

2022 年全国中学生生物学联赛试题解析

金石为开教研部

一、生物化学、分子生物学、细胞生物学、微生物学

1.ACD

解析：本题考查氨基酸的紫外吸收，酪氨酸和色氨酸残基使蛋白质（或多肽）在 280nm 处具有最大吸收值，苯丙氨酸残基在 257nm 处有最大吸收值，在 280nm 处吸收值较大。故该题的意图是选出具有芳香族氨基酸的短肽。A 中含 Phe、C 中含 Trp，但是 D 中含有 Lys，因此按理来说 D 也是对的。因此答案是 ACD。

【考点：生物化学、氨基酸的紫外吸收】

2.A

解析：离子交换层析分离蛋白质，是根据在一定 pH 条件下，蛋白质所带电荷不同而进行的分离方法。常用于蛋白质分离的离子交换剂有弱酸型的羧甲基纤维素(CM 纤维素) 和弱碱型的二乙基氨基乙基纤维素(DEAE 纤维素)。前者为阳离子交换剂，后者为阴离子交换剂。由于蛋白质也有等电点，当蛋白质处于不同的 pH 条件下，其带电状况也不同。阴离子交换基质结合带有负电荷的蛋白质，所以这类蛋白质被留在柱子上，然后通过提高洗脱液中的盐浓度等措施，将吸附在柱子上的蛋白质洗脱下来。结合较弱的蛋白质首先被洗脱下来。反之阳离子交换基质结合带有正电荷的蛋白质，结合的蛋白可以通过逐步增加洗脱液中的盐浓度或是提高洗脱液的 pH 值洗脱下来。

根据题干，缓冲液的 pH=10，使样品氨基酸都带上负电荷，它们都能与阴离子交换树脂结合。结合能力的强弱，与氨基酸的 pI 值有关，pI 越大，与阴离子交换树脂的结合力越弱，洗脱时越易交换下来。Lys 的 pI 为 9.74，His 的 pI 为 7.59，Ser 的 pI 为 5.68，Glu 的 pI 为 3.22，故当后用递减的 pH 梯度洗脱进行洗脱时，洗脱下来的次序是 Lys→His→Ser→Glu，A 正确。

【考点：生物化学、离子交换层析、氨基酸等电点】

3.C

解析：本题考查化学键的知识。

A 选项，键能是指断裂 1 摩尔的化学键所需能量，键能越大，断裂时所需要吸收的能量越多，则化学键越不容易断裂，A 正确；

B 选项，高能化合物是含有高能键的化合物，B 正确；

C 选项，高能磷酸键断裂能释放大量的能量而不是吸收大量的能量，C 错误；

D 选项，ATP 的结构简式为 A—P~P~P，高能磷酸键不稳定，断裂后，形成腺苷二磷酸(ADP)，故 ADP 的分子结构比 ATP 更稳定，D 正确。

【考点：生物化学、高能化合物、化学键】

4.A

解析：本题可以使用排除法，从功能的角度去理解酶的位置。

A 选项，脂酰 CoA 合成酶 (acyl-CoA synthetase) 催化脂肪酸活化反应。脂肪酸在氧化分解前，必须先转变为活泼的脂酰 CoA。该酶在 ATP、CoASH、Mg²⁺ 参与下，催化脂肪酸活化形成脂酰 CoA。脂酰 CoA 合成酶催化脂肪酸活化形成脂酰 CoA，分布于线粒体外膜上，少数定位于内质网膜上，与脂肪酸的β-氧化有关。A 正确。

B 选项，肉碱脂酰移位酶 II 催化脂酰肉碱转变为脂酰辅酶 A，位于线粒体内膜上，与脂肪酸的β-氧化有关。长链脂肪酸需先在肉碱棕榈酰转移酶 I (CPT1) 催化下与肉碱生成脂酰肉碱，再通过线粒体内膜的移位酶 (CACT) 穿过内膜，由 CPT2 催化重新生成脂酰辅酶 A。

复合物 IV 即细胞色素 c 氧化酶。复合物 IV 是电子传递链的终点，氧气在此被还原生成水，同时泵出质子。

可以看出，将电子传递给细胞色素 c 的是复合体 III；线粒体膜中移动的电子载体指的是辅酶 Q 和细胞色素 C，而不是复合体 I；复合体 I 即 NADH-辅酶 Q 氧化还原酶复合体，由 NADH 脱氢酶（一种以 FMN 为辅基的黄素蛋白）和一系列铁硫蛋白（铁—硫中心）组成，含有铁硫中心。综上所述，B 正确。

【考点：生物化学、电子传递链、复合体】

6.C

解析：氨甲酰磷酸合成酶（英语：Carbamoyl phosphate synthetase）是催化自谷氨酰胺或氨与碳酸氢盐合成氨甲酰磷酸这一反应的一种 ATP 依赖性酶。此酶催化 ATP 与碳酸氢盐产生了氨甲酰磷酸与 ADP。羧基磷酸盐先与氨反应产生氨基甲酸盐。接下来，氨基甲酸盐与第二分子的 ATP 反应生成氨甲酰磷酸与 ADP。此酶有三种不同型，供应各不相同的功能。

