性，导致淀粉的合成增加，最终导致鳞茎的产量增加。

赤霉素的曲线比对照组低，因此赤霉素可以降低 AGPase 的活性，导致淀粉的合成减少，最终导致鳞茎的产量减小。

逐个分析判断各选项：

选项 A，多效唑作为生长调节剂，并不直接参与细胞代谢，即没有合成或被用于合成其他物质，而是通过增强 AGPase 活性发挥调控作用，间接参与细胞代谢。错误，排除。

选项 B，为严格起见，对照组应使用与另外两组等量的甲醇和水配置成的溶液处理长势相同的石蒜幼苗，以排除甲醇的影响。错误，排除。

选项 C，根据图中曲线，喷施赤霉素会抑制 AGPase 的活性，导致淀粉合成减少，降低鳞茎产量。错误，排除。

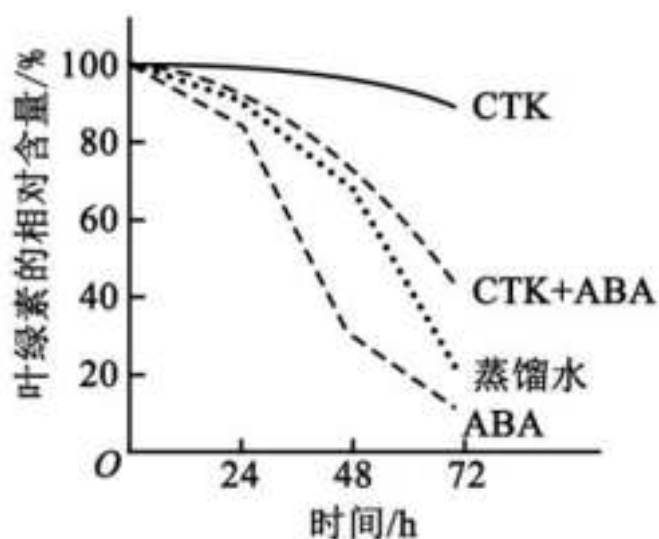
选项 D，“加法原理”即对自然生长的动植物，单独施加某项变量，如试剂、刺激等，观察该变量产生的影响。本题分别单独施加了赤霉素和 AGPase，符合“加法原理”。正确，备选。

本题选 D。

人教版等部分版本教材没有介绍“加法原理”和“减法原理”，相应省份的考卷中一般不会考察该内容。

6. (2017 全国I) 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

解析：已知叶片中叶绿素含量下降可作为其衰老的检测指标，本题研究植物激素对叶片衰老的影响，很可能通过检测叶绿素的含量来衡量叶片的衰老程度。

分别用蒸馏水、细胞分裂素（CTK）、脱落酸（ABA）、CTK+ABA 处理叶片，再将各组置于光下。其中蒸馏水相当于没有特别处理，可以当作对照组。

图中，横坐标是时间，纵坐标是叶绿素的相对含量。4 条曲线都下降，表示叶绿素的含量降低，即细胞逐渐衰老。

其中 CTK 组下降得最慢，表示细胞衰老得最慢。CTK+ABA 组和蒸馏水组差不多。蒸馏水组可以当作自然衰老。ABA 组下降得最快，表示细胞衰老得最慢。

综上，CTK 可以延缓或抑制细胞衰老，ABA 可以促进细胞衰老。二者都添加后可能相互抵消，与自然衰老相仿。

逐个分析判断各选项：

选项 A，图中 CTK 曲线下降得最慢，表明细胞分裂素能延缓该植物离体叶片的衰老。正确，排除。

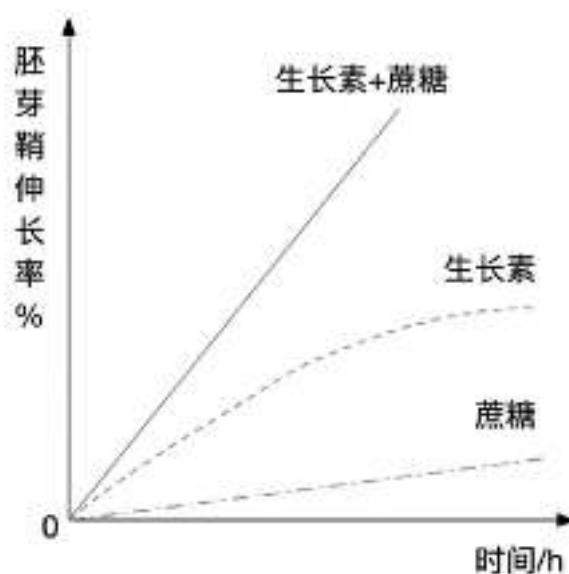
选项 B，图中 CTK+ABA 的曲线与蒸馏水相仿，表明 CTK 对该植物离体叶片的作用可能被 ABA 削弱，也可以反过来说 ABA 对该植物离体叶片的作用可能被 CTK 削弱。正确，排除。

选项 C，光合作用可以合成 NADPH，ABA 组叶绿体中的叶绿体含量少于 CTK，因此光合作用更弱，NADPH 合成速率也更小。错误，备选。

选项 D，秋天银杏树的叶由绿变黄是由于叶绿素分解且未得到及时补充，是叶片衰老的表现。图中施用 ABA 令叶片加速衰老，因此能加速秋天银杏树的叶由绿变黄的过程。正确，排除。

本题选 C。

7. (2020 全国Ⅲ) 取燕麦胚芽鞘切段，随机分成三组，第 1 组置于一定浓度的蔗糖 (Suc) 溶液中 (蔗糖能进入胚芽鞘细胞)，第 2 组置于适宜浓度的生长素 (IAA) 溶液中，第 3 组置于 IAA+Suc 溶液中，一定时间内测定胚芽鞘长度的变化，结果如图所示。用 KCl 代替蔗糖进行上述实验可以得到相同的结果。下列说法不合理的是 ( )





- A. KCl 可进入胚芽鞘细胞中调节细胞的渗透压
- B. 胚芽鞘伸长生长过程中，伴随细胞对水分的吸收
- C. 本实验中 Suc 是作为能源物质来提高 IAA 作用效果的
- D. IAA 促进胚芽鞘伸长的效果可因加入 Suc 或 KCl 而提高

解析：已知取燕麦胚芽鞘切段，随机分成三组：

第 1 组置于一定浓度的蔗糖（Suc）溶液中，且蔗糖能进入胚芽鞘细胞，可能是主要用于提供能量，也可能有调控作用。

第 2 组置于适宜浓度的生长素（IAA）溶液中。

第 3 组置于 IAA+Suc 溶液中。

题图是一定时间内测定胚芽鞘长度的变化，横坐标是时间，纵坐标是胚芽鞘伸长率。观察可知：

加了生长素+蔗糖的胚芽鞘伸长率最大，只加生长素的伸长率居中，只加蔗糖的最小。

用 KCl 代替蔗糖进行上述实验可以得到相同的结果，表明蔗糖对于胚芽鞘伸长的作用不是提供能量。蔗糖和 KCl 的性质以及对细胞的作用和影响方式差异极大，唯一相似的作用只有对渗透压的影响。

逐个分析判断各选项：

选项 A， $K^+$ 和  $Cl^-$ 可通过协助扩散进入细胞，调节细胞的渗透压。正确，排除。

选项 B，胚芽鞘伸长生长过程中，细胞的体积增大，细胞内的自由水增多，同时合成的化合物中有结合水，需要吸收水分。正确，排除。

选项 C，由于用 KCl 代替蔗糖进行上述实验可以得到相同的结果，因此蔗糖和 KCl 很可能有相似的作用效果。而 KCl 不能提供能量，因此蔗糖提高 IAA 作用效果的方式不是作为能源物质，更可能是升高细胞内的渗透压。错误，备选。

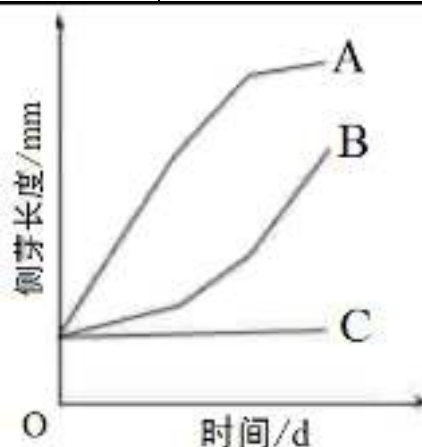
选项 D，根据图中的数据可知，IAA 促进胚芽鞘伸长的效果可因

加入 Suc 或 KCl 而提高。正确，排除。

本题选 C。

8. (2018 海南) 激动素是一种细胞分裂素类植物生长调节剂。为了探究激动素对侧芽生长的影响, 某同学将生长状态一致的豌豆苗随机分为 A、B、C 组, 实验处理如表。处理后, 定期测量侧芽的长度, 结果如图所示。

组别	顶芽处理	侧芽处理
A	去除	2 mg/L 激动素溶液涂抹
B	保留	2 mg/L 激动素溶液涂抹
C	保留	蒸馏水涂抹



回答下列问题:

(1) 从实验结果可知, 顶芽能抑制侧芽生长, 这种现象称为\_\_\_\_\_。

(2) A 组侧芽附近的生长素浓度\_\_\_\_\_(填“高于”“低于”或“等于”) B 组相应侧芽附近的生长素浓度, 原因是\_\_\_\_\_。

(3) 为了验证激动素对 A 组侧芽生长有促进作用, 还应该增加一个处理组 D, D 组的处理是\_\_\_\_\_, 预测该处理的实验结果是: D 组侧芽生长量\_\_\_\_\_(填“大于”“小于”或“等于”) A 组的生长量。

解析: 已知激动素是一种细胞分裂素类植物生长调节剂, 因此可能具有促进细胞分裂的作用。

为了探究激动素对侧芽生长的影响，将生长状态一致的豌豆苗随机分为 A、B、C 组：

A 组去除顶芽，没有生长素，用 2 mg/L 激动素溶液涂抹侧芽。

B 组保留顶芽，有生长素，也用 2 mg/L 激动素溶液涂抹侧芽。

C 组保留顶芽，有生长素，只用蒸馏水涂抹。

则这三组相当于：

A：无生长素，有激动素。

B：有生长素，有激动素。

C：有生长素，无激动素。

定期测量侧芽的长度，横坐标是时间，纵坐标是侧芽长度。从图中可知，A 组长得最快，B 组次之，C 组不长。即：只有激动素的一组侧芽长得最长，生长素和激动素都有的一组侧芽长度适中。只有生长素的一组侧芽长得最慢。

C 组最慢可解释为较高浓度的生长素会抑制侧芽生长。A 组最快很可能是因为激动素能促进侧芽细胞伸长或分裂。B 组始终是因为这两种作用相互对抗。

逐个分析回答各小问：

(1) 顶芽能抑制侧芽生长，这种现象称为顶端优势。

(2) 因为顶芽是分泌生长素的场所，A 组去除了顶芽，无法分泌生长素，B 组没去除顶芽，仍可正常分泌生长素，因此 A 组侧芽附近的生长素浓度低于B 组相应侧芽附近的生长素浓度。

(3) 比较 A、B、C 三组中生长素和激动素的有无，还差一组无生长素、无激动素的组，即 D 组去除顶芽，蒸馏水涂抹侧芽。

D 组与 A 组的区别是 A 组有激动素，D 组没有。根据前面的推测，激动素对侧芽生长有促进作用，那么 D 组侧芽生长量应小于A 组的生长量。

## 第十八章 种群及其动态

种群是生态学研究的基本单位，因此关于群落及其动态的题目广泛出现在与生态学有关的题目中。

关于种群及其动态的题目主要有三种类型：统计学问题、种群数量的变化规律、相关实验。

统计学问题实际上是数学问题，相关知识和方法在高中数学有专门学习。由于种群的数量大都非常巨大，因此需要使用统计学的方法测算其数量，常用的样方法、标记重补法等统计方法都是统计学中的重要方法。

种群数量的变化规律主要涉及影响种群数量的因素：出生率、死亡率、迁入率、迁出率，以及影响这些因素的环境变化、种内斗争等。需牢固掌握“J”型增长和“S”型增长的特征，以及对应的实际条件，这是解决问题的主要依据。

相关实验题目主要考查理论知识和实验操作与情况的结合能力，需要对实验过程中的每个细节都充分考虑到，能理解每一步操作的缘由，能想象并推理出不当操作或改进后产生的影响。

1. (2021 河北) (多选) 我国麋鹿经历了本土野外灭绝、圈养种群复壮、放归野外等历程，成功建立野生种群。2020 年，我国麋鹿分布点已从最初的 2 处发展至 81 处，数量超过 8000 只，基本覆盖麋鹿野外灭绝前的栖息地，展现了我国生物多样性保护的智慧。下列叙述正确的是 ( )

- A. 可采用逐个计数法统计麋鹿种群密度
- B. 增加我国麋鹿种群的遗传多样性，有利于种群的进一步发展
- C. 麋鹿种群增长速率最大时，种内斗争最小
- D. 对麋鹿种群进行圈养复壮、放归野外的过程属于就地保护

解析：已知麋鹿经历了本土野外灭绝、圈养种群复壮、放归野外

等历程，即通过人工繁殖形成一定数量规模后，再放归野外。逐个分析判断各选项：

选项 A，虽然对于可自由移动的动物，一般无法适用逐个计数法，但是由于麋鹿的数量很少，可以逐一计数并对统计过的个体进行简单标记。正确，备选。

选项 B，遗传多样性有利于种群更好地适应不同的环境和环境的变化，从而有利于种群的进一步发展。正确，备选。

选项 C，麋鹿种群增长速率与种群现有数量、出生率、死亡率有关。现有数量越大、出生率越大、死亡率越小，则增长速率越大。但是现有数量越大，往往种内斗争也越大，将导致死亡率增大，有可能导致出生率减小。因此种群增长速率最大时，不一定种内斗争最小，有可能种内斗争略大于最小值，但是综合出生率和死亡率等因素，导致增长速率最大。错误，排除。

选项 D，就地保护一般是指直接将珍稀动物生活的区域划定为保护区，而非圈养复壮、放归野外。错误，排除。

本题选 AB。

2. (2018 全国I) 种群密度是种群的数量特征之一。下列叙述错误的是 ( )

- A. 种群的“S”型增长是受资源因素限制而呈现的结果
- B. 某林场中繁殖力极强老鼠种群数量的增长会受密度制约
- C. 鱼塘中某种鱼的养殖密度不同时，单位水体该鱼的产量有可能相同
- D. 培养瓶中细菌种群数量达到 K 值前，密度对其增长的制约逐渐减弱

解析：本题考查关于种群密度和种群数量的知识，逐个分析判断各选项：

选项 A，种群的“S”型增长是受资源因素限制而呈现的结果，与课本知识已知。正确，排除。

选项 B，随着老鼠的种群密度增大，种内争夺各类资源的竞争会加剧，从而限制老鼠的繁殖，制约种群数量的增长。正确，排除。

选项 C，鱼的产量由新增的种群数量决定。不同养殖密度的鱼，有可能繁殖的速度相同，从而导致鱼的产量相同。正确，排除。

选项 D，对于任何生物种群，在环境容纳量确定的情况下，不论处于何种阶段，其密度对增长的制约都是逐渐增强。错误，备选。人类由于具有高度发达的智力和分工协作，有可能是例外。

本题选 D。

3. (2017 全国Ⅲ) 某陆生植物种群的个体数量较少，若用样方法调查其密度，下列做法合理的是 ( )

- A. 将样方内的个体进行标记后再计数
- B. 进行随机取样，适当扩大样方的面积
- C. 采用等距取样法，适当减少样方数量
- D. 采用五点取样法，适当缩小样方面积