氨甲酰磷酸合成酶 I（线粒体酶，尿素循环）

氨甲酰磷酸合成酶 II（胞质溶胶酶，嘧啶代谢）

氨甲酰磷酸合成酶 III（存在于鱼类之中）

尿素循环包含五个反应：2 个在线粒体中，3 个在细胞质中。循环转换两个氨基（分别来自氨和天冬氨酸）和一个来自 HCO_3^- 的碳原子，消耗四个“高能”磷酸键（3ATP 水解成 2ADP 和 1AMP），产生相对无毒的代谢产物尿素经尿排出体外。

氨基甲酰磷酸合成酶 I (CPS-I) 存在于肝线粒体中，以游离的氨作为氨基供体合成氨甲酰磷酸，N-乙酰谷氨酸为其激活剂，反应消耗 2 分子 ATP。CPS-I 是鸟氨酸循环过程中的限速酶，N-乙酰谷氨酸可诱导 CPS-I 的构象发生改变，进而增加酶对 ATP 的亲和力。

因此，答案是 C。

【考点：生物化学、尿素循环、氨基甲酰磷酸合成酶】

【补充：氨基甲酰磷酸合成酶的结构】

氨甲酰磷酸合成酶（CPSase）是一个异二聚酶，由一大一小两个亚基组成（CPSase III 则是个例外，其由单个多肽链组成，这有可能起因于谷氨酰胺酶与合成酶域两者之间的基因融合）。氨甲酰磷酸合成酶具有三个活性位点，其中一个位于小亚基，另外两个位于大亚基。小亚基包含有谷氨酰胺结合位点并催化谷氨酰胺水解为谷氨酸与氨，后者被转移到大链上被用于合成氨甲酰磷酸。小亚基具有一个 3-层次的 $\beta/\beta/\alpha$ 结构，这一结构在一般蛋白质中被普遍认为是一个可活动单元，可以转移氨。氨甲酰磷酸合成酶小亚基的 C-末端域具有谷氨酰胺氨基转移酶活性。大亚基具有两个同源的羧基磷酸盐域，两个都具有 ATP 结合位点；然而，N-末端羧基磷酸盐域主催化碳酸氢盐的磷酸化，然而 C-末端域主催化氨基甲酸盐中间体的磷酸化。氨甲酰磷酸合成酶大亚基中有重复的羧基磷酸盐域，这一域在生物素依赖性的酶乙酰辅酶 A 羧化酶（ACC）、丙酰辅酶 A 羧化酶（PCCase）、丙酮酸羧化酶（PC）与尿素羧化酶之中亦有单拷贝。

细菌氨甲酰磷酸合成酶之中的大亚基具有四个二级结构域：羧基磷酸盐域 1、低聚域、氨甲酰磷酸域 2 以及变构域。大肠杆菌的氨甲酰磷酸合成酶异质二聚体含有两个分子通道：一个氨通道以及一个氨基甲酸盐通道。这些域间隧道将三个不同的活性位点相互连接起来，并作为不稳定的反应中间体（氨和氨基甲酸盐）在相关的活性位点之间传递的通道。氨甲酰磷酸合成酶的催化机制涉及到氨基甲酸盐自位于大亚基的 N-末端域的合成位点扩散穿过酶的内部继而到达位于 C-末端域的磷酸化位点。

7.D

解析：肝硬化（英语：Cirrhosis）指的是肝脏因长期受到伤害，导致最后无法正常运作。肝硬化最常见的原因包括酒精、乙型肝炎、丙型肝炎、以及非酒精性脂肪性肝炎等，而非酒精

性脂肪肝则有许多原因，包括：体重过重、糖尿病、高脂血症与高血压。其他较不常见造成肝硬化的原因还有自体免疫性肝炎、原发性胆汁性肝硬化、血色沉着病、药物影响与胆结石。病理上，肝硬化的病人的肝脏组织会被疤痕组织取代而无法正常工作，造成肝功能的丧失。有证据表明，给患者补充谷氨酰胺在肝病（包括肝硬化）治疗中发挥有益作用，但其作用机制仍不清楚，这一治疗方案提示谷氨酰胺对肠道的保护作用也可能影响到其对肝的保护作用。另有文献报道，肝硬化患者肠道谷氨酰胺酶活性升高，从而引起谷氨酰胺含量下降，可考虑给患者补充合适剂量的谷氨酰胺。谷氨酰胺也是合成谷胱甘肽所需的前体物质，谷胱甘肽能阻止氧化损伤，对肝功能起到保护作用。