解析：由于该陆生植物种群的个体数量较少，因此分布的随机性可能很大，为减小随机性带来的误差，应当让样方的面积尽可能大、样方的数量尽可能多。

极端情况下，样方的面积覆盖全部区域，就不会产生统计上的误差，只是由于工作量过大才不合理。

如果样方太少或者面积太小，很有可能样方内恰好没有植物或严重偏少，导致统计结果为零或严重偏小。或者样方内恰好植物密度严重偏高，导致统计结果严重偏大。

逐个分析判断各选项：

选项 A，将样方内的个体进行标记后再计数，并没有针对个体数

量稀少的特点进行优化，不太合理，暂排除。

选项 B，进行随机取样可行。适当扩大样方的面积，有助于防止因为偶然因素，导致样方内的数量偏离整体分布情况。合理，备选。

选项 C，采用等距取样法可行，适当减少样方数量，会导致偶然因素引起的误差增大。不合理，排除。

选项 D，采用五点取样法可行，适当缩小样方面积，也会导致偶然因素引起的误差增大。不合理，排除。

本题选 B。

4. (2020 江苏) 下列关于“探究培养液中酵母菌种群数量的动态变化”实验的叙述，错误的是 ( )

A. 将酵母菌接种到培养液中，并进行第一次计数

B. 从静置的培养液中取适量上清液，用血细胞计数板计数

C. 每天定时取样，测定酵母菌细胞数量，绘制种群数量动态变化曲线

D. 营养条件是影响酵母菌种群数量动态变化的因素之一

解析：本题关于实验“探究培养液中酵母菌种群数量的动态变化”。生长繁殖的物种是酵母菌。生活环境是培养液，通常在烧瓶里，可以人为控制营养物质并定期更换培养液。逐个分析判断各选项：

选项 A，将酵母菌接种到培养液中，并进行第一次计数。由于研究的是酵母菌种群数量的动态变化，一开始计数初始数量，没太大问题，暂排除。

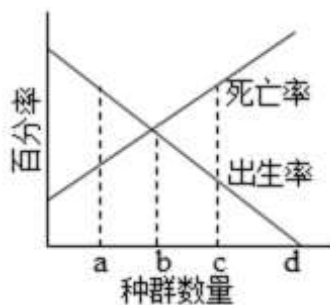
选项 B，通过取样来统计培养液中酵母菌的种群数量，需要让溶液浓度均一，因此应当摇匀。若从静置的培养液中取适量上清液，则其浓度显著低于整体情况，将导致统计数量偏小。错误，备选。

选项 C，每天定时取样，测定酵母菌细胞数量，绘制种群数量动态变化曲线。无明显问题，暂排除。

选项 D，营养条件是影响酵母菌种群数量动态变化的因素之一，符合生物生长繁殖的一般规律。排除。

本题选 B。

5. (2021 广东) 如图表示某 S 型增长种群的出生率和死亡率与种群数量的关系。当种群达到环境容纳量 (K 值) 时，其对应的种群数量是 ( )



- A.  $a$
- B.  $b$
- C.  $c$
- D.  $d$

解析: 已知题图表示某 S 型增长种群的出生率和死亡率与种群数量的关系。观察题图，横坐标是种群数量，纵坐标是百分率，两条直线分别为出生率和死亡率。出生率随种群数量增大而减小，死亡率随种群数量减小而增大。

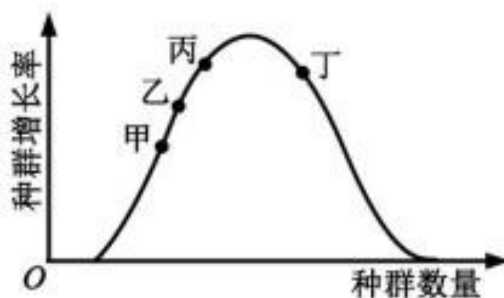
在两条直线的交点  $b$  左侧，出生率总是大于死亡率，种群数量逐渐增长。在两条直线的交点右侧，出生率总是小于死亡率，种群数量逐渐减小。因此点  $b$  对应的种群数量是种群数量可以稳定存在的最大值，就是环境容纳量。

本题选 B。

6. (2017 全国 I) 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。若要持续尽可能多



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（ ）



- 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

解析：已知该家畜种群呈“S”型增长，即：在增长曲线的拐点前，种群数量增长速度加快，在拐点后增长速度减慢，最终达到环境容纳量后种群数量不变。

题图为种群的增长率随种群数量的变化趋势，横坐标是种群数量，纵坐标是种群增长率。根据图像可知，前半段增长率随种群数量增加而增大，因为数量越多，交配产生后代的机会越大。后半段增长率随种群数量减小，因为种内竞争导致个体死亡率增大，且交配产生后代的机会不会显著增大。

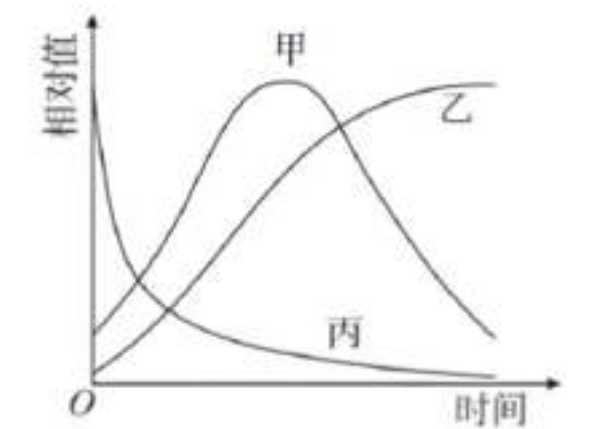
新增个体的数量，等于种群数量与增长率的乘积。若要坚持尽可能多地收获该种家畜，则需要在增长率与种群数量的乘积最大的点。

图中，丙、丁的增长率和种群数量都比甲、乙大，因此排除甲、乙。丙和丁的增长率相近，但丁的种群数量比丙大，因此丁的新增个体数最多。选择丁点。

本题选 D。

7. (2022 全国甲卷) 在鱼池中投放了一批某种鱼苗，一段时间内该鱼的种群数量、个体重量和种群总重量随时间的变化趋势如图所示。

若在此期间鱼没有进行繁殖，则图中表示种群数量、个体重量、种群总重量的曲线分别是（ ）



- A. 甲、丙、乙
- B. 乙、甲、丙
- C. 丙、甲、乙
- D. 丙、乙、甲

解析：本题考察种群数量、个体重量、种群总重量的变化趋势。

由于题干明确鱼没有进行繁殖，因此种群数量只能减少，不能增加，图中唯一只减少不增加的曲线为丙。

个体重量的变化趋势与时间有关，若这段时间较短，个体只有成长没有衰老，则个体重量只增不减，对应曲线乙。若这段时间较长，个体经历了成长和衰老的过程，则个体重量先增后减，对应曲线甲。暂时难以判断。

好在题干明确投放的是鱼苗，对于种群总重量，在前期以鱼苗的生长占主导，鱼苗的意外死亡影响较小，因此种群总重量在前期增大。随着鱼苗成熟，个体重量趋于稳定，死亡开始成为影响种群总重量的主要因素，因此种群总重量应当为先增后减，对应的曲线为甲。

综上，种群数量、个体重量、种群总重量分别对应丙、乙、甲。  
本题选 D。

另外，也可以根据种群数量、个体重量、种群总重量这三者之间

的关系判断。可以大致认为：种群数量和个体重量的乘积等于种群总重量。在明确种群重量只减不增的前提下，只有个体重量只增不减，才有可能让它们的乘积先增后减。如果个体重量先增后减，那么它们的乘积后半段只能以更显著的速度减少，而不会仍保持缓慢上升的趋势。

8. (2022 山东) 根据所捕获动物占该种群总数的比例可估算种群数量。若在某封闭鱼塘中捕获了1000条鱼售卖，第2天用相同方法捕获了950条鱼。假设鱼始终保持均匀分布，则该鱼塘中鱼的初始数量约为 ( )

- A.  $2 \times 10^4$  条
- B.  $4 \times 10^4$  条
- C.  $6 \times 10^4$  条
- D.  $8 \times 10^4$  条

解析：根据所捕获动物占该种群总数的比例可估算种群数量，其原理与标记重补法类似，即：用相同方法捕获的动物数量与动物总数的比值恒定。

假设鱼塘中鱼的初始数量约为  $T$ ，该捕获方法每次可捕获的百分比为  $x$ ，则第一次捕获的比例为： $\frac{1000}{T} = x$ ，还剩  $T - 1000$  条。

第二次捕获的比例也为： $\frac{950}{T - 1000} = x$ 。

联立这两个等式得到方程组可得：

$$x = \frac{1000}{T} = \frac{950}{T - 1000}$$

解方程  $\frac{1000}{T} = \frac{950}{T - 1000}$  得：

$$T = 2 \times 10^4$$

本题选 A。

9. (2019 全国III) 回答下列与种群数量有关的问题。

(1) 将某种单细胞菌接种到装有10 mL液体培养基(培养基 M)的试管中, 培养并定时取样进行计数。计数后发现, 试管中该种菌的总数达到 $a$ 时, 种群数量不再增加。由此可知, 该种群增长曲线为\_\_型, 且种群数量为\_\_\_\_时, 种群增长最快。

(2) 若将该种菌接种在5 mL培养基 M 中, 培养条件同上, 则与上述实验结果相比, 该种菌的环境容纳量(K 值)\_\_\_\_\_(填“增大”“不变”或“减小”)。若在5 mL培养基 M 中接种该菌的量增加一倍, 则与增加前相比, K 值\_\_\_\_\_(填“增大”“不变”或“减小”), 原因是\_\_\_\_\_。

解析: 题干没有重要信息, 直接分析解答各小问:

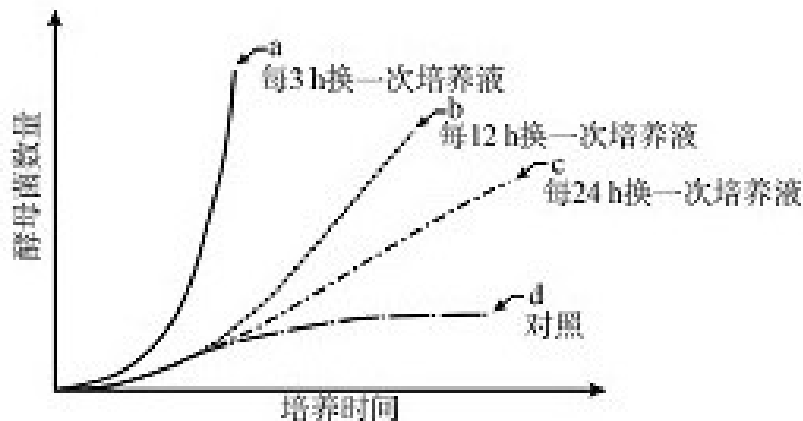
(1) 根据试管中该种菌的总数达到 $a$ 时, 种群数量不再增加, 可知种群数量有增长的上限, 因此种群增长曲线为 S型。

对于 S 型增长的种群, 当种群数量为环境容纳量的一半时, 增长最快, 该点是增长速度由加快转变为减慢的拐点。已知总数达到 $a$ 时种群数量不再增加, 因此环境容纳量是 $a$ , 因此拐点对应的种群数量是  $a/2$ 。

(2) 若将该种菌接种在成分相同的培养基中, 但是体积只有原来的一半, 因此能容纳的最大种群数量应当减小到原来的约一半。

K 值只由物种的种类和环境的资源等情况决定, 与物种当前的数量无关, 因此即使接种该菌的量增加一倍, K 值仍不变。

10. (2020 海南) 用 4 种不同方式培养酵母菌, 其他培养条件相同, 酵母菌种群数量增长曲线分别为 a、b、c、d, 如图所示。



回答下列问题。

(1) 培养酵母菌时需要将温度控制在  $20^{\circ}\text{C}$  左右, 原因是\_\_\_\_\_。

(2) 曲线 a 所示的种群数量增长最快, 主要原因是种群增长所需的\_\_\_\_\_最丰富。

(3) 曲线 d 为对照组, 对照组的培养方式是\_\_\_\_\_。  
该组酵母菌数量增长到一定程度后, 种群增长逐渐变慢, 其限制因素有\_\_\_\_\_ (答出 2 点即可)。

(4) 随着培养时间的延长, 在有限空间中, 每组酵母菌种群数量都会达到环境容纳量。环境容纳量是指\_\_\_\_\_。

解析: 已知用 4 种不同方式培养酵母菌, 其他培养条件相同, 酵母菌种群数量增长曲线分别为 a、b、c、d。

观察题图, 横坐标是培养时间, 纵坐标是酵母菌数量, 题图表示酵母菌的数量随时间变化的关系。

曲线 a 增长得最快, 形状接近“J”型增长, 且标注了“每 3h 换一次培养液”。

曲线 b 增长得第二快, 形状接近直线, 且标注了“每 12h 换一次培养液”。

曲线 c 增长得第三快, 形状也接近直线, 且标注了“每 24h 换一次培养液”。

曲线 d 经过一段时间后几乎不增长, 且标注了“对照”, 很可能没

有换培养液，酵母菌的数量达到了培养液的最大容纳量。

根据上述数据可知，更换培养液的间隔时间越短，酵母菌的数量增长得越快。很可能是因为培养液中的营养被消耗是限制酵母菌数量增长的主要因素，空间大小不是本实验的限制因素。

逐个分析解答各小问：

（1）培养酵母菌并研究其数量增长的情况时，需要让其尽可能在适宜的条件下生长繁殖，因此将温度控制在  $20^{\circ}\text{C}$  左右很可能是因为该温度最适合酵母菌繁殖。

（2）曲线 a 所示的种群数量增长最快，主要原因是由于更换培养液的频率最快，因此种群增长所需的营养物质最丰富。

（3）曲线 d 为对照组，对照组的培养方式是不采取特别操作，即：不更换培养液。

该组酵母菌数量增长到一定程度后，种群增长逐渐变慢，其限制因素有营养物质被消耗殆尽、有害的代谢产物聚集等。

（4）根据课本知识，环境容纳量是指特定环境所能容纳的种群数量的最大值。

## 第十九章 群落及其演替

群落由相同时间聚集在一定地域里的种群所构成。群落的核心是种群之间的关系，这也是分析解决大部分关于群落的问题的入手点。

关于群落的问题主要有两种类型：一类是关于构成群落的不同种群之间的关系；另一类是群落的动态变化，即群落的演替。

对于群落内种群之间的关系的题目，主要入手点是种群之间的具体关系，核心是不同物种对资源的利用方式。其中，竞争关系是最常见的考察内容，也要掌握捕食、寄生、拟寄生、互利共生、原始合作等关系。群落的空间结构的核心也是不同物种对资源的利用方式。

对于群落的演替的题目，通常从占优势的或主要研究的几种群落入手，根据它们之间的竞争或其他关系，动态地分析群落的密度的变化情况。一些自然变化也可以根据生活中了解到的生活常识或科普知识辅助判断。

1. (2021 全国甲卷) 群落是一个不断发展变化的动态系统。下列关于发生在裸岩和弃耕农田上的群落演替的说法，错误的是 ( )

- A. 人为因素或自然因素的干扰可以改变植物群落演替的方向
- B. 发生在裸岩和弃耕农田上的演替分别为初生演替和次生演替
- C. 发生在裸岩和弃耕农田上的演替都要经历苔藓阶段、草本阶段
- D. 在演替过程中，群落通常是向结构复杂、稳定性强的方向发展

解析：本题需判断关于发生在裸岩和弃耕农田上的群落演替的说法。裸岩上发生的群落演替是初生演替，弃耕农田上原有有机质，发生的是次生演替，比初生演替更加迅速。逐个分析判断各选项：

选项 A，各类因素都有可能改变植物群落演替的方向。正确，排除。

选项 B，发生在裸岩和弃耕农田上的演替分别为初生演替和次生演替，课本知识一致。正确，排除。

选项 C，发生在弃耕农田上的次生演替不需要经历苔藓阶段，而是直接生长杂草。错误，备选。

选项 D，群落的演替通常是向结构复杂、稳定性强的方向发展，与课本知识一致。正确，排除。

本题选 C。

2. (2022 全国乙卷) 分层现象是群落研究的重要内容。下列关于森林群落分层现象的叙述，正确的是 ( )

- ①森林群落的分层现象提高了生物对环境资源的利用能力
- ②森林植物从上到下可分为不同层次，最上层为灌木层
- ③垂直方向上森林中植物分层现象与对光的利用有关
- ④森林群落中动物的分层现象与食物有关
- ⑤森林群落中植物的分层现象是自然选择的结果
- ⑥群落中植物垂直分层现象的形成是由植物种类决定的