谷氨酰胺在谷氨酰胺酶的作用下分解为谷氨酸和氨，其产物不会直接与鸟氨酸或瓜氨酸反应，在尿素循环中，氨甲酰磷酸与鸟氨酸反应产生瓜氨酸，故 AB 错误。患者体内若谷氨酰胺合成酶活性增加，则谷氨酰胺含量增加，对肝功能保护作用会增强，不需要在补充谷氨酰胺了，故 C 错；谷氨酰胺对肝硬化患者肝功能具有保护作用，患者体内谷氨酰胺酶活性增加，导致谷氨酰胺含量下降，故需要补充谷氨酰胺，D 正确。

【考点：生物化学、尿素循环、谷氨酰胺】

8.AC

解析：本题考查丙二酰辅酶 A，该化合物在脂肪酸的生物合成的延伸阶段以及聚酮化合物的生物合成中起到重要作用。丙二酰辅酶 A 同时也被用于使 α -酮戊二酸跨过线粒体膜转运到线粒体基质中。在脂肪酸合成中，它为脂肪酸提供二碳单位，将二碳单位加到延长中的脂肪酸碳链中。丙二酰 A 是在乙酰辅酶 A 羧化酶的作用下使乙酰辅酶 A 羧化而形成的。一分子乙酰辅酶 A 与一分子碳酸氢盐相结合，其中需要三磷酸腺苷以提供能量。丙二酰辅酶 A 被一种称作丙二酰辅酶 A：酰基载体蛋白转酰基酶（MCAT）用于合成脂肪酸。MCAT 负责将丙二酰辅酶 A 上的丙二酸基团转移到完全酰基载体蛋白（ACP）末尾的硫醇上。

另外，在聚酮生物合成方面，MCAT 同时涉及到细菌中聚酮生物合成，这一事实是很少有争议的。脂肪酸 MCAT 与酰基载体蛋白（ACP）、聚酮合酶和链长因子异质二聚体一起，组成了 II 型聚酮的多聚乙酰合酶。

在脂肪酸合成中，丙二酰 A 是一个具有高度调节性的分子；例如，它可以抑制脂肪酸 β -氧化中限速步骤。丙二酰辅酶 A 也可以抑制脂肪酸与肉碱相结合，因此阻止了脂肪酸进入可发生脂肪酸氧化及降解的线粒体之中。

总而言之，丙二酰辅酶 A 在脂肪酸生物合成中作为二碳单位供体，其含量升高将促进长链脂肪酸的合成，同时，它通过抑制肉碱脂酰转移酶 I 的活性而抑制脂肪酸的 β -氧化。

【考点：生物化学、脂肪酸的合成、丙二酰辅酶 A】

9.B

解析：斐林试剂（Fehling's reagent），也称斐林试液、菲林试剂，是一种常用的分析化学试剂。公元 1849 年由德国化学家赫尔曼·冯·斐林制作出来。斐林试剂能检验出醛基的存在，因此也可以用来测定还原糖。斐林试剂因可与醛糖反应（具有醛基）而常用于检验是否存在单糖。另外特别的是酮糖也可以用此法检测，这是由于酮糖类的单糖（如果糖）会与斐林试剂中的碱作用，使之转化为醛糖，进而可以被斐林试剂氧化从而呈阳性反应。

糖类分为单糖、寡糖和多糖，在细胞内单糖可以脱水缩合形成寡糖和多糖，多糖可以水解形成寡糖和单糖；判断二糖有无还原性，要根据其有无游离的半缩醛羟基或半缩酮羟基或游离的醛基或酮基。

纤维二糖是纤维素的二糖单位，两个葡萄糖分子通过 β -1, 4 糖苷键连接，第二个葡萄糖的半缩醛羟基游离，麦芽糖是两个葡萄糖分子通过 α -1,4-糖苷键连接，第二个葡萄糖的半缩醛羟基游离，乳糖是半乳糖和葡萄糖通过 Gal β (1 $\rightarrow$ 4) Glc 糖苷键连接，葡萄糖的半缩醛羟基游离，蔗糖是葡萄糖通过 β -1-2-糖苷键与果糖相连，无游离的半缩醛或半缩酮羟基，故没有

还原性。

综上所述，答案是 B。

【考点：生物化学、糖类、菲林试剂】

10.AE

解析：送分题，全都是书上原话。

A 选项，细胞膜主要由脂质和蛋白质组成，还含有少量的糖类。其中组成细胞膜的脂质中，磷脂含量最丰富，蛋白质在细胞膜行使功能时起重要作用。脂质分子构成膜的基本骨架，A 正确；

B 选项，细胞膜的脂类分子中没有甘油三酯，故 B 错；

C 选项，胆固醇分子中不含有脂肪酸，故 C 错。

D 选项，侧向扩散只能使脂类分子在同一层脂质中运动，翻转运动才会导致脂类分子从一层到另外一层，故 D 错。

E 选项，血型的特异性主要取决于血型抗原糖链的组成，红细胞膜上寡糖抗原的不同决定了人体的 ABO 血型系统，故 E 正确。

【考点：细胞生物学、细胞膜】

11.AD

解析：图表分析题，需要明白途中的各项数据代表什么。横轴上的右边的标号代表物质名称，+代表加入，-代表未加入。由图中可知，p38i 不影响 G2/M。细胞 M 检验点检验纺锤丝与着丝粒的附着，与蛋白质翻译无关，所以茴香素阻止细胞周期在 G2。

由图可知，第一组为对照，第二组为施加 p38i 的效果，第三组为施加 ANS 的效果，第四组为同时施加 p38i 和 ANS 的效果。对比第一、三组，可看出 G2/M 数值明显增大，说明茴香霉素能够使细胞阻滞在 G2 期，A 正确，B 错误；对比第一、二组，可以看出 G1，G2/M 数值在施加 p38i 前后无明显变化，说明 p38 不能使细胞阻滞在 G2 期，C 错误；对比第三、四组，第三组 G1 数值减小，G2/M 数值增大，第四组 G1 数值较第三组增大，G2/M 数值第三组减小，说明 p38i 能够拮抗茴香霉素对细胞周期的影响，D 正确。

【补充：细胞周期】

细胞周期通常可划分为分裂间期(I 期)和分裂期(M 期)，分裂间期是物质准备和积累阶段，分裂期则是细胞增殖的实施过程。整个周期表示为 I 期→M 期。

其中分裂间期(I 期)又常常可以划分为 DNA 合成前期(G1,gap 1), DNA 合成期(S, synthesis)和 DNA 合成后期(G2, gap2)。在此期间的主要任务是完成染色质中的 DNA 复制和相关蛋白质的合成。将 I 期细分之后，整个细胞周期可以表示为：G1 期→S 期→G2 期→M 期。

细胞进入 G1 期可能出现三种情况，其中暂不继续增殖，如骨髓干细胞和处于不利状态下的癌细胞，但在某些刺激下，这些细胞又可以继续生长分裂，因此有人把这种非增殖状态的 G1 期细胞称为 G0 期细胞。以区别处于增殖状态的 G1 期细胞。

而分裂期通常分作分裂前期(Prophase)、前中期(Prometaphase)、中期(Metaphase)、后期(Anaphase)和末期(Telophase)5 个阶段，在此期间进行细胞物质的平均分配并形成两个新的细胞。

细胞分裂后，每个子细胞开始新周期的间期。虽然间期的各个阶段通常在形态学上不可区分，但细胞周期的每个阶段都有一组不同的特化生物化学过程，为细胞分裂的起始做准备。

调控：

状态	阶段	缩写	描述
休息	G ₀ 期	G ₀	细胞离开周期并停止分裂的阶段。
间期	G ₁ 期	G ₁	G ₁ 期的细胞生长. G ₁ 检查点控制机制确保一切准备好进行DNA合成。
	合成	S	DNA复制发生在这个阶段。
	G ₂ 期	G ₂	在DNA合成和有丝分裂之间的差距期间, 细胞将继续增长。G ₂ 检查点控制机制确保一切准备好进入M (有丝分裂) 阶段并分裂。
细胞分裂	有丝分裂	M	细胞生长停止在这个阶段, 细胞能量集中在有序地分裂成两个子细胞。有丝分裂中期的检查点 (Metaphase Checkpoint) 确保细胞可以完成细胞分裂。

细胞周期的进行是由不同的周期素(Cyclin)所调控。周期素意味着这些蛋白质的表现量会随着细胞周期的进行而有所变化, 进而确认周期素原来是扮演细胞周期调控的角色。依照目前的认知, 就如同细胞周期 G₁ 期→S 期→G₂ 期→M 期的进行, 在 G₁ 期大量表现的周期素 D(cyclin D)渐渐的由周期素 E(cyclin E)取代, 而之后的变化则是 E→A→B。

【考点: 细胞生物学、图表分析、细胞周期】

12.ABC

解析: A 选项, 对于大多数的细菌而言, 如果固体培养基的营养条件相差很大, 生长速度会相差很大, 菌落大小就会相差很大。而且由于色素是次级代谢产物, 很容易受培养条件的影响, 因此菌落颜色并不是很稳定, 细菌的菌落大小、颜色属于菌落特征, 而在这些培养基中生长的细菌个体形态如形状、大小等变化不大, 故 A 正确;

B 选项。

革兰氏染色 (英语: Gram stain) 是用来鉴别细菌的一种方法: 这种染色法利用细菌细胞壁上的生物化学性质不同, 可将细菌分成两类, 即革兰氏阳性 (英语: Gram Positive) 与革兰氏阴性 (英语: Gram Negative)。这一染色方法由丹麦医生汉斯·克里斯蒂安·革兰于 1884 年所发明, 最初是用来鉴别肺炎球菌与克雷白氏肺炎菌之间的关系, 后推广为鉴别细菌种类的重要特性之一, 对由细菌感染引起的疾病的临床诊断及治疗有着广泛用途。属于鉴别染色。芽孢染色法: 芽孢是细菌的休眠体, 当细菌菌体营养缺乏时形成。通常为圆形或椭圆形, 位于细菌菌体的一端或者中间。由于芽孢结构特殊, 芽孢壁厚、透性低, 着色、脱色均较困难。所以, 普通染色方法 (如革兰氏染色) 只有菌体着色, 而芽孢无法着色而呈现无色。因此, 如想要芽孢着色, 需要使用着色力强的染色剂 (如孔雀石绿) 在加热条件下进行染色。染料不仅可以进入菌体, 而且也可以进入芽孢, 进入菌体的染料可经水洗脱色, 而进入芽孢的染色的染料则难以透出, 若再用复染液 (如番红溶液) 染色后, 芽孢仍然保留初染剂的颜色, 而菌体被染成复染剂的颜色, 即菌体和芽孢分别染成红色和绿色易于区分。