- A. ①③④⑤
- B. ②④⑤⑥
- C. ①②③⑥
- D. ③④⑤⑥

解析：本题要求判断关于森林群落分层现象的陈述，逐个分析判断各条目：

①森林群落的分层现象有利于生物利用不同高度的资源，提高了生物对环境资源的利用能力。正确，备选。

②森林群落的最上层为乔木层，灌木层比乔木层矮。错误，排除。

③垂直方向上森林中植物分层现象主要由对光的利用决定。正确，备选。

④森林群落中动物的分层现象与动物对以不同高度的植物或其他动物为食有关。正确，备选。



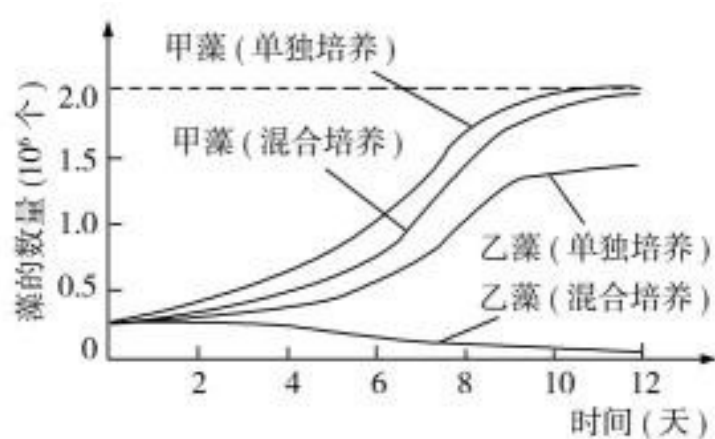
⑤森林群落中植物的分层现象是自然选择的结果。正确，备选。

⑥群落中植物垂直分层现象的形成是由植物对光的利用决定的，并非植物的种类。错误，排除。

综上，①③④⑤正确。

本题选 A。

3. (2020 山东) 为研究甲、乙两种藻的竞争关系，在相同条件下对二者进行混合培养和单独培养，结果如下图所示。下列说法错误的是 ( )



- A. 单独培养条件下，甲藻数量约为  $1.0 \times 10^6$  个时种群增长最快
- B. 混合培养时，种间竞争是导致甲藻种群数量在 10~12 天增长缓慢的主要原因
- C. 单独培养时乙藻种群数量呈“S”型增长
- D. 混合培养对乙藻的影响较大

解析：题目为研究甲、乙两种藻的竞争关系，方法是在相同条件下对二者进行混合培养和单独培养。

如果二者之间有竞争关系，则混合培养后，则至少一种的生长繁殖会受到显著减弱。如果不存在竞争关系，则混合培养与单独培养时，繁殖速度区别不大。

题图的横坐标为时间，纵坐标为藻的数量，表示的是藻类的数量

随时间繁殖的关系。观察题图可知，甲藻混合培养时的繁殖速度比单独培养时略微降低，乙藻混合培养时的繁殖速度显著低于单独培养时，甚至数量逐渐趋于零。表明两种藻之间有竞争关系，且甲藻胜出。

逐个分析判断各选项：

选项 A，甲藻种群增长速度表现为数量-时间曲线的斜率，观察图中甲藻单独培养时数量随时间变化的曲线，在量约为  $1.0 \times 10^6$  个时，曲线斜率最大。正确，排除。

选项 B，甲藻无论是单独培养还是混合培养，都在 10~12 天增长缓慢，因此主要原因应当是达到环境容纳量，而非种间竞争。错误，备选。

选项 C，观察乙藻单独培养时的数量-时间曲线，呈“S”型增长。正确，排除。

选项 D，甲藻单独与混合培养时的曲线非常接近，乙藻混合培养时的曲线显著低于单独培养，因此可推断混合培养对乙藻的影响较大。正确，排除。

本题选 B。

4. (2019 江苏) 下列关于种群和群落的叙述，正确的是 ( )

A. 种群是生物进化的基本单位，种群内出现个体变异是普遍现象

B. 退耕还林、退塘还湖、布设人工鱼礁之后都会发生群落的初生演替

C. 习性相似物种的生活区域重叠得越多，对资源的利用越充分

D. 两只雄孔雀为吸引异性争相开屏，说明行为信息能够影响种间关系

解析：本题需判断关于种群和群落的叙述，直接分析判断各选项：

选项 A，种群是生物进化的基本单位，且种群内经常出现的个体

变异是令种群适应环境、产生新物种的要素。正确，备选。

选项 B，退耕还林、退塘还湖都是在已有有机质的基础上发生的群落演替，是次生演替。人工鱼礁也是对海洋生物环境的加以利用，也是次生演替。错误，排除。

选项 C，习性相似物种的生活区域重叠得越多，则竞争越激烈。只有生活区域重叠越少，才能更加充分利用空间内的各类资源。错误，排除。

选项 D，两只雄孔雀为吸引异性争相开屏，说明行为信息能够影响种内关系，并非种间关系。错误，排除。

本题选 A。

5. (2020 山东) (不定项) 在互花米草入侵地栽种外来植物无瓣海桑，因无瓣海桑生长快，能迅速长成高大植株形成荫蔽环境，使互花米草因缺乏光照而减少。与本地植物幼苗相比，无瓣海桑幼苗在荫蔽环境种成活率低，逐渐被本地植物替代，促进了本地植物群落的恢复。下列说法错误的是 ( )

A. 在互花米草相对集中的区域选取样方以估算其在入侵地的种群密度

B. 由互花米草占优势转变为本地植物占优势的过程不属于群落演替

C. 逐渐被本地植物替代的过程中，无瓣海桑种群的年龄结构为衰退型

D. 应用外来植物治理入侵植物的过程中，需警惕外来植物潜在的入侵性

解析：根据“在互花米草入侵地栽种外来植物无瓣海桑”可知，互花米草是一种入侵物种。

无瓣海桑生长快，能迅速长成高大植株形成荫蔽环境，使互花米

草因缺乏光照而减少。可知无瓣海桑可用来清除入侵的互花米草。

与本地植物幼苗相比，无瓣海桑幼苗在荫蔽环境种成活率低，逐渐被本地植物替代，促进了本地植物群落的恢复。

根据上述过程可知，无瓣海桑可用于清除入侵的互花米草，并随后输给本地植物幼苗，可以达到清除入侵植物，且自身不形成入侵的目的。

逐个分析判断各选项：

选项 A，在选取样方时，不应刻意选取样本相对集中或稀少的区域，应当尽可能平均，或者不额外施加选择。错误，排除。

选项 B，由互花米草占优势转变为本地植物占优势的过程是不同种群先后生长繁殖、竞争淘汰的过程，属于群落演替。错误，排除。

选项 C，逐渐被本地植物替代的过程中，无瓣海桑种群的幼年植株的比例逐渐减小，老年植株的比例逐渐增大，年龄结构为衰退型。通常逐渐被淘汰的物种的年龄结构都是衰退型。正确，备选。

选项 D，应用外来植物治理入侵植物的过程中，需警惕外来植物潜在的入侵性，防止外来之物成为新的入侵物种。正确，备选。

本题选 CD。

6. (2019 全国I) 某果园中存在 A、B 两种果树害虫，果园中的鸟 (C) 可以捕食这两种害虫；使用人工合成的性引诱剂 Y 诱杀 B 可减轻 B 的危害。回答下列问题。

(1) 果园中包含害虫 A 的一条食物链是\_\_\_\_\_。该食物链的第三营养级是\_\_\_\_\_。

(2) A 和 B 之间存在种间竞争关系，种间竞争通常是指\_\_\_\_\_。

(3) 性引诱剂 Y 传递给害虫 B 的信息属于\_\_\_\_\_。使用性引诱剂 Y 可以诱杀 B 的雄性个体，从而破坏 B 种群的\_\_\_\_\_，导

致\_\_\_\_\_降低，从而减轻 B 的危害。

解析：已知果园中存在 A、B 两种果树害虫，果园中的鸟（C）可以捕食这两种害虫，可得到果树→A→C，果树→B→C 两条食物链。由于 A 和 B 都危害果树，因此 A 和 B 之间可能有竞争关系，也可能因为取食的部位不同而没有竞争关系。

使用人工合成的性引诱剂诱杀害虫，往往是只诱杀一种性别的害虫，导致害虫无法交配繁殖，从而逐渐灭绝。

逐个分析解答各小问：

（1）果园中包含害虫 A 的一条食物链是果树→A→C。

果树是第一营养级，A 是第二营养级，第三营养级是 C。

（2）A 和 B 之间存在种间竞争关系，种间竞争通常是指两个或多个种群因利用相同的有限资源和空间，而相互排斥的现象。

（3）性引诱剂是一种化学物质，传递给害虫 B 的信息属于化学信息。

使用性引诱剂 Y 可以诱杀 B 的雄性个体，从而破坏 B 种群的性别比，直接导致出生率降低，进而导致种群密度降低，从而减轻 B 的危害。

7.（2021 全国乙卷）在自然界中，竞争是一个非常普遍的现象。回答下列问题：

（1）竞争排斥原理是指在一个稳定的环境中，两个或两个以上受资源限制的，但具有相同资源利用方式的物种不能长期共存在一起。为了验证竞争排斥原理，某同学选用双小核草履虫和大草履虫为材料进行实验，选择动物所遵循的原则是\_\_\_\_\_。该实验中需要将两种草履虫放在资源\_\_\_\_\_（填“有限的”或“无限的”）环境中混合培养。当实验出现\_\_\_\_\_的结果时即可证实竞争排斥原理。

(2) 研究发现, 以同一棵树上的种子为食物的两种雀科鸟原来存在竞争关系, 经进化后通过分别取食大小不同的种子而能长期共存。若仅从取食的角度分析, 两种鸟除了因取食的种子大小不同而共存, 还可因取食的\_\_\_\_\_ (答出 1 点即可) 不同而共存。

(3) 根据上述实验和研究, 关于生物种间竞争的结果可得出的结论是\_\_\_\_\_。

解析: 本题考察关于竞争的知识, 逐个分析回答各小问:

(1) 竞争排斥原理是指在一个稳定的环境中, 两个或两个以上受资源限制的, 但具有相同资源利用方式的物种不能长期共存在一起。即: 若两个或多个物种利用资源的方式相同且资源有限, 那么它们不能长期共存, 若时间足够长, 会有物种从该环境中消失。

为了验证竞争排斥原理, 选取动物应符合竞争排斥原理所描述的情形: 具有相同的资源利用方式。

由于竞争排斥原理描述的是受资源限制的情况, 因此实验中需要将两种草履虫放在资源有限的环境中混合培养。

若要证实竞争排斥原理, 则应发生“不能长期共存”的现象, 即一种草履虫灭绝的结果。

(2) 研究发现, 以同一棵树上的种子为食物的两种雀科鸟原来存在竞争关系, 经进化后通过分别取食大小不同的种子而能长期共存, 即: 这两种雀科鸟利用资源的方式不再相同。

若仅从取食的角度分析, 两种鸟除了因取食的种子大小不同而共存, 还可因取食种子的颜色、形状、部位、时间、成熟程度等而共存。

(3) 根据上述实验和研究, 关于生物种间竞争的结果可得出的结论是具有相同的资源利用方式的物种之间因种间竞争而相互排斥, 将导致物种从环境中灭绝, 或通过改变利用资源的方式而共存。

## 第二十章 生态系统及其稳定性

关于生态系统的题目的类型很多，通常综合性很强，也是创新题较常涉及的领域。生态系统的知识涉及多个维度，既有生态学方面的物种之间的关系、种群数量的变化及群落的演替，也可能涉及到生物对信息的反应以及自然选择和人工选择，还可能通过物质循环和能量流动而需要使用物理和化学的有关知识。

关于生态系统及其稳定性的题目可大致分为三类：（1）关于生态系统内成员的变化以及生态系统的稳定性，（2）关于生态学系统的结构和营养级，（3）关于生态系统的物质循环、能量变化和信息传递。

针对于生态系统内成员的变化以及生态系统的稳定性的题目，主要从生态系统的主要成员之间的相互关系入手，具体思路与群落的题目类似，经常需额外考虑非生物的无机环境的因素。

针对关于生态学系统的结构和营养级的题目，切入点是理清题目中的食物链和食物网，找到生产者、各级消费者、分解者，或各营养级，并确定各物种之间的捕食和被捕食关系，以及可能的竞争关系。

针对关于生态系统的物质循环、能量变化和信息传递的题目，有时需结合生物的物质构成部分的知识，以及部分物理的热力学基本原理和化学元素的知识，进行分析推理。

以上只是大致的分类，很多关于生态系统的题目非常综合或者较为复杂，考查多个方面或给出新的信息，分析解决题目的主要切入点还是生态系统内主要的几个种群之间的关系，并通过物质、能量、信息将各物种串联起来。

1.（2019 全国II）如果食物链上各营养级均以生物个体的数量来表示，并以食物链起点的生物个体数作底层来绘制数量金字塔，则只有两个营养级的夏季草原生态系统（假设第一营养级是牧草，第二营养级是羊）和森林生态系统（假设第一营养级是乔木，第二营养级是

昆虫)数量金字塔的形状最可能是( )

- A. 前者为金字塔形, 后者为倒金字塔形
- B. 前者为倒金字塔形, 后者为金字塔形
- C. 前者为金字塔形, 后者为金字塔形
- D. 前者为倒金字塔形, 后者为倒金字塔形

解析: 题目假设食物链上各营养级均以生物个体的数量来表示, 并以食物链起点的生物个体数作底层来绘制数量金字塔。与课本中主要介绍的用重量不同, 需具体考虑生物体的大小和数量。

对于第一营养级是牧草, 第二营养级是羊的生态系统, 通常牧草的数量比羊多很多, 因此是金字塔型。

对于第一营养级是乔木(也就是大树), 第二营养级是昆虫, 通常一颗大树上可以生存很多昆虫, 大树的数量比昆虫少很多, 因此是倒金字塔型。

本题选 A。

2. (2022 浙江) 下列关于生态工程的叙述, 正确的是( )

- A. 生物防治技术的理论基础是种群内个体的竞争
- B. 套种、间种和轮种体现了物质的良性循环技术
- C. 风能和潮汐能的开发技术不属于生态工程范畴
- D. “过腹还田”可使农作物秸秆得到多途径的利用

解析: 本题要求判断关于生态工程的叙述, 逐个分析判断各选项:

选项 A, 生物防治技术的理论基础是种群之间的捕食、竞争等关系, 不是群内个体的竞争。错误, 排除。

选项 B, 套种、间种和轮种体现了对生态系统内不同资源的合理充分利用, 与物质循环无直接联系。物质循环通常涉及到某种物质(元素)在不同状态之间的来回变化, 要能形成“环”。错误, 排除。

选项 C, 风和潮汐都是生态圈中的自然现象, 风能和潮汐能的开发技术可算作生态工程范畴, 但是不那么确切。暂存疑, 看有无其他



更正确的选项。

选项 D, “过腹还田”根据字面意思可理解为: 让东西经过腹部之后归还到田里, 也就是将吃掉食物消化之后的排泄物重新放回田里, 相当于施加肥料, 该措施可使农作物秸秆得到多途径的利用。正确, 备选。

由于选项 D 更加正确无疑, 因此选项 C 可以当作错误。

本题选 D。

3. (2019 江苏) 我国生物多样性较低的西部沙漠地区生长着一种叶退化的药用植物锁阳, 该植物依附在另一种植物小果白刺的根部生长, 从其根部获取营养物质。下列相关叙述正确的是 ( )

- A. 锁阳与小果白刺的种间关系为捕食
- B. 该地区生态系统的自我调解能力较强, 恢复力稳定性较高
- C. 种植小果白刺等沙生植物固沙体现了生物多样性的间接价值
- D. 锁阳因长期干旱定向产生了适应环境的突变, 并被保留下来

解析: 已知在沙漠地区生长着一种叶退化的药用植物锁阳, 该植物依附在另一种植物小果白刺的根部生长, 从其根部获取营养物质。

由于锁阳的叶已经退化, 因此不能自己进行光合作用。该植物依附在小果白刺的根部生长, 从其根部获取营养物质, 相当于进行寄生生活。

逐个分析判断各选项:

选项 A, 锁阳从小果白刺的根部获取营养物, 而不是直接以其机体为食, 因此种间关系为竞争, 而非捕食。错误, 排除。

选项 B, 该地区是西部沙漠地区, 复杂程度很低、物种很稀缺, 因此抵抗力稳定性若、恢复力稳定性较高, 但是自我调节能力很差。错误, 排除。

选项 C, 种植小果白刺等沙生植物固沙, 防止沙尘侵袭其他地区, 间接体现了一定的价值。这句话的表述比较空泛且原则, 如果没有明

显的不合理，通常都是正确的。备选

选项 D，突变是随机的而非定向的，只有适应环境的突变可以倍保留下来，这是生物进化的一般原理。错误，排除。

4. (2019 北京) 为减少某自然水体中 N、P 含量过高给水生生态系统带来的不良影响，环保工作者拟利用当地原有水生植物净化水体。选择其中 3 种植物分别置于试验池中，90 天后测定它们吸收 N、P 的量，结果见下表。

植物种类	单位水体面积 N 吸收量 ( $\text{g}/\text{cm}^{-2}$ )	单位水体面积 P 吸收量 ( $\text{g}/\text{cm}^{-2}$ )
浮水植物 a	22.30	1.70
浮水植物 b	8.51	0.72
沉水植物 c	14.61	2.22

结合表中数据，为达到降低该自然水体中 N、P 的最佳效果，推断应投放的两种植物及对该水体的生态影响是 ( )

- A. 植物 a 和 b，群落的水平结构将保持不变
- B. 植物 a 和 b，导致该水体中的食物链缩短
- C. 植物 a 和 c，这两种植物种群密度会增加
- D. 植物 a 和 c，群落中能量流动方向将改变

解析：已知自然水体中 N、P 含量过高给水生生态系统带来的不良影响，现在要减少这种影响。

环保工作者拟利用当地原有水生植物净化水体，可能是利用水生植物来消耗 N、P。

选择其中 3 种植物分别置于试验池中，90 天后测定它们吸收 N、P 的量，观察表格：

a 和 b 是浮水植物，c 是沉水植物。但由于水中的 N、P 可以自由扩散，因此植物是浮水还是沉水对于消耗溶质没有区别。若效果相同，为了减少种间竞争，优先选择生长区域不同的两种植物。

吸收 N 的能力:  $a > c > b$ 。

吸收 P 的能力:  $c > a > b$ 。

若要有效降低 N、P, 选择 a 和 c 最合适, 且它们生长的区域也不同。排除选项 A 和 B, 逐个分析选项 C 和 D:

选项 C, 投放植物 a 和 c, 90 天后测定它们吸收 N、P 的量都较大, 表明植物有进行生长繁殖, 因此这两种植物种群密度会增加。正确, 备选。

选项 D, 投放植物 a 和 c, 它们作为生产者固定能量, 为捕食它们的群落提供能量, 群落中能量流动方向不变。错误, 排除。生态系统中能量流动的方向通常是单向的, 只有少数较特殊的情况才会因此改变。

本题选 C。

5. (2022 山东) 某地长期稳定运行稻田养鸭模式, 运行过程中不投放鸭饲料, 鸭取食水稻老黄叶、害虫和杂草等, 鸭粪可作为有机肥料还田。该稻田的水稻产量显著高于普通稻田, 且养鸭还会产生额外的经济效益。若该稻田与普通稻田的秸秆均还田且其他影响因素相同, 下列说法正确的是 ( )

- A. 与普通稻田相比, 该稻田需要施加更多的肥料
- B. 与普通稻田相比, 该稻田需要使用更多的农药
- C. 该稻田与普通稻田的群落空间结构完全相同
- D. 该稻田比普通稻田的能量利用率低

解析: 已知某地长期稳定运行稻田养鸭模式, 不投放鸭饲料, 鸭取食水稻老黄叶、害虫和杂草等, 鸭粪可作为有机肥料还田。

由此可知鸭的食物来源都是稻田已有的生物, 且鸭粪可作为有机肥料回到田地中。

该稻田的水稻产量显著高于普通稻田, 且养鸭还会产生额外的经

济效益。

由此可知鸭取食水稻后不仅没有使水稻减产，反而使其增产，可能是通过取食害虫和杂草，让水稻有了更多的资源和空间，以及更少的天敌。

若该稻田与普通稻田的秸秆均还田且其他影响因素相同。这句话表明该稻田的其他条件与普通稻田相同，养鸭是产生差异的主要因素。

逐个分析判断各选项：

选项 A，该稻田的水稻产量比普通稻田高，还额外产出了鸭。增加的产量中，碳元素可以来自光合作用固定二氧化碳，氮、磷等元素只能来自土壤，但是土壤的肥力有限，因此需要额外补充，因此该稻田需要施加更多的肥料。正确，备选。

选项 B，由于鸭可以取食害虫和杂草，因此该稻田需使用的农药更少。错误，排除。

选项 C，由于引入了新的物种鸭，鸭本身会占据一定的空间结构，鸭取食杂草和害虫也会改变稻田原本的群落空间结构，因此不完全相同。错误，排除。

选项 D，该稻田的水稻产量比普通稻田更高，固定的光能更多，因此对能量的利用率更高。错误，排除。

本题选 A。

本题是非常典型的需要从能量的流动和物质的转化利用层面分析研究生态系统的题目。

6. (2019 天津) 多数植物遭到昆虫蚕食时会分泌茉莉酸，启动抗虫反应，如分泌杀虫物质、产生吸引昆虫天敌的挥发物质等。烟粉虱能合成 Bt56 蛋白。该蛋白会随烟粉虱唾液进入植物，抑制茉莉酸启动的抗虫反应，使烟粉虱数量迅速增长。下列叙述错误的是 ( )

A. 植物产生挥发物质吸引昆虫天敌体现了信息传递调节种间关

系的功能

B. 植食性昆虫以植物为食和植物抗虫反应是长期共同进化的结果

C. Bt56 基因表达被抑制的烟粉虱在寄主植物上的数量增长比未被抑制的对照组快

D. 开发能水解 Bt56 蛋白的转基因植物可为控制烟粉虱提供防治措施

解析：已知多数植物遭到昆虫蚕食时会分泌茉莉酸，启动抗虫反应，如分泌杀虫物质、产生吸引昆虫天敌的挥发物质等。

由此可知，分泌茉莉酸是启动抗虫反应的条件。需注意，茉莉酸本身不会杀死昆虫，而是会引发分泌杀虫物质、产生吸引天敌的挥发物质等过程。

烟粉虱能合成 Bt56 蛋白。该蛋白会随烟粉虱唾液进入植物，抑制茉莉酸启动的抗虫反应，使烟粉虱数量迅速增长。

由此可知，烟粉虱通过合成并分泌 Bt56 蛋白来防止植物的抗虫反应。抑制茉莉酸启动的抗虫反应。需注意，Bt56 不影响茉莉酸的合成，而是影响茉莉酸的启动作用。

逐个分析判断各选项：

选项 A，植物产生挥发物质吸引昆虫天敌，挥发物质作为吸引昆虫天敌的信息媒介，体现了信息传递调节种间关系的功能。正确，排除。

选项 B，植食性昆虫以植物为食和植物抗虫反应是长期共同进化的结果，有直接关系的两种生物的相关性状往往都是长期共同进化的结果。正确，排除。

选项 C，Bt56 基因表达被抑制的烟粉虱，不能表达合成 Bt56，不能抑制植物的抗虫反应，将被杀虫物质或天敌消灭，数量增长应当比未被抑制的对照组慢。错误，备选。

选项 D，开发能水解 Bt56 蛋白的转基因植物，可阻止烟粉虱抑制植物的抗虫反应，让植物更好地抗虫，提供控制烟粉虱的防治措施。正确，排除。

本题选 C。

7. (2018 海南) 某地在建设池塘时，设计了如图所示的食物网，鲫鱼和鲢鱼生活在不同水层。关于该池塘生态系统的叙述，错误的是 ( )



- A. 鲫鱼既是初级消费者又是次级消费者
- B. 消耗等量藻类时，鳊鱼的生长量少于鲢鱼
- C. 通气可促进水体中生物残骸分解为无机物
- D. 藻类固定的能量小于流入次级消费者的能量

解析：已知某地在建设池塘时，设计了如图所示的食物网。还已知鲫鱼和鲢鱼生活在不同水层。

读图可知，最左边的藻类向右伸出三个箭头，分别被鲫鱼、水蚤、鲢鱼取食。

中间的水蚤由分别被上方的鲫鱼和下方的鲢鱼捕食。

上方的鲫鱼还被鳊鱼捕食。

最长的食物链有四个营养级：

藻类 → 水蚤 → 鲫鱼 → 鳊鱼

有三个营养级的食物链有：

藻类 → 鲫鱼 → 鳊鱼

藻类 → 水蚤 → 鲢鱼

有两个营养级的食物链有：

藻类 → 鲢鱼

结合生态系统中物质循环、能量流动的知识，以及鲫鱼和鲢鱼生活在不同水层的题目信息，逐个分析判断各选项：

选项 A，在食物链藻类 → 鲫鱼 → 鳊鱼中，鲫鱼是初级消费者。在食物链藻类 → 水蚤 → 鲫鱼 → 鳊鱼中，鲫鱼是次级消费者。正确，排除。

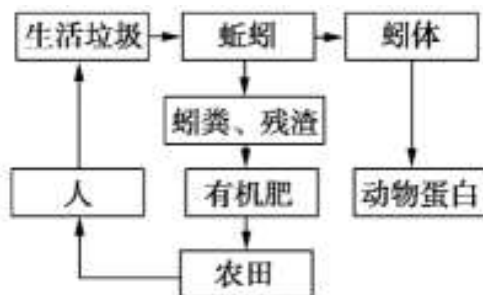
选项 B，鳊鱼的营养级比鲢鱼高一级或两级，由生产者藻类传递给鳊鱼的物质和能量显著少于传给鲢鱼的，因此鳊鱼的生长量少于鲢鱼。正确，排除。

选项 C，通气可为水体中的分解者提供更多的空气，有利于分解者将生物残骸分解为无机物。正确，排除。

选项 D，同一个生态系统中，流入的能量都来自生产者，因此生产者固定的能量总是大于流入某一营养级的能量。错误，备选。

本题选 D。

8. (2018 全国Ⅲ) 如图是某农业生态系统模式图。



据图回答下列问题：

(1) 蚯蚓生命活动所需的能量来自生活垃圾中的\_\_\_\_\_ (填“有机物”或“无机物”)。生活垃圾中的细菌和真菌属于分解者，在生态系统中分解者的作用是\_\_\_\_\_。

(2) 根据生态系统中分解者的作用，若要采用生物方法处理生活垃圾，在确定处理生活垃圾的方案时，通常需要考虑的因素可概括为 3 个方面，即\_\_\_\_\_。

(3) 有机肥在土壤中经分解、转化可产生  $\text{NO}_3^-$ 。通常植物根系

对  $\text{NO}_3^-$  的吸收是通过\_\_\_\_\_运输完成的。

解析：读图分析农业生态系统模式图，根据箭头了解营养物质和能量的流动情况。

图中没有明显的“起点”，从最下方的“农田”开始。

农田向左的箭头指向人，意为农田产出的物质和能量流向人。

人向上的箭头指向生活垃圾，意为人使用的物质的和能量变成了生活垃圾。

生活垃圾的箭头向右指向蚯蚓，意为生活垃圾被蚯蚓使用（摄取）。

蚯蚓向右的箭头指向蚓体，意为蚯蚓摄取的生活垃圾，有一部分变成了蚯蚓的身体，进而向下的箭头指向动物蛋白，蚯蚓的身体构成有动物蛋白。

蚯蚓还有向下的箭头指向蚓粪、残渣，然后是有机肥，然后回到农田，意为蚯蚓摄取的部分食物变成了粪便和残渣，进而变成有机肥，最后回到农田。

逐个分析解答各小问：

（1）蚯蚓是消费者而非生产者，生命活动所需的能量只能来自有机物。

根据课本知识，在生态系统中分解者的作用是将动物的遗体和排泄物中的淤积物分解成无机物。

（2）分解者的作用是将废弃的有机物分解为无机物，若要采用生物方法处理生活垃圾，在确定处理生活垃圾的方案时，通常需要考虑的因素可概括为 3 个方面，即垃圾的化学成分、分解者的分解能力、垃圾分解后的产物、分解者生长繁殖所需要的环境条件、分解者对其他生物的影响、分解者对环境的其他影响等等。

（3）通常植物根系对  $\text{NO}_3^-$  等离子的吸收是通过主动运输完成的。

8.（2018 全国 II）大型肉食性动物对低营养级肉食性动物与植食



性动物有捕食和驱赶作用，这一建立在“威慑”与“恐惧”基础上的种间关系会对群落或生态系统产生影响，此方面的研究属于“恐惧生态学”范畴。回答下列问题：

(1) 当某种大型肉食性动物迁入到一个新的生态系统时，原有食物链的营养级有可能增加。生态系统中食物链的营养级一般不会太多，原因是\_\_\_\_\_。

(2) 如果将顶级肉食性动物引入食物网只有三个营养级的某生态系统中，使得甲、乙两种植食性动物间的竞争结果发生了反转，即该生态系统中甲的数量优势地位丧失。假定该反转不是由顶级肉食性动物的直接捕食造成的，那么根据上述“恐惧生态学”知识推测，甲的数量优势地位丧失的可能原因是\_\_\_\_\_（答出一点即可）。

(3) 若某种大型肉食性动物在某地区的森林中重新出现，会减轻该地区野猪对农作物的破坏程度。根据上述“恐惧生态学”知识推测，产生这一结果的可能原因有\_\_\_\_\_（答出两点即可）。

解析：已知大型肉食性动物对低营养级肉食性动物与植食性动物有捕食和驱赶作用，这一建立在“威慑”与“恐惧”基础上的种间关系会对群落或生态系统产生影响。

根据描述和“威慑”与“恐惧”的字面含义。可能是指被捕食的动物害怕大型肉食动物，被捕食或逃离该区域。逐个分析回答各小问：

(1) 生态系统中食物链的营养级一般不会太多，原因是能量在食物链中逐级传递的效率很低，大部分都损失了，越高的营养级可获取的能量衰减得越厉害。

(2) 如果将顶级肉食性动物引入食物网只有三个营养级的某生态系统中，使得甲、乙两种植食性动物间的竞争结果发生了反转，即该生态系统中甲的数量优势地位丧失。

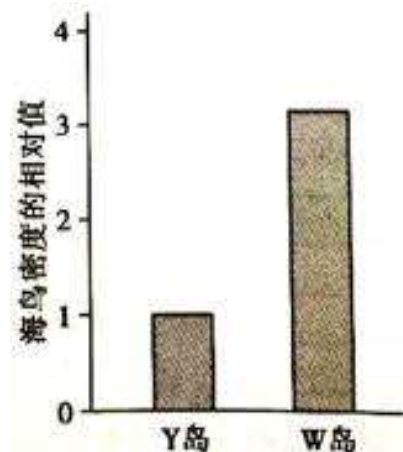
假定该反转不是由顶级肉食性动物的直接捕食造成的，根据“恐惧生态学”知识，大型肉食性动物对低营养级肉食性动物与植食性动物有捕食和驱赶两种作用，题目已经拍出来捕食作用，那么有可能是驱赶作用，即：甲对该顶级肉食性动物的恐惧程度比乙高，被驱赶出该区域的数量比例远大于乙。

(3) 若某种大型肉食性动物在某地区的森林中重新出现，会减轻该地区野猪对农作物的破坏程度。根据上述“恐惧生态学”知识推测，产生这一结果的可能原因有野猪被该大型肉食性动物捕食导致数量减少、野猪对该大型肉食性动物感到恐惧而被驱赶出该地区、野猪对该大型肉食性动物感到恐惧而减少觅食的时间和频率。

9. (2020 北京) 北极圈附近的 A 群岛由众多生态环境相似的岛屿组成，是许多海鸟的栖息地。一百多年前，北极狐被引入到一些岛屿上定居。几十年后发现，无北极狐岛(W 岛)的植物群落无明显变化，而有北极狐岛(Y 岛)上较高的草本植物明显减少，苔藓增加。为分析北极狐的引入是否导致植物群落的变化，生态学家进行了相关研究。