抗酸染色 (英语: Acid-fast stain) 由保罗·埃尔利希首次创立, 该染色法是用以鉴定抗酸性生物 (主要是分枝杆菌属) 的细菌学染色法。后来该法被两位德国医生改进: 细菌学家弗兰兹·齐尔 (1859 年–1926 年) 和病理学家弗里德里希·尼尔森 (1854 年–1898 年), 因此也被称为齐尔–尼尔森染色。抗酸生物, 如分枝杆菌属中的生物体内包含大量被称为分枝菌酸的脂质。这种脂质可以阻止被如革兰氏染色法的常规染色法染色。抗酸染色法还可以被用于给如诺卡氏菌属 (Nocardia) 的细菌染色。[1]制作抗酸染色所使用的试剂包括: 石炭酸复红 (石炭酸和品红的混合物)、酸性酒精和亚甲蓝。当抗酸细菌被染色后会呈现亮红色。

总而言之, 革兰氏染色法与芽孢染色法和抗酸性染色法均是鉴别染色法, 需要记住各种染色

方式的染料，B 正确；

C 选项，鞭毛可分为三种类型：细菌鞭毛，古菌鞭毛，和真核生物的鞭毛。真核生物的鞭毛含有动力蛋白和微管，以弯曲甩动的方式获利。细菌和古菌的鞭毛中不含有动力蛋白或微管，以旋转运动运行。其它的区别包括：（1）细菌鞭毛是螺旋状细丝，每根细丝的基部带有一个可以顺时针或逆时针转动的旋转马达。它们提供了多种细菌运动中的两种。（2）古菌鞭毛（Archaeella）和细菌鞭毛一样，也具有旋转马达，但两者在细节上多有不同，被认为是非同源的。（3）真核生物（植物、动物、原生生物）的鞭毛在细胞结构上更为复杂，可以像鞭子一样来回抽打。

不同种类的细菌有不同的数目的鞭毛。Monotrichous 细菌有一个单一的鞭毛（如霍乱弧菌）。Lophotrichous 细菌有多种鞭毛设在细菌同样的表面上，而协调一致地行动，将细菌进往单一的方向前进。一些细菌，如 selenomonas，鞭毛有组织外胞体。球菌一般无鞭毛，弧菌、螺菌类普遍都有鞭毛，杆状细菌中约有一半种类长有鞭毛，C 正确；

D 选项，固氮作用、硝酸盐还原和反硝化作用都能够还原氮元素，并非只有固氮菌才能还原氮元素，D 错误。

【考点：细胞生物学、微生物学、染色方法】

13.D

解析：A 选项，就有性生殖方式来讲，真菌是真核生物，通过减数分裂、质配和核配完成有性生殖，细菌为原核生物，不发生减数分裂，一般不进行有性生殖，如果进行如接合，两者不一样，差异很明显，排除 A；

B 选项，真菌细胞的成分低等的为纤维素，高等的为几丁质，细菌细胞壁的主要成分是肽聚糖，差异明显，排除 B；

C 选项，真菌与细菌的鞭毛结构的成分和结构均不同，真菌鞭毛是 9+2 的微管形式，细菌鞭毛是由鞭毛蛋白组成差异明显。排除 C。

D 选项，真菌是真核生物，细菌是原核生物。两者细胞膜上的磷脂的种类和化学性质差不多一样。只是原核细胞一般不含甾醇。故选 D。

【考点：细胞生物学、微生物学、细胞膜】

14.C

解析：根据题中的描述，铵盐是微生物重要的营养物，可以通过氧化铵盐获得能量，并同化 CO₂ 进行生长的微生物，大多是化能自养型生物。

蓝细菌即蓝藻，细胞内含有藻蓝素和叶绿素，属于光能自养型生物。红螺菌又称为紫色非硫细菌，生活在湖泊、池塘的淤泥中，是一种典型的兼性营养型细菌。红螺菌在不同环境条件下生长时，其营养类型会发生改变。在没有有机物的条件下，它可以利用光能，固定二氧化碳合成有机物；在有有机物的条件下，它又可以利用有机物进行生长。硝化细菌和亚硝化细菌可以通过氧化铵盐获得能量进行 CO₂ 的同化，属于化能自养型生物。