(1) Y 岛的生态系统由岛上所有的生物与\_\_\_\_\_共同组成，在此生态系统组成成分中，北极狐属于\_\_\_\_\_者。

(2) 研究者调查了若干 Y 岛和 W 岛的海鸟密度，统计结果如图。



由图可知，Y 岛上的海鸟密度比 W 岛\_\_\_\_\_。

(3) 进一步调查发现，Y 岛上单位面积的植物干重及土壤氮、磷含量均低于 W 岛。研究者选择 Y 岛上的若干代表性地块，通过施肥实验证明了 Y 岛植物干重较低是由于土壤肥力低所致。支持此结论的实验结果为\_\_\_\_\_。

(4) 综上所述，请将下列选项排序，以解释北极狐的引入导致的植物群落变化。

- A. 岛屿土壤肥力降低
- B. 北极狐捕食海鸟
- C. 土壤中的鸟粪减少
- D. 海鸟数量减少

北极狐引入并定居→\_\_\_\_\_→\_\_\_\_\_→\_\_\_\_\_→\_\_\_\_\_→植物群落变化。

解析：已知北极圈附近的 A 群岛由众多生态环境相似的岛屿组成，是许多海鸟的栖息地。

由此可知，这些岛屿的生态环境相似，栖息有许多海鸟。

一百多年前，北极狐被引入到一些岛屿上定居。几十年后发现，无北极狐岛（W 岛）的植物群落无明显变化，而有北极狐岛（Y 岛）上较高的草本植物明显减少，苔藓增加。

由此可知，北极狐的引入可能是导致较高的草本植物明显减少、苔藓增加的原因。有可能是疑问北极狐取食较高的草本植物，不取食苔藓。也有可能是北极狐捕食的动物以苔藓为食，苔藓的天敌减少后在与草本植物的竞争中占优势。需根据题目的后续信息判断。

逐个分析解答各小问：

(1) Y 岛的生态系统由岛上所有的生物与非生物的无机环境共同组成。

在此生态系统组成成分中，北极狐属于消费者。

(2) Y 岛有北极狐, W 岛无北极狐。根据题图中两个柱形的高度可知, 有北极狐的 Y 岛的海鸟密度显著低于无北极狐的 W 岛。

(3) 进一步调查发现, Y 岛上单位面积的植物干重及土壤氮、磷含量均低于 W 岛。氮和磷通常不会得到额外补充, 因此可能是被北极狐消耗, 存储在北极狐体内或散失掉, 且没有回归土地。

研究者选择 Y 岛上的若干代表性地块, 通过施肥实验证明了 Y 岛植物干重较低是由于土壤肥力低所致。

题目已经明确通过“施肥”实验, 因此方法是在 Y 岛上的代表性地块里施肥。若要支持“Y 岛植物干重较低是由于土壤肥力低所致”的结论, 则应当为: 在 Y 岛的地块上施加肥料后, 相应地块的植物干重有所恢复。

(4) 对北极狐的引入导致的植物群落变化进行排序解释。

由于明确是北极狐引入导致的变化, 因此含有北极狐的叙述应当排在首位。

导致的变化是植物群落变化, 因此最后一条应当与植物直接有关。

为了确保逻辑连续, 需确保相邻的变化之间有因果关系。

四条叙述中, 只有 B 北极狐捕食海鸟与北极狐有关, 排在第一位。

北极狐捕食海鸟, 可直接导致的结果是 D 海鸟数量减少, 排在第二位。

海鸟会排泄出鸟粪, 因此海鸟减少可直接导致 C 土壤中的鸟粪减少, 排在第三位。

鸟粪是土壤肥料的重要来源, 因此鸟粪减少可直接导致 A 岛屿土壤肥力降低, 排在第四位。

最后, 土壤肥力降低, 可导致植物由于缺少必要的营养而导致种群密度降低。

综上, 排序为北极狐引入并定居→B 北极狐捕食海鸟→D 海鸟数量减少→C 土壤中的鸟粪减少→A 岛屿土壤肥力降低→植物群落变化。

10. (2018 江苏) 某城市河流由于生活污水和工业废水的排入, 水质逐渐恶化。经过治理后, 河水又恢复了清澈。图 1 表示河流的能量金字塔 (甲、乙、丙为 3 种鱼, 丁为 1 种水鸟, 甲不摄食藻类, 箭头指示能量流动方向), 图 2 表示部分能量流动关系 (图中数字表示同化的能量)。请回答下列问题:

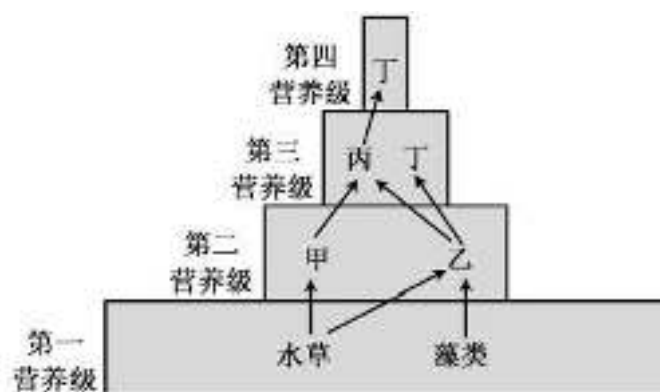


图 1

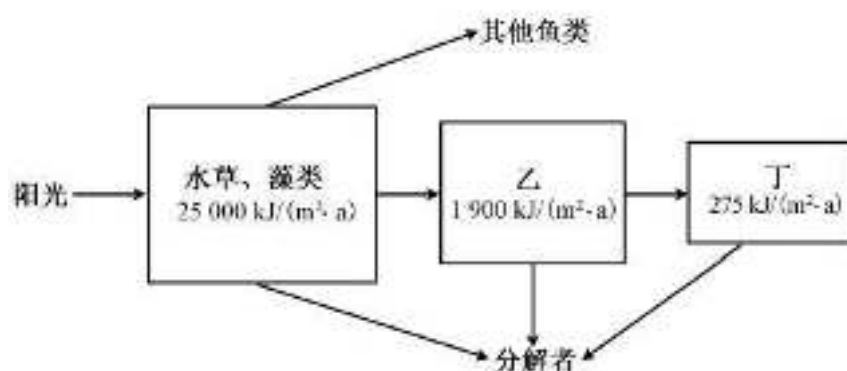


图 2

(1) 图 1 所示食物网中, 遗漏了一条能量流动途径, 该条途径是\_\_\_\_\_。

(2) 图 1 所示食物网中, 次级消费者是\_\_\_\_\_, 丁与丙之间的种间关系是\_\_\_\_\_。

(3) 根据图 1 分析, 除了图 2 中已经标出的能量去向之外, 乙的能量去向还有\_\_\_\_\_。

(4) 结合图 2 分析, 图 1 所示食物网中第一营养级到第二营养级能量的传递效率\_\_\_\_\_ (在“大于”“小于”或“等于”中选择) 7.6%。

(5) 经检测, 水体中含有某种可被生物富集的农药, 推测此农

药含量最高的物种是\_\_\_\_\_。

(6) 从生态学角度解释, 污染物排放导致水质恶化的主要原因是\_\_\_\_\_。

解析: 已知某城市河流由于生活污水和工业废水的排入, 水质逐渐恶化。经过治理后, 河水又恢复了清澈。

图 1 表示河流的能量金字塔。甲、乙、丙为 3 种鱼, 丁为 1 种水鸟, 甲不摄食藻类, 箭头指示能量流动方向。

根据图一可知, 第一营养级中有水草和藻类。

第二营养级中有甲、乙两种鱼。甲只吃水草, 乙吃水草和藻类两种植物。

第三营养级中有丙鱼和丁水鸟, 丙鱼吃甲鱼和乙鱼。丁鸟只吃乙鱼。

第四营养级中还是丁水鸟, 吃丙鱼。因此丁鸟吃丙鱼和乙鱼。

图 2 表示部分能量流动关系, 图中数字表示同化的能量, 可能涉及到定量计算时需要使用。

逐个分析解答各小问:

(1) 图 1 所示食物网中, 遗漏了一条能量流动途径。题目中明确说明了“甲不摄食藻类”, 也在图 1 中有所表示。而题目没有说明鸟不吃甲鱼, 但示意图中丁鸟只吃乙鱼和丙鱼, 因此可能遗漏了丁鸟捕食甲鱼这一条能量流动, 即: 甲→丁。

本小问的解答逻辑恨不清晰, 因为不一定题目文字没有明确的信息就是不存在的, 即: 不能因为题目没有明确说明“丁不捕食甲”, 就得出“丁不捕食甲”的结论。

因此, 本小问只能根据图 1 中已有的箭头和没有画出的箭头, 猜测缺少的是甲→丁的箭头。

由于小问所问的是缺少的途经, 应当只有甲→丁, 并不需要补充完整, 如果题目问的是的食物链, 则需补充完整的水草→甲→丁

(2) 第一营养级是生产者, 第二营养级是初级消费者, 第三营养级是次级消费者, 因此图 1 所示食物网中, 次级消费者是丙和丁。

图中丁与丙既处于同一营养级, 且都捕食相同的食物乙, 因此具有竞争关系。此外, 丁还处于第四营养级, 捕食丙, 是捕食关系, 因此丙和丁之间的种间关系是捕食和竞争。

(3) 根据图 1 可知, 乙被丙和丁捕食, 因此除了图 2 中已经标出的能量流入到丁之外, 乙的能量去向还有流入到丙。另外, 任何营养级的生物都会通过呼吸作用耗散能量。

(4) 图 2 中给出, 第一营养级的水草和藻类的能量为  $25000 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , 乙只占第二营养级的一部分, 能量为  $1900 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

用流入乙的能量除以流入水草和藻类的能量得:  $\frac{1900}{25000} = 0.076 = 7.6\%$ 。

即: 第一营养级流入第二营养级的乙的能量为 7.6%, 另外还有一些流入到第二营养级的甲, 因此第一营养级到第二营养级能量的传递效率大于 7.6%。

单位  $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  应该是千焦/(平方米·年), 表示单位面积、单位时间内流入的能量。

(5) 经检测, 水体中含有某种可被生物富集的农药, 由于毒素沿着食物链有富集作用, 营养级越高的物种, 体内毒素含量越高, 因此推测此农药含量最高的物种是丁。

(6) 从生态学角度, 污染物排放导致水质恶化的主要原因是河流生态系统分解污染物的能力较弱, 抵消污染物造成的影响到能力也较弱。

## 第二十一章 发酵工程

发酵工程是利用微生物的新陈代谢等生命活动生产人类所需的化学产品的过程。

在分析解决生物工程类题目时，需要注意培养“工程思维”。“工程思维”可简单概括为利用所学的知识实现一定目的的思维，主要包括建立起基本的流程路线、优化具体的条件、分析解决遇到的困难等，需要在熟练运用课程知识和分析推理的基础上，具备一定的创造能力。

发酵工程的主要研究对象是相关的真菌、细菌等微生物，主要涉及到微生物的培养和选择，以及利用微生物进行发酵的具体过程。

微生物的培养和选择与理论知识和课程实验结合较紧密，需要认真理解课程中介绍的相关实验，结合辅导读物详细地想象操作中的每个步骤及注意事项。

利用微生物进行发酵的具体过程需要较强的分析推理能力，对每种原料、每个设备、每个操作的目的、用途、注意事项、暗含的信息都要能有所分析判断。

发酵工程类题目多以简答题的形式出现，且经常伴有新的背景信息出现，需要现场理解消化题目信息，并与已经学习过的细胞和微生物的知识联系起来。

1. (2017 全国II) 豆豉是大豆经过发酵制成的一种食品。为了研究影响豆豉发酵效果的因素，某小组将等量的甲、乙两菌种分别接入等量的 A、B 两桶煮熟大豆中并混匀，再将两者置于适宜条件下进行发酵，并在 32 h 内定期取样观测发酵效果。回答下列问题：

(1) 该实验的自变量是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

(2) 如果发现发酵容器内上层大豆的发酵效果比底层的好，说明该发酵菌是\_\_\_\_\_。

(3) 如果在试验后，发现 32 h 内的发酵效果越来越好，且随发



酵时间呈直线上升关系，则无法确定发酵的最佳时间；若要确定最佳发酵时间，还需要做的事情是\_\_\_\_\_。

(4) 从大豆到豆豉，大豆中的成分会发生一定的变化，其中，蛋白质转变为\_\_\_\_\_，脂肪转变为\_\_\_\_\_。

解析：已知豆豉是大豆经过发酵制成的一种食品，本题应当与发酵有关。

研究的对象是影响豆豉发酵效果的因素，即主要过程是豆豉发酵，需找出对其有影响的因素。

将等量的甲、乙两菌种分别接入等量的 A、B 两桶煮熟大豆中并混匀，再将两者置于适宜条件下进行发酵，并在 32 h 内定期取样观测发酵效果。

可推测甲、乙两种不同的菌种可能产生不同的发酵效果。

逐个分析解答各小问：

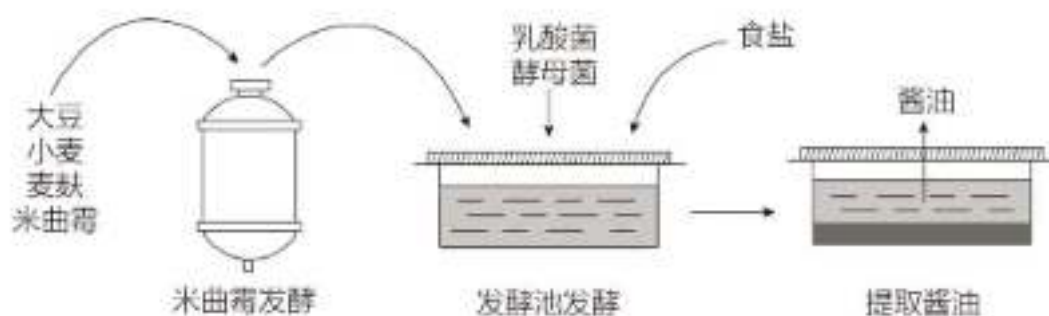
(1) 由于采用了甲、乙两种菌种，因此菌种是一个自变量。另外，发酵过程是发酵反应随时间变化的过程，因此时间是另一个自变量。

(2) 上层通常比下层更容易接触到新鲜空气，空气中对微生物影响最大的成分是氧气。因此如果发现发酵容器内上层大豆的发酵效果比底层的好，说明该发酵菌是好氧菌。

(3) 如果在试验后，发现 32 h 内的发酵效果越来越好，且随发酵时间呈直线上升关系，则无法确定发酵的最佳时间；若要确定最佳发酵时间，还需要做的事情就是继续发酵，直到出现发酵效果开始不变或下降的时间，然后确定发酵效果最好的时间。

(4) 从大豆到豆豉，大豆中的成分会发生一定的变化，主要是营养物质的分解和消耗。蛋白质分解后可生成多肽和氨基酸，脂肪分解后可生成甘油和脂肪酸。

2. (2021 全国乙) 工业上所说的发酵是指微生物在有氧或无氧条件下通过分解与合成代谢将某些原料物质转化为特定产品的过程。利用微生物发酵制作酱油在我国具有悠久的历史。某企业通过发酵制作酱油的流程示意图如下。



回答下列问题:

(1) 米曲霉发酵过程中, 加入大豆、小麦和麦麸可以为米曲霉的生长提供营养物质, 大豆中的\_\_\_\_\_可为米曲霉的生长提供氮源, 小麦中的淀粉可为米曲霉的生长提供\_\_\_\_\_。

(2) 米曲霉发酵过程的主要目的是使米曲霉充分生长繁殖, 大量分泌制作酱油过程所需的酶类, 这些酶中的\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_能分别将发酵池中的蛋白质和脂肪分解成易于吸收、风味独特的成分, 如将蛋白质分解为小分子的肽和\_\_\_\_\_。米曲霉发酵过程需要提供营养物质、通入空气并搅拌, 由此可以判断米曲霉属于\_\_\_\_\_ (填“自养厌氧”“异养厌氧”或“异养好氧”) 微生物。