因此，综上所述，答案是 C。

【考点：微生物学、营养类型】

15.A

解析：水活性（Water Activity，又称水分活度、水活度，简写 Aw）指在密闭空间中，某食品的饱和蒸气压与相同温度下纯水的饱和蒸气压的比值，这个观念跟相对湿度(relative humidity,RH)有关：相对湿度=100 x 水活性。

水活性所量度的是食品中自由水分子的多寡，自由水是指可以被微生物所利用，维持正常代谢活性，得以延续生长及繁殖的水，自由水越低环境对微生物的生长较为严苛。纯水的水活性最高为 1.0。由于仅有自由水能被微生物所利用，所以总水分含量无法诠释食品在保藏利用性所代表的意义，食品在等温吸湿曲线中吸湿与脱水过程并非为水活性的变化并非循原路

径回复。

降低水活性为良好的食品保存方法，食品利用加工过程将水活性降低至 0.6，可以抑制大部分非耐旱微生物生长，避免导致食品劣变或食品中毒事件发生。单一极端保存方法会造成食品嗜好性降低，常会搭配其他保存方法同时使用。

水活度表示 $aw=P/P_0$ ，其中 P 表示溶液的蒸汽压， P_0 表示纯水的蒸汽压，水活度越大，说明自由水含量越多，即说明环境中溶质越少，水越容易被微生物利用。

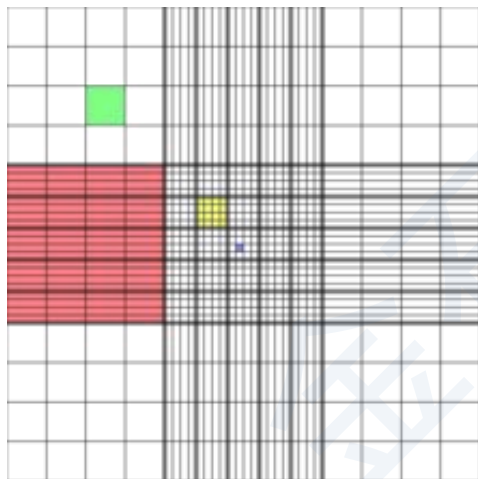
【考点：生物化学、水活性】

16.CD

解析：其实很简单，只要你见过计数板长啥样你就会做。只要选择出类似于球形的细胞即可，而细长状的细胞无法计数。因此答案是 CD。

血球计数板是一种用于计数细胞的设备。它原先是被设计用作全血球计数的。血球计数板是由 Louis-Charles Malassez 发明的。其由一个带有矩形的锯齿状的计数室的厚载玻片组成。计数室被精确地画上格线以保证每个单元格的大小相等，并且每个格子的深度也相同，故而通过血球计数板可以测量一定体积液体中的细胞数。

血细胞计数板中分布 $1 \times 1 \text{ mm}$ (1 mm^2) 的小正方形框；这些正方形框又被进一步分为三种规格： $0.25 \times 0.25 \text{ mm}$ (0.0625 mm^2)、 $0.25 \times 0.20 \text{ mm}$ (0.05 mm^2)、 $0.20 \times 0.20 \text{ mm}$ (0.04 mm^2)；其中心部分又被进一步分为 $0.05 \times 0.05 \text{ mm}$ (0.0025 mm^2) 的正方形格。其各处厚度均匀，皆为 0.1 mm 。



如图所示为血细胞计数板的图示。

【考点：细胞生物学、血细胞计数板】

17. AD

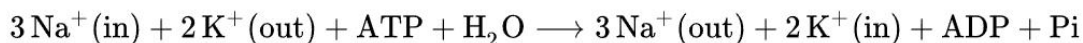
解析：甲烷菌（英语：Methanogen）为可行无氧呼吸作用产生甲烷的微生物，均属广古菌门的古菌，通常生长在厌氧的环境，如湿地沼泽、动物的消化道中与缺乏硫酸盐的海底沉积物，在沼泽中可产生沼气，在消化道则会造成打嗝与屁。多数甲烷菌不能在有氧的环境中生存，巴氏甲烷八叠球菌为少数例外，因具有超氧化物歧化酶（SOD）而对氧气的抗性稍强。甲烷菌的细胞壁成分为假肽聚糖或蛋白质组成的准结晶结构。有些甲烷菌可分解有机污染物，因而被用于处理污水。

产甲烷菌，是专性厌氧菌，属于古菌域，A 正确；产甲烷菌有的需要特定的生长因子，有的不需要，B 错误（可恶的出题者啊）；产甲烷菌的甲烷杆菌属是具有假肽聚糖的细胞壁，但不是所有的产甲烷古菌都具有假肽聚糖的细胞壁，有些是未硫酸化的异多糖；氢化酶、辅酶 F420、甲酰甲基呋喃、甲酰四氢甲基喋呤、辅酶 M 等是产甲烷途径的相关酶类，镍是产甲烷菌细胞氢化酶与辅酶的重要成分，故产甲烷菌需要金属镍，D 正确。