(3) 在发酵池发酵阶段添加的乳酸菌属于\_\_\_\_\_ (填“真核生物”或“原核生物”); 添加的酵母菌在无氧条件下分解葡萄糖的产物是\_\_\_\_\_。在该阶段抑制杂菌污染和繁殖是保证酱油质量的重要因素, 据图分析该阶段中可以抑制杂菌生长的物质是\_\_\_\_\_。(答出 1 点即可)

解析: 通过发酵制作酱油的流程示意图, 简单分析题图:

最左边是大豆、小麦、麦麸、米曲霉, 前三种都是植物, 可能作为养料。米曲霉是一种霉菌, 可能是用于发酵的微生物。

这些物质通过箭头指向发酵罐，注明“米曲霉发酵”，应该就是用米曲霉和粮食作物进行发酵。

从发酵罐出发的箭头指向“发酵池发酵”，另外还有乳酸菌、酵母菌、誓言一同加入。有可能是同时利用这些微生物共同发酵。

发酵池向右的箭头指向“提取酱油”，应当是指发酵完成得到酱油后将酱油提取出来。

逐个分析解答各小问：

(1) 提供氮源的物质需含有氮元素，主要是蛋白质和核酸。大豆中含量最多的是蛋白质。

与上一空的信息“氮源”相对应，淀粉主要提供碳源。

(2) 根据有分解作用的酶的命名规律，分解蛋白质的酶叫作蛋白酶，分解脂肪的酶叫作脂肪酶。

蛋白质分解和生成小分子的肽和氨基酸。

米曲霉发酵过程需要提供营养物质、通入空气并搅拌，即米曲霉需要氧气。又因为米曲霉还需要养料，因此属于异养好氧微生物。

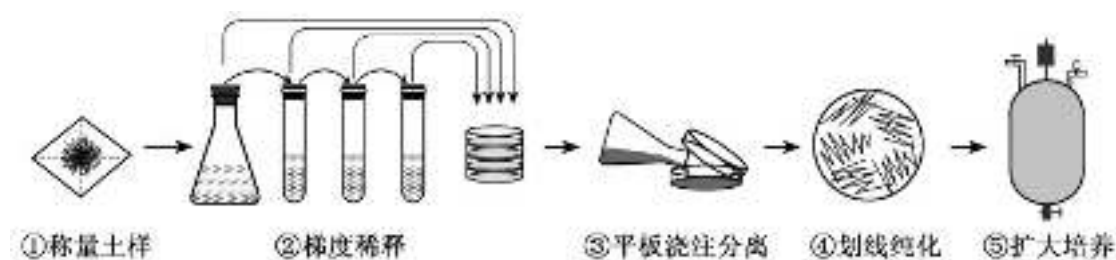
(3) 乳酸菌是细菌，属于原核生物。

添加的酵母菌在无氧条件下分解葡萄糖的产物是乙醇和二氧化碳。

要抑制杂菌污染和繁殖，一般要创造普通微生物难以生存的条件，比如高盐、强酸、强碱等，同时还要保证所需要的微生物正常生长繁殖。根据示意图中添加的乳酸菌可产生的乳酸是一种酸、酵母菌可产生有毒的乙醇、以及额外添加的食盐导致的高盐环境都可能起到这种抑制作用。

3. (2018 江苏) 酵母的蛋白质含量可达自身干重的一半，可作为饲料蛋白的来源。有些酵母可以利用工业废甲醇作为碳源进行培养，这样既可减少污染又可降低生产成本。研究人员拟从土壤样品中分离

该类酵母, 并进行大量培养。如图所示为操作流程, 请回答下列问题:



(1) 配置培养基时, 按照培养基配方准确称量各组分, 将其溶解、定容后, 调节培养基的\_\_\_\_, 及时对培养基进行分装, 并进行\_\_\_\_灭菌。

(2) 取步骤②中不同梯度的稀释液加入标记好的无菌培养皿中, 在步骤③中将温度约\_\_\_\_ (在 25 °C、50 °C 或 80 °C 中选择) 的培养基倒入培养皿混匀, 冷凝后倒置培养。

(3) 挑取分离平板中长出的单菌落, 按步骤④所示进行划线。下列叙述合理的有\_\_\_\_\_。

- a. 为保证无菌操作, 接种针、接种环使用前都必须灭菌
- b. 划线时应避免划破培养基表面, 以免不能形成正常菌落
- c. 挑取菌落时, 应挑取多个菌落, 分别测定酵母细胞中甲醇的含量
- d. 可以通过逐步提高培养基中甲醇的浓度, 获得甲醇高耐受株

(4) 步骤⑤中, 为使酵母数量迅速增加, 培养过程中需保证充足的营养和\_\_\_\_供应。为监测酵母的活细胞密度, 将发酵液稀释 1000 倍后, 经等体积台盼蓝染液染色, 用 25×16 型血细胞计数板计数 5 个中格中的细胞数, 理论上\_\_\_\_色细胞的个数应不少于\_\_\_\_, 才能达到每毫升  $3 \times 10^9$  个活细胞的预期密度。

解析: 已知有些酵母可以利用工业废甲醇作为碳源进行培养, 先简要分析流程图:

①称量土样, 可能是从土里获取微生物。

②梯度稀释, 将微生物稀释到适宜的浓度。

③平板浇注分离，将稀释后的不同浓度的溶液分离开来。

④划线纯化，用稀释后的溶液在固体培养基上划线，长出不同的菌群，从而得到各种单一菌种

⑤扩大培养，选取想要的菌种，培养出更多的细菌。

逐个分析解答各小问：

(1) 配置培养基时，配置完主要组分后，需要调节 pH 到适宜的范围，然后分装并进行高压蒸汽灭菌。

(2) 为了尽可能保持无菌条件，且温度不能太高否则无法操作，通常将温度降至约 50°C，倒入培养皿混匀，冷凝后倒置培养。

(3) 挑取分离平板中长出的单菌落，按步骤④所示进行划线。下列叙述合理的有\_\_\_\_\_。

a. 为保证无菌操作，接种针、接种环使用前都必须灭菌。无菌操作是基本要求。备选。

b. 划线时应避免划破培养基表面，以免不能形成正常菌落。如果划破培养基，可能有些细菌落到培养皿上，有些生长在培养基侧面，将导致情况变得复杂，难以进行后续操作。备选。

c. 挑取菌落时，应挑取多个菌落，分别测定酵母细胞中甲醇的含量。接种细菌时应挑取单一菌落，得到单一的菌种，混合的菌落往往会产生各种不可控的因素，导致失败。排除。

d. 可以通过逐步提高培养基中甲醇的浓度，获得甲醇高耐受株。若想要获得希望的性状，可以通过逐渐创造特殊的环境，筛选得到想要的菌种。备选。

合理的有 abd。

(4) 酵母菌是兼性厌氧型的真菌，在有氧条件下生长繁殖，在无氧条件下进行无氧发酵，因此为使酵母数量迅速增加，培养过程中需保证充足的营养和氧气供应。

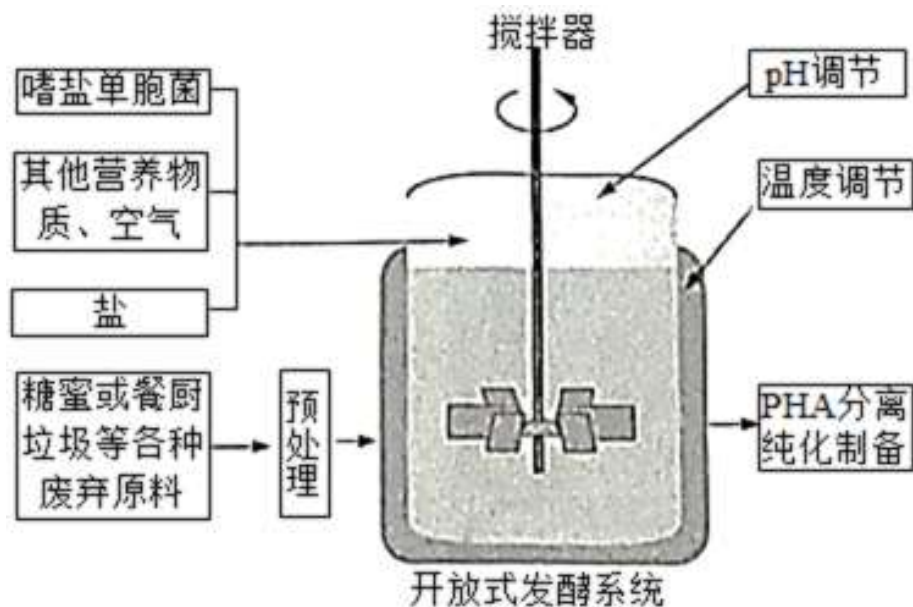
台盼蓝常用于检测细胞膜的完整性，无法将活细胞染色，因此计

数的应当为无色细胞。

假设每毫升活细胞的密度为最低值  $3 \times 10^9$ 。将发酵液稀释 1000 倍后，每毫升活细胞数变为  $3 \times 10^6$  个。经等体积台盼蓝染液染色后，体积增大一倍，每毫升活细胞数变为  $1.5 \times 10^6$  个。计数板中溶液体积约为  $0.1 \text{ mm}^3$ ，即  $0.1 \times 10^{-3} \text{ mL}$ ，则计数板上的细胞总数不应少于  $1.5 \times 10^6 \times 0.1 \times 10^{-3} = 150$  个，5 个中格中数出的无色的活细胞的个数不应少于  $150 \times \frac{5}{25} = 30$  个。

（台盼蓝和血细胞计数板的使用只在部分地区的教材中介绍，如果没有学习，可以忽略第（4）小问）

4.（2021 广东）中国科学家运用合成生物学方法构建了一株嗜盐单胞菌 H，以糖蜜（甘蔗榨糖后的废弃液，含较多蔗糖）为原料，在实验室发酵生成 PHA 等新型高附加值可降解材料，期望提高甘蔗的整体利用价值。工艺流程如图。



回答下列问题：

（1）为提高菌株 H 对蔗糖的耐受能力和利用效率，可在液体培养基中将蔗糖作为\_\_\_\_\_，并不断提高其浓度，经多次传代培养（指培养一段时间后，将部分培养物转入新配的培养基中继续培养）以获

得目标菌株。培养过程中定期取样并用\_\_\_\_\_的方法进行菌落计数，评估菌株增殖状况。此外，选育优良菌株的方法还有\_\_\_\_\_等。  
(答出两种方法即可)

(2) 基于菌株 H 嗜盐、酸碱耐受能力强等特性，研究人员设计了一种不需要灭菌的发酵系统，其培养基盐浓度设为 60 g/L，pH 为 10，菌株 H 可正常持续发酵 60 d 以上。该系统不需要灭菌的原因是\_\_\_\_\_。(答出两点即可)

(3) 研究人员在工厂进行扩大培养，在适宜的营养物浓度、温度、pH 条件下发酵，结果发现酵液中菌株 H 细胞增殖和 PHA 产量均未达到预期，并产生了少量乙醇等物质，说明发酵条件中\_\_\_\_\_可能是高密度培养的限制因素。

(4) 菌株 H 还能通过分解餐厨垃圾（主要含蛋白质、淀粉、油脂等）来生产 PHA，说明其能分泌\_\_\_\_\_。

解析：已知 H 是嗜盐单胞菌，可推测 H 可在高盐环境下生长。H 以蔗糖为原料，在实验室发酵生成材料 PHA。

简要分析工艺流程图：

图中是一个发酵罐，上方是搅拌器，下方注明了“开放式发酵系统”，因此应当需要空气，可推测 H 是好氧菌。

左边上方依次为嗜盐单胞菌、其他营养物质、空气、盐，是加入的微生物和其他营养物质。

左边下方是糖蜜或餐厨垃圾等各种废弃原料，也是原料和主要营养物质。

右边上方为 pH 调节和温度调节，是发酵工程中常见的调节内容。

右边下方是 PHA 分离纯化制备，即将 H 产生的 PHA 分离出来，再进行纯化。

逐个分析解答各小问：

(1) 要提高 H 对蔗糖的耐受能力，需要不断地提高蔗糖的浓度。

要提高 H 对蔗糖的利用效率, 可通过让蔗糖成为唯一不可替代的营养来源。因此可在液体培养基中将蔗糖作为唯一碳源, 并不断提高其浓度, 经多次传代培养(指培养一段时间后, 将部分培养物转入新配的培养基中继续培养)以获得目标菌株。

进行菌落计数的常用方法是稀释涂布平板的方法。

选育优良菌株可通过诱变育种、基因工程育种、挑选自然界已有的菌种等方法。

(2) 基于菌株 H 嗜盐、酸碱耐受能力强等特性, 研究人员设计了一种不需要灭菌的发酵系统, 其培养基盐浓度设为 60 g/L, pH 为 10, 较高的盐浓度导致不耐高盐的微生物因为失水过多而死亡、较强的碱性导致不耐碱的微生物死亡。

(3) 菌株 H 细胞增殖和 PHA 产量均未达到预期, 产生乙醇表明可能进行了无氧呼吸, 而示意图中表明发酵需要空气, 因此氧气可能是高密度培养的限制因素。

(4) 菌株 H 能分解餐厨垃圾, 即含蛋白质、淀粉、油脂等, 说明其能分泌蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶等。

5.(2021 河北)葡萄酒生产过程中会产生大量的酿酒残渣(皮渣)。目前这些皮渣主要用作饲料或肥料, 同时研究者也采取多种措施拓展其利用价值。回答下列问题:

(1) 皮渣中含有较多的天然食用色素花色苷, 可用萃取法提取。萃取前将原料干燥、粉碎的目的分别是\_\_\_\_\_, 萃取效率主要取决于萃取剂的\_\_\_\_\_。萃取过程需要在适宜的温度下进行, 温度过高会导致花色苷\_\_\_\_\_。研究发现, 萃取时辅以纤维素酶、果胶酶处理可提高花色苷的提取率, 原因是\_\_\_\_\_。

(2) 为了解皮渣中微生物的数量, 取 10 g 皮渣加入 90 mL 无菌水, 混匀、静置后取上层清液, 用稀释涂布平板法将 0.1 mL 稀释液接种于



培养基上。 $10^4$ 倍稀释对应的三个平板中菌落数量分别为78、91和95，则每克皮渣中微生物的数量为\_\_\_\_\_个。

(3) 皮渣堆积会积累醋酸菌，可从中筛选优良菌株。制备醋酸菌初筛平板时，需要将培养基的 pH 调至\_\_\_\_\_性，灭菌后须在未凝固的培养基中加入无菌碳酸钙粉末、充分混匀后倒平板，加入碳酸钙的目的是\_\_\_\_\_。培养筛选得到的醋酸菌时，在缺少糖原的液体培养基中可加入乙醇作为\_\_\_\_\_。

(4) 皮渣堆积过程中也会积累某些兼性厌氧型乳酸菌。初筛醋酸菌时，乳酸菌有可能混入其中，且两者菌落形态相似。请设计一个简单实验，区分筛选平板上的醋酸菌和乳酸菌。(简要写出实验步骤和预期结果)

解析：已知葡萄酒生产过程中会产生大量的酿酒残渣，叫作皮渣，目前主要用作饲料或肥料，也采研究拓展其利用价值。题干信息较少，直接分析解答各小问：

(1) 干燥的目的是为了去除原料中的水分，防止水分干扰萃取；粉碎的目的是让原料更好地溶解在萃取剂中。

萃取效率主要取决于萃取剂对原料的溶解性和用量。

萃取过程需要在适宜的温度下进行，温度过高会导致花色苷这种有机分子分解或被破坏。

萃取时辅以纤维素酶、果胶酶处理可提高花色苷的提取率，原因是纤维素酶、果胶酶可催化植物细胞壁分解，将花色苷从细胞中释放出来，从而更好地溶解于萃取剂当中。

(2) 三个平板中菌落数量分别为78、91和95，1个菌落就是由1个微生物生长繁殖而来，平均值为 $\frac{78+91+95}{3}=88$ 个。

由于将0.1 mL 稀释液进行 $10^4$ 倍稀释，因此0.1 mL 稀释液中微生物的数量为 $8.8 \times 10^5$ 个。

由于0.1 mL 稀释液取自10 g 皮渣加入90 mL 无菌水配置的100 g 溶

液中，因此10 g 皮渣中含有的微生物数量为  $88 \times 10^4 \times \frac{100}{0.1} = 8.8 \times 10^8$  个。则