【考点：微生物学、甲烷菌】

18.D

解析：钠钾泵（sodium-potassium pump）又称钠钾 ATP 酶（Na⁺/K⁺-ATPase）、钠钾 ATP 酶泵（sodium-potassium ATPase pump），是一种位于细胞膜上，利用 ATP 水解把钠离子泵出，而把钾离子泵入细胞的一种酶（EC 3.6.3.9）；精确说，是一种“离子匣式跨膜 ATP 酶”。钠钾泵可在人类细胞及后生动物中发现，是维持细胞膜电位的重要酶。



钠钾泵可以将细胞外相对细胞内较低浓度的钾离子送进细胞，并将细胞内相对细胞外较低浓度的钠离子送出细胞。经由以具放射性的钠、钾离子标定，可以发现钠、钾离子都会经过这个通道，钠、钾离子的浓度在细胞膜两侧也都是相互依赖的，所以显示了钠、钾离子都可以经过这个载体运输。目前已知钠钾泵需消耗 ATP，并可以将三个钠离子送出细胞，同时将两个钾离子送进细胞。

钠钾泵可以帮忙维持细胞保持在静止电位，帮助传输和调整细胞体积。他也有信号感应和整合的功能，和细胞内的钙离子一样帮助调整 MAPK 途径、ROS。钠钾离子泵能够相向逆浓度梯度运输钠离子与钾离子，即能逆浓度梯度把 Na⁺从细胞内转运到细胞外，把 K⁺从细胞外转运入细胞内，需要消耗 ATP，同时该转运蛋白的构象需要发生变化；钠钾离子通道运输属于协助扩散，而协同运输属于主动运输。所以 D 错误。

【考点：生物化学、离子泵】

19.B

解析：材料分析题。

分析题意，受体 Piczo 可在脊椎动物的皮肤、口腔、肺、膀胱和血管内皮等多种组织中表达，其功能是感受机械力，而酸甜苦辣不是机械力，是化学物质，故选 B。实际上受体 Piczo 是机械门控的阳离子通道，而非化学门控通道。能够感知机械压力，压力感知在触觉、疼痛、血压调节和本体感觉等各方面的价值和作用。题中的 Piczo 实则应为 Piezo。

关于此蛋白，文献链接如下：<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3062430/>

The screenshot shows the NIH website interface. At the top, there's a navigation bar with the NIH logo and 'National Library of Medicine' text. Below it, a search bar is visible. The main content area displays the article 'Piezo1 and Piezo2 are essential components of distinct mechanically-activated cation channels' by Bertrand Coste et al. The article is published in Science, 2010 Oct 1; 330(6000): 55-60. The page also includes a 'HHS Public Access' banner and a 'Cite' button. The article title is 'Piezo1 and Piezo2 are essential components of distinct mechanically-activated cation channels'.

讨论

转到: ▶

我们发现Electrozo1是Neuro2A细胞中MA电流所必需的, Piezo2是DRG神经元中MA电流子集所必需的。此外, 在三种不同的细胞类型中过表达Piezo1或Piezo2会导致MA电流增加17至300倍。我们得出结论, 压电对于在各种细胞类型中表达MA电流既必要又充分。

Piezo1和Piezo2序列与其他已知离子通道或其他蛋白质类别的序列不同。Piezo1和Piezo2的大量预测跨膜结构域让人联想到具有24个跨膜结构域的电压激活钠通道的结构, 由4个跨膜单元的6倍重复组成(31)。然而, 在压电蛋白中尚未观察到含有孔隙或重复的结构域。可能是压电蛋白是正确表达或调节通道特性所需的离子通道的非导电亚基, 类似于电压门控通道的 β 亚基(31)或ATP敏感K⁺通道的SUR亚基(32)。在这种情况下, 这里使用的所有细胞类型都必须表达需要压电陶瓷才能发挥作用的MA通道的非活性传导亚基。或者, 压电蛋白可以定义一类独特的离子通道, 类似于Orai1, 它缺乏与其他通道的显著序列同源性(33)。Piezo1也存在于内质网中(14-15), 因此压电可能同时作用于质膜和细胞内区室。

我们描述了Piezo2在体感神经元中快速适应机械激活电流中的作用。因此, Piezo2在触觉和疼痛感中具有潜在的作用(34-35)。压电1和2在各种组织中表达, 它们的同系物存在于动物、植物和原生动物中, 提出了压电蛋白在机械转导中具有广泛作用的可能性。

大家可以自行查阅。

【考点: 生物化学、机械门控的阳离子通道、感受器】

20.A

解析: 考察最基本的细胞电现象。

Piczo被激活后, 阳离子进入细胞首先是去极化, 不是超极化; 复极化和动作电位是去极化后的细胞反应。

【考点: 生物化学、机械门控的阳离子通道】

21.A

解析: 根据前面的分析, Piczo属于机械门控的阳离子通道, 选项中乙酰胆碱N受体属于离子通道型受体(钠离子通道), 肾上腺素受体是G蛋白偶联型受体, 生长因子受体属于受体酪氨酸激酶(RTK)即酶联受体, 一氧化氮受体为胞质内的鸟苷酸环化酶(GC)。