每克皮渣中微生物的数量为  $88 \times 10^4 \times \frac{100}{0.1} = 8.8 \times 10^7$  个。

需注意，虽然将10 g 皮渣加入90 mL 无菌水，但是溶解后液体的体积可能发生变化，一般默认各类低浓度溶液密度都是1 g/mL，因此溶液的总体积按照  $\frac{10 \text{ g} + 90 \text{ g}}{1 \text{ g/mL}} = 100 \text{ mL}$  计算，而不是90 mL。

(3) 皮渣堆积会积累醋酸菌，醋酸菌产生醋酸导致溶液显酸性。要想从中筛选优良菌株，制备醋酸菌初筛平板时，需要将培养基的pH调至酸性或弱碱性。

加入碳酸钙可以使原本透明的培养基变得不透明，有醋酸菌生长繁殖的区域会产生醋酸，将碳酸钙溶解后形成透明的圆环，以便于确定醋酸菌菌落的位置。

糖原在微生物培养中主要作为碳源，因此在缺少糖原的液体培养基中可加入乙醇作为碳源。

(4) 醋酸菌是好氧菌，厌氧型乳酸菌是厌氧菌，可从菌落上挑取部分，用涂布平板法在无氧条件下培养，继续生长繁殖扩大的菌落是乳酸菌，不能生长繁殖扩大的菌落是醋酸菌。

第二十二章 细胞工程

细胞工程主要包括植物组织培养、植物体细胞杂交、动物细胞培养、动物细胞融合、动物体细胞核移植技术、胚胎工程等细胞工程技术。

由于当前对细胞工程的应用远不如发酵工程和基因工程灵活广泛，因此关于细胞工程的题目通常难度较低，且题目的变化形式较少，主要根据课本中重点介绍的几种技术的原理和具体步骤，对应到具体题目中，进行分析解决即可。

由于细胞的结构和生命过程是高中阶段学习的重点，因此部分细胞工程的题目也可能侧重考查关于细胞的知识。另外，一些酶、植物激素、化学试剂在细胞工程中有重要应用，也需要熟练掌握。

1.（2020 海南）将人细胞与小鼠细胞融合得到的人-鼠杂种细胞进行长期培养，杂种细胞随机丢失一部分人的染色体后，染色体数目会保持稳定。选取三种杂种细胞，对编码人的芳烃羟化酶（AHH）和磷酸甘油酸激酶（PGK）的基因进行染色体定位研究，结果如表（“+”表示有，“-”表示无）。

杂种细胞	人的染色体				AHH	PGK
	2号	11号	17号	X		
甲	-	+	-	+	-	+
乙	+	+	-	-	+	-
丙	-	+	+	+	-	+

- 下列有关叙述错误的是（ ）
- A. 聚乙二醇可诱导人细胞与小鼠细胞融合
  - B. 培养杂种细胞时，通常需在培养液中添加一定量的抗生素
  - C. 编码 AHH 的基因在 11 号染色体上
  - D. 编码 PGK 的基因在 X 染色体上

解析：已知将人细胞与小鼠细胞融合得到的人-鼠杂种细胞。进行长期培养后，杂种细胞随机丢失一部分人的染色体后，染色体数目会保持稳定。

选取三种杂种细胞，对编码人的芳烃羟化酶（AHH）和磷酸甘油酸激酶（PGK）的基因进行染色体定位研究，从表中可得：

甲细胞有人的 11 号、X 染色体和 PGK，缺失 2 号、17 号和 AHH。因此 PGK 基因可能在 11 号或 X 染色体上，AHH 基因可能在 2 号或 17 号上。

乙细胞有 2 号、11 号和 AHH，缺失 17 号、X 和 PGK，因此 AHH 可能在 2 号或 11 号上，PGK 可能在 17 号或 X 上。

综上，PGK 基因很可能在 X 染色体上，AHH 基因很可能在 2 号染色体上。

丙细胞有 11 号、17 号、X 和 PGK，缺失 2 号和 AHH，也与上述推到结果一致。

逐个分析判断各选项：

选项 A，聚乙二醇可诱导人细胞与小鼠细胞融合。是课本知识，正确，排除，

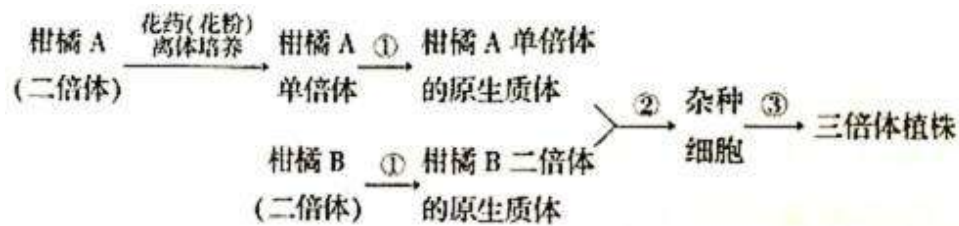
选项 B，培养杂种细胞时，通常需在培养液中添加一定量的抗生素，可以防止微生物感染。正确，排除。

选项 C，编码 AHH 的基因应当在 2 号染色体上。错误，备选。

选项 D，编码 PGK 的基因在 X 染色体上。正确，排除。

本题选 C。

2.（2020 北京）为培养具有市场竞争力的无籽柑橘，研究者设计如下流程。相关叙述不正确的是（ ）



- A. 过程①需使用胰蛋白酶处理
- B. 实现过程②依赖膜的流动性
- C. 过程③需应用植物组培技术
- D. 三倍体植株可产生无籽柑橘

解析：已知本题的目标是培养无籽柑橘，培养无籽作物通常可通过培育多倍体的方法。观察分析流程图：

最初的原料的柑橘 A（二倍体）和柑橘 B（二倍体）。

先将柑橘 A（二倍体）的花药进行离体培养，得到柑橘 A 单倍体，然后获得柑橘 A 单倍体的原生质体，通常去掉细胞壁和大液泡剩下的就是原生质体。

同步将柑橘 B（二倍体）获得柑橘 B 二倍体的原生质体，可能也是通过去掉细胞壁和大液泡获得。

然后将上述两种原生质体融合得到杂种细胞，可能通过细胞融合技术。

然后从杂种细胞得到三倍体植株，可能通过植物组织培养技术。

逐个分析判断各选项：

选项 A，过程①需要分解细胞的细胞壁，植物细胞的细胞壁的主要成分是纤维素和果胶，无法被胰蛋白酶分解。错误，备选。

选项 B，过程②是细胞膜融合的过程，依赖膜的流动性。正确，排除。

选项 C，过程③需应用植物组织培养技术，从植物组织分化得到完整植株。正确，排除。

选项 D，三倍体植株在形成配子的过程中，同源染色体分离产生紊乱，无法产生配子，因此可得到无籽植株。正确，排除。

本题选 A。

3. (2019 全国II) 植物组织培养技术在科学研究和生产实践中得到了广泛的应用。回答下列问题。

(1) 植物微型繁殖时植物繁殖的一种途经。与常规的种子繁殖方法相比, 这种微型繁殖技术的特点有\_\_\_\_\_ (答出 2 点即可)。

(2) 通过组织培养技术, 可把植物组织细胞培养成胚状体, 再通过人工种皮 (人工薄膜) 包装得到人工种子 (如图所示), 这种人工种子在适宜条件下可萌发生长。人工种皮具备透气性的作用是\_\_\_\_\_。人工胚乳能够为胚状体生长提供所需的物质, 因此应含有植物激素、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_等几类物质。

(3) 用脱毒苗进行繁殖, 可以减少作物感染病毒。为了获得脱毒苗, 可以选择植物的\_\_\_\_\_进行组织培养。

(4) 植物组织培养技术可与基因工程技术相结合获得转基因植株。将含有目的基因的细胞培养成一个完整植株的基本程序是\_\_\_\_ (用流程图表示)。

解析: 根据题干可知, 本题关于植物组织培养技术, 逐个分析解答各小问。

(1) 微型繁殖技术不需要经历植物完整的生长发育周期, 因此繁殖速度快。该技术为无性繁殖技术, 不发生基因重组, 可保持原植物的遗传特性。该技术还可用于培养脱毒苗。该技术在实验条件下培养, 可一定程度上拜托对自然条件的依赖。

(2) 人工种皮具备透气性的作用是确保胚状体可以正常就行呼吸作用。

人工胚乳能够为胚状体生长提供所需的物质, 胚状体生长所需的物质主要含有植物激素、无机盐和糖类等几类物质。

(3) 用脱毒苗进行繁殖,可以减少作物感染病毒。为了获得脱毒苗,可以选择植物的茎尖进行组织培养。

(4) 植物组织培养技术与基因工程技术相结合获得转基因植株。将含有目的基因的细胞培养成一个完整植株的基本程序是:

分离得到含有目的基因的细胞→培育形成愈伤组织→诱导分化得到小植株

4. (2018 全国III) 2018 年《细胞》期刊报道,中国科学家率先成功地应用体细胞对非人灵长类动物进行克隆,获得两只克隆猴——“中中”和“华华”。回答下列问题:

(1) “中中”和“华华”的获得涉及核移植过程,该移植是指\_\_\_\_\_。通过核移植方法获得的克隆猴,与核供体相比,克隆猴体细胞的染色体数目\_\_\_\_\_ (填“减半”“加倍”或“不变”)。

(2) 哺乳动物的核移植可以分为胚胎细胞核移植和体细胞核移植,胚胎细胞核移植获得克隆动物的难度\_\_\_\_\_ (填“大于”或“小于”) 体细胞核移植,其原因是\_\_\_\_\_。

(3) 在哺乳动物核移植的过程中,若分别以雌性个体和雄性个体的体细胞作为核供体,通常,所得到的两个克隆动物体细胞的常染色体数目\_\_\_\_\_ (填“相同”或“不同”),性染色体组合\_\_\_\_\_ (填“相同”或“不同”)。

解析: 根据题干可知,本题涉及克隆技术,逐个分析解答各小问:

(1) “中中”和“华华”的获得涉及核移植过程,该移植是指将一个动物细胞的细胞核移入去核的卵母细胞中,使这个重新组合的细胞发育成新胚胎,继而发育成动物个体的技术。

通过核移植方法获得的克隆猴,与核供体相比,克隆猴体细胞的染色体数目不变。

(2)、由于胚胎细胞的分化程度远低于体细胞,其恢复全能性更

加容易，因此胚胎细胞核移植获得克隆动物的难度小于体细胞核移植。

(3) 所得到的两个克隆动物体细胞的常染色体数目应当总是相同。

由于分别以磁性和雄性个体的体细胞作为核供体，因此性染色体组合不同。

5. (2019 全国 III) 培养胡萝卜根组织可获得试管苗，获得试管苗的过程如图所示。



回答下列问题。

(1) 利用胡萝卜根段进行组织培养可以形成试管苗。用分化的植物细胞可以培养呈完整的植株，这是因为植物细胞具有\_\_\_\_\_。

(2) 步骤③切取的组织块中要带有形成层，原因是\_\_\_\_\_。

(3) 从步骤⑤到步骤⑥需要更换新的培养基，其原因是\_\_\_\_\_。在新的培养基上愈伤组织通过细胞的\_\_\_\_\_过程，最终可形成试管苗。

(4) 步骤⑥要进行照光培养，其作用是\_\_\_\_\_。

(5) 经组织培养得到的植株，一般可保持原品种的\_\_\_\_\_，这种繁殖方式属于\_\_\_\_\_繁殖。

解析：已知题目的目的是培养胡萝卜根组织可获得试管苗，观察分析流程图：

第1步：切取洁净的胡萝卜根段。很普通的操作。

第2步：对根段进行消毒。消灭可能引起感染的微生物。

第3步：切取  $1\text{cm}^3$  左右带有形成层的组织块。形成层容易产生愈伤组织，有较强的分化和分裂能力。



第4步；接种组织块。应当是接种到适宜的培养环境中。

第5步：诱导组织块形成愈伤组织，愈伤组织可重新分化出芽、根等组织。

第6步：诱导愈伤组织形成试管苗。

逐个分析回答各小问：

（1）用分化的植物细胞可以培养呈完整的植株，这是因为植物细胞具有全能性。

（2）步骤③切取的组织块中要带有形成层，原因是形成层容易诱导形成愈伤组织。

（3）从步骤⑤到步骤⑥需要更换新的培养基，其原因是诱导形成层产生愈伤组织与诱导愈伤组织分化形成试管苗所需要植物激素比例不同。

在新的培养基上愈伤组织通过细胞的分化过程，最终可形成试管苗。

（4）步骤⑥要进行照光培养，其作用是诱导叶绿素形成，使试管苗可以进行光合作用。

（5）经组织培养得到的植株，一般可保持原品种的遗传特性，这种繁殖方式属于无性繁殖。

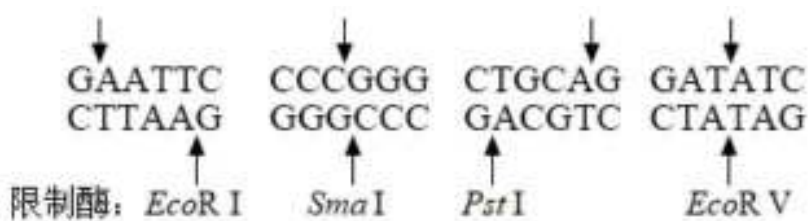
## 第二十三章 基因工程

基因工程技术是现如今开发利用得较为广泛的技术，涉及到的具体方面较多，主要包括目的基因的筛选、DNA 的切割和连接、PCR 扩增、目的基因的导入等多种方法，因此考察的具体知识点也较多。

基因工程比起发酵工程和细胞工程，“工程”的性质更加突出，即：为了实践具体的目标，选择运用恰当的工具。主要目标是改造基因，具体工具就是限制性内切酶、热稳定性 DNA 连接酶、治理载体等。需要对涉及到的各类酶等工具的用途和性质非常熟悉，才能针对题目需要选择恰当的工具。

由于基因及相应的酶都属于细胞这一生命单元，因此基因工程的题目也经常涉及细胞和细胞器的结构、功能、性质等方面知识，有时也涉及细胞工程等其他块面的知识，因此个别题目综合性很强，难度会比较高，需要对整个高中生物的知识有全面熟悉的掌握。

1. (2021 全国乙) 用 DNA 重组技术可以赋予生物以新的遗传特性，创造出更符合人类需要的生物产品。在此过程中需要使用多种工具酶，其中 4 种限制性内切酶的切割位点如图所示。



回答下列问题：

(1) 常用的 DNA 连接酶有 *E.coli* DNA 连接酶和  $T_4$  DNA 连接酶。图中\_\_\_\_\_酶切割后的 DNA 片段可以用 *E.coli* DNA 连接酶连接。图中\_\_\_\_\_酶切割后的 DNA 片段可以用  $T_4$  DNA 连接酶连接。

(2) DNA 连接酶催化目的基因片段与质粒载体片段之间形成的化学键是\_\_\_\_\_。

(3) DNA 重组技术中所用的质粒载体具有一些特征。如质粒 DNA 分子上有复制原点,可以保证质粒受体细胞中能\_\_\_\_\_;质粒 DNA 分子上有\_\_\_\_\_,便于外源 DNA 插入;质粒 DNA 分子上有标记基因(如某种抗生素抗性基因),利用抗生素可筛选出含质粒载体的宿主细胞,方法是\_\_\_\_\_。

(4)表达载体含有启动子,启动子是指\_\_\_\_\_。

解析:题干已知用 DNA 重组技术可以赋予生物以新的遗传特性,创造出更符合人类需要的生物产品,表明本题可能关于基因工程。

根据题目给出的 4 种限制性内切酶的切割位点,可看出 EcoRI 和 PstI 切出的是粘性末端, SmaI 和 EcoRV 切出的是非粘性末端。

逐个分析解答各小问:

(1) *E.coli* DNA 连接酶可用于连接粘性末端,图中 EcoRI 和 PstI 酶切出的是粘性末端,可用该连接酶连接。

T<sub>4</sub> DNA 连接酶可用于连接粘性末端和非粘性末端, EcoRI、PstI、SmaI、EcoRV 都可用该酶连接。

(2) DNA 连接酶催化目的基因片段与质粒载体片段之间形成的化学键是 DNA 分子骨架上的磷酸基团与戊糖之间形成的磷酸二酯键。

(3)复制原点的作用是从该处启动 DNA 的复制,可以保证质粒受体细胞中能复制。

质粒 DNA 分子上有一个或多个限制性内切酶的切割位点,便于切开后插入外源 DNA。

利用抗生素可筛选出含质粒载体的宿主细胞,方法是用含有相应抗生素的培养基培养宿主细胞,只有成功转入治理载体并能进行表达的宿主细胞才能生长繁殖。

(4)表达载体含有启动子,启动子是指 RNA 聚合酶识别、结合并启动转录的一段 DNA 序列。

2. (2021 全国甲) PCR 技术可用于临床的病原菌检测。为检测病人是否感染了某种病原菌, 医生进行了相关操作: ①分析 PCR 扩增结果; ②从病人组织样本中提取 DNA; ③利用 PCR 扩增 DNA 片段; ④采集病人组织样本。

(1) 若要得到正确的检测结果, 正确的操作顺序应该是\_\_\_\_\_(用数字序号表示)。

(2) 操作③中使用的酶是\_\_\_\_\_。PCR 反应中的每次循环可分为变性、复性、\_\_\_\_\_三步, 其中复性的结果是\_\_\_\_\_。

(3) 为了做出正确的诊断, PCR 反应所用的引物应该能与\_\_\_\_\_特异性结合。

(4) PCR (多聚酶链式反应) 技术是指\_\_\_\_\_。该技术目前被广泛地应用于疾病诊断等方面。

解析: 已知 PCR 技术可用于临床的病原菌检测, 本题可能关于 PCR 技术, 即聚合酶链式反应技术。

题干给出 4 步操作, 按照 PCR 技术的主要步骤, 正确顺序应当为: ④采集病人组织样本→②从病人组织样本中提取 DNA→③利用 PCR 扩增 DNA 片段→①分析 PCR 扩增结果。逐个分析解答各小问:

(1) 正确的操作顺序应该是④②③①。

(2) 操作③是利用 PCR 扩增 DNA 片段, 其过程与 DNA 的半保留复制基本一致, 使用较特殊的能耐高温的热稳定 DNA 聚合酶。

PCR 反应中的每次循环可分为变性、复性、延伸三步, 其中复性的结果是两种引物按照碱基互补配对原则, 分别与两条单链 DNA 模板结合。

(3) 为了做出正确的诊断, PCR 反应所用的引物应该能与所要检测的病原菌的 DNA 特异性结合。

(4) PCR (多聚酶链式反应) 技术是指在生物体外复制特定 DNA 片段的核酸合成技术。

3. (2021 广东) 非细胞合成技术是一种运用合成生物学方法, 在细胞外构建多酶催化体系, 获得目标产物的新技术, 其核心是各种酶基因的挖掘、表达等。中国科学家设计了 4 步酶促反应的非细胞合成路线 (如图), 可直接用淀粉生产肌醇 (重要的医药食品原料), 以期解决高温强酸水解方法造成的严重污染问题, 并可以提高产率。



回答下列问题:

(1) 研究人员采用 PCR 技术从土壤微生物基因组中扩增得到目标酶基因。此外, 获得酶基因的方法还有\_\_\_\_\_。(答出两种即可)

(2) 高质量的 DNA 模板是成功扩增出目的基因的前提条件之一。在制备高质量 DNA 模板时必须除去蛋白, 方法有\_\_\_\_\_。(答出两种即可)

(3) 研究人员使用大肠杆菌 BL21 作为受体细胞、pET20b 为表达载体分别进行 4 种酶的表达。表达载体转化大肠杆菌时, 首先应制备\_\_\_\_\_细胞。为了检测目的基因是否成功表达出酶蛋白, 需要采用的方法有\_\_\_\_\_。

(4) 依图所示流程, 在一定的温度、pH 等条件下, 将 4 种酶与可溶性淀粉溶液混合组成一个反应体系。若这些酶最适反应条件不同, 可能导致的结果是\_\_\_\_\_。在分子水平上, 可以通过改变\_\_\_\_\_, 从而改变蛋白质的结构, 实现对酶特性的改造和优化。

解析: 根据题干对非细胞合成技术的描述, 可知该技术仍使用生物的酶催化体系表达基因, 只是在细胞外进行, 因此基本步骤可能与细胞内差不多, 只是具体的环境有所差别。

已知题图通过 4 步酶促反应用淀粉生产肌醇, 读图分析具体流程:

第 1 步: 最初的原料是淀粉, 淀粉与磷酸盐在  $\alpha$ -葡萄糖磷酸化酶的催化下, 变成 1-磷酸-葡萄糖。根据名称可推知, 1-磷酸-葡萄糖可

能是在葡萄糖的 1 号位的碳原子上连上了一个磷酸。

第 2 步：1-磷酸-葡萄糖在磷酸葡萄糖变化酶的催化作用下，变成 6-磷酸-葡萄糖。根据名称可推知，可能原来与 1 号位碳原子相连的磷酸转移到了 6 号位的碳原子上。

第 3 步：6-磷酸-葡萄糖在 1-磷酸肌醇合成酶的催化下，变成 1-磷酸-肌醇。根据名称可推知，可能原来的葡萄糖分子变成肌醇分子，虽然不知道肌醇是什么。

第 4 步：1-磷酸-肌醇在磷酸肌醇水解酶的催化下，变成肌醇。这一步可能是磷酸脱去，只剩下肌醇。

综合上述过程，主要流程为：加上磷酸-磷酸变位置-葡萄糖变成肌醇-脱去磷酸。

逐个分析解答各小问：

(1) 获得酶基因的方法还有从基因文库中检索、人工合成。

(2) 除去蛋白的方法有用蛋白酶催化蛋白质水解、用高温令蛋白质变性。

(3) 表达载体转化大肠杆菌时，首先应制备容易吸收环境中 DNA 分子的感受态细胞。

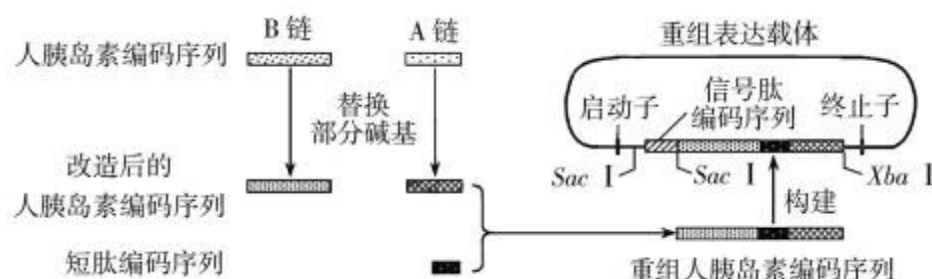
为了检测目的基因是否成功表达出酶蛋白，需要采用的方法有抗原-抗体杂交法。

(4) 若这些酶最适反应条件不同，则可能只有部分步骤可以进行，一些步骤无法进行，导致无法合成肌醇。

在分子水平上，可以通过改变含氮碱基序列，从而改变蛋白质的结构，实现对酶特性的改造和优化。

4. (2020 天津) I 型糖尿病是因免疫系统将自身胰岛素作为抗原识别而引起的自身免疫病。小肠粘膜长期少量吸收胰岛素抗原，能诱导免疫系统识别该抗原后应答减弱，从而缓解症状。科研人员利用 I

型糖尿病模型小鼠进行动物实验，使乳酸菌在小鼠肠道内持续产生人胰岛素抗原，为此构建重组表达载体，技术路线如下。



据图回答；

(1) 为使人胰岛素在乳酸菌中高效表达，需改造其编码序列。下图使改造前后人胰岛素 B 链编码序列的起始 30 个核苷酸序列。据图分析，转录形成的 mRNA 中，该段序列所对应的片段内存在碱基替换的密码子数有\_\_\_\_\_个。



(2) 在人胰岛素 A、B 肽链编码序列间引入一段短肽编码序列，确保等比例表达 A、B 肽链。下列有关分析正确的是\_\_\_\_\_ (多选)。

- A. 引入短肽编码序列不能含终止子序列
- B. 引入短肽编码序列不能含终止密码子编码序列
- C. 引入短肽不能改变 A 链氨基酸序列
- D. 引入短肽不能改变原人胰岛素抗原性

(3) 在重组表达载体中，*Sac* I 和 *Xba* I 限制酶仅有图示的酶切位点。用这两种酶充分酶切重组表达载体，可形成\_\_\_\_\_种 DNA 片段。

(4) 检测转化的乳酸菌发现，信号肽-重组人胰岛素分布在细胞壁上，由此推测，信号肽的合成和运输所经历的细胞结构依次是\_\_\_\_\_。

(5) 用转化的乳酸菌饲喂 I 型糖尿病小鼠一段时间后，小鼠体

内出现人胰岛素抗原,能够特异性识别它的免疫细胞有\_\_\_\_\_ (多选)。

- A. B 细胞
- B. T 细胞
- C. 吞噬细胞
- D. 浆细胞

解析: 已知 I 型糖尿病是因免疫系统将自身胰岛素作为抗原识别而引起的自身免疫病,即免疫系统把胰岛素当作病原体进行攻击,导致无法通过胰岛素降低血糖。

小肠粘膜长期少量吸收胰岛素抗原,能诱导免疫系统识别该抗原后应答减弱,从而缓解症状。即: 小肠粘膜长期吸收胰岛素抗原,可以减轻免疫系统对胰岛素的攻击,有助于缓解该病症。

科研人员利用 I 型糖尿病模型小鼠进行动物实验,使乳酸菌在小鼠肠道内持续产生人胰岛素抗原,为此构建重组表达载体,即: 将人胰岛素抗原的基因转入乳酸菌内,令乳酸菌在小鼠肠道内分泌人胰岛素抗原。

分析技术路线图: B 链和 A 链是人胰岛素编码序列,将它们替换部分碱基,改造成改造后的人胰岛素编码序列。

在改造后的 B 链和 A 链中间再插入一段(不知道作什么用的)短肽编码序列,得到重组人胰岛素编码序列。

用重组人胰岛素编码序列构建重组表达载体,前面有启动子,后面有终止子,还标注了 2 个 SacI 酶切位点,分别在启动子和 B 链之间、B 链内部,以及一个 XbaI 酶切位点,在 A 链末尾。

根据题图逐个分析解答各小问:

(1) 比对改造前和改造后的序列,数一下相同位置处不同的碱基,白色底色的都是不同的,共 7 个碱基发生了替换,连续 3 个碱基对应 1 个密码子,发生了碱基替换的密码子共 6 个。

(2) 在人胰岛素 A、B 肽链编码序列间引入一段短肽编码序列,



确保等比例表达 A、B 肽链。

可能原本 B 链和 A 链各自有不同的启动子和终止子，用短肽将它们连在以及，就只用一套共同的启动子和终止子了。逐个分析判断各选项：

选项 A，引入短肽编码序列不能含终止子序列。正确，否则前面的 B 链转录完成后，后面的 A 链就不转录了。备选。

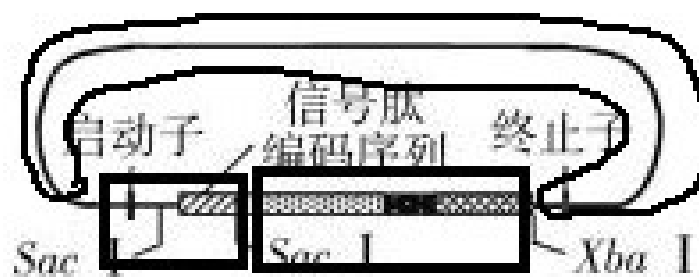
选项 B，引入短肽编码序列不能含终止密码子编码序列，和选项 A 含义基本相同。正确，备选。

选项 C，引入短肽不能改变 A 链氨基酸序列，正确，如果改变的话，后续编码 A 链的基因就不能正常转录出相应的 mRNA。备选。

选项 D，引入短肽不能改变原人胰岛素抗原性，正确，否则最后合成的就不是人胰岛素抗原，而是不知道什么东西，备选。

选择 ABCD。

(3) 图中重组表达载体共有 2 个 *Sac* I 位点和 1 个 *Xba* I 位点。用这两种酶充分酶切重组表达载体，则所有位点都被切开，可形成下面 3 种 DNA 片段：



(4) 乳酸菌是细菌，是原核生物，不具备成型的细胞核、高尔基体等细胞器。信号肽-重组人胰岛素分布在细胞壁上，因此胰岛素被分泌出细胞外，需要经过细胞质和细胞膜，抵达细胞壁。另外胰岛素是蛋白质，需要在核糖体上合成，因此信号肽的合成和运输所经历的细胞结构依次是核糖体、细胞质基质、细胞膜、细胞壁。

(5) B 细胞核 T 细胞是进行特异性免疫的免疫细胞，吞噬细胞和浆细胞是进行非特异性免疫的免疫细胞，本题选 AB。

5. (2018 全国II) 某种荧光蛋白 (GFP) 在紫外光或蓝光激发下会发出绿色荧光, 这一特性可用于检测细胞中目的基因的表达。某科研团队将某种病毒的外壳蛋白 (L1) 基因连接在 GFP 基因的 5' 末端, 获得了 L1-GFP 融合基因 (简称为甲), 并将其插入质粒 P0, 构建了真核表达载体 P1, 其部分结构核酶切位点的示意图如下, 图中 E1~E4 四种限制酶产生的黏性末端各不相同。



回答下列问题:

(1) 据图推断, 该团队在将甲插入质粒 P0 时, 使用了两种限制酶, 这两种酶是。使用这两种酶进行酶切是为了保证\_\_\_\_\_, 也是为了保证\_\_\_\_\_。

(2) 将 P1 转入体外培养的皮肤细胞后, 若在该细胞中观察到了绿色荧光, 则说明 L1 基因在牛的皮肤细胞中完成了\_\_\_\_和\_\_\_\_过程。

(3) 为了获得含有甲的牛, 该团队需要做的工作包括: 将能够产生绿色荧光细胞的\_\_\_\_\_移入牛的\_\_\_\_\_中、体外培养、胚胎移植等。

(4) 为了检测甲是否存在于克隆牛的不同组织细胞中, 某同学用 PCR 方法进行鉴定, 在鉴定时应分别以该牛不同组织细胞中的\_\_\_\_ (填“mRNA”“总 DNA”或“核 DNA”) 作为 PCR 模板。

解析: 已知某种荧光蛋白 (GFP) 在紫外光或蓝光激发下会发出绿色荧光, 这一特性可用于检测细胞中目的基因的表达, 即如果细胞中表达了目的基因, 则可以看到绿色荧光。

某科研团队将某种病毒的外壳蛋白 (L1) 基因连接在 GFP 基因的 5' 末端, 获得了 L1-GFP 融合基因 (简称为甲), 并将其插入质粒 P0, 构建了真核表达载体 P1。按照前面的描述, 如果 L1-GFP 融合基因顺利表达, 则可以看到绿色荧光。

题图是其部分结构核酶切位点，可以看出 E1~E4 四种限制酶分别在启动子和 L1 之间、L1 和 GFP 之间、GFP 内部、GFP 和终止子之间。



逐个分析解答各小问：

(1) 甲是 L1-GFP 融合基因，要将其插入质粒，不能破坏 L1 和 GFP，也不能把它们分开，因此只能在 L1 和 GFP 两端的 E1 和 E4 切开。

使用这两种酶进行酶切是为了保证甲的完整，也是为了保证甲与载体质粒正确连接。

(2) 将 P1 转入体外培养的皮肤细胞后，若在该细胞中观察到了绿色荧光，则说明 L1 基因在牛的皮肤细胞中可以顺利表达，即完成了转录和翻译过程。

(3) 为了获得含有甲的牛，需要通过核移植技术，将能够产生绿色荧光细胞的细胞核移入牛的去核卵母细胞中、体外培养、胚胎移植等。

(4) 由于甲转入细胞的细胞核，因此用 PCR 方法进行鉴定时，以该牛不同组织细胞中的核 DNA 作为 PCR 模板。