除此之外, 常考的各种受体的配体与受体如图所示。

3. 配体与受体

① T_{yr} 激酶: 表皮生长因子EGF, 胰岛素, 血小板生长因子。

② 离子通道受体: GABA, Gly, ACh。

③ G蛋白-受体: NE/E, ACh 等其它激素

广泛分布于从酵母到人的各类生物。

受体大多为糖蛋白, 但百日咳和霍乱为糖脂。

【考点: 生物化学、机械门控的阳离子通道、配体】

22.BCD

解析: 根据题意, 在口腔和皮肤的感觉神经末梢中, 存在对辣椒素敏感的“热”和“痛”受体, 所以人吃辣椒后, 辣椒素会与相应受体结合, 进行信息传递, 故A错。其实“辣”并不是一种味觉, 而是一种“热”和“痛”的复合感受。辣味的来源——辣椒素, 以及高温能够刺激一些神经元, 让它们变得活跃。这一现象背后正是一种叫做 TRPV1 的受体分子在发挥作用。TRPV1 作为一类离子通道蛋白, 属于热敏受体, 在受到辣椒素或高温刺激的时候会被激活, 让钠或钙离子等带电离子流入细胞, 进而产生神经信号, 这也是为什么吃辣会有“热”或者“灼烧感”。另外, 还有一个冷敏感受器 TRPM8, 感受寒冷和薄荷醇。(与2021年的诺奖有关)。

辣椒素（英语：Capsaicin）又名辣素，辣椒碱，即反式-8-甲基-N-香草基-6-壬烯酰胺，分子结构式为 $(CH_3)_2CHCH=CH(CH_2)_4CONHCH_2C_6H_3-4-(OH)-3-(OCH_3)$ ，是辣椒属植物红辣椒的活性成分。它对包括人类在内的哺乳动物都有刺激性并可在皮肤中产生灼烧感。辣椒素和与其相关的一些化合物并称为辣椒素类物质（英语：Capsaicinoids），它们可能是辣椒为阻止草食动物啃食和真菌寄生而产生的次级代谢产物。一般鸟类都对辣椒素类物质不敏感。纯的辣椒素是一种斥水亲脂、无色无臭的结晶或蜡状化合物。

所有辣椒素类物质都是 C9-C11 支链脂肪酸和香草基胺合成的酰胺类化合物，不同辣椒素类物质的主要差异在于脂肪烃侧链长度、是否存在双键和分支点以及相对辣度。辣椒素是辣椒中的主要辣椒元，是辣味的主要决定因子，其次是二氢辣椒素。这两种化合物的辣度差不多是降二氢辣椒素、高二氢辣椒素和高辣椒素的两倍。不同纯辣椒元的稀溶液可以给人带来不同的辛辣感，但其浓溶液无此差别。而 ω -羟基辣椒素则是一种不辣的辣椒素类化合物，此外在甜椒中存在无辣味的类辣椒素物质辣椒素酯（capsiate）、二氢辣椒素酯（dihydrocapsiate）和去甲二氢辣椒素酯（Nordihydrocapsiate）。辣椒素酯具有与辣椒素类物质相同的侧链脂肪酸，但分子结构中的香草基胺被香荚兰醇（vanillyl alcohol）代替。

一般认为，辣椒素类物质被是由香草基胺与带支链结构的脂肪酸在红辣椒果实内部子房隔壁上缩合而成的。具体而言，辣椒素是由香草基胺和 8-甲基-6-烯基-壬酰辅酶 A 反应得到的。辣椒素的生物合成取决于基因座 *pun1* 上残留的基因 *AT3*，它被公认为是一个脂酰基转移酶编码。除了这些天然的辣椒素类物质外，还有一种人造的辣椒素类物质 N-香草基壬酰胺（VNA 或 PAVA）。虽然它也存在辣椒属植物的油性树脂中，但更多情况下是通过人工合成得到的。它能作为参比物质用于测定其他辣椒素类物质的相对辛辣度。

2021 年诺贝尔生理学或医学奖简介：2021 年诺贝尔生理学或医学奖授予大卫·朱利叶斯和阿登·帕塔普蒂安，以表彰他们对热传感器和机械换能器的发现。几千年来，我们如何通过躯体感觉来感知物质世界的问题一直困扰着人类。在 20 世纪上半叶，很明显，温度和压力会激活皮肤中不同类型的神经。然而，负责检测热、冷和触觉并将其转化为感觉神经系统神经冲动的分子换能器的身份仍然是一个谜，直到今年的诺贝尔奖获得。大卫·朱利叶斯（David Julius）希望确定辣椒素（辣椒的刺激性成分）的细胞靶标，因为他相信这可以为疼痛机制提供基本的见解。他在功能筛选中使用来自感觉神经元的 cDNA 文库来寻找一种基因，该基因可以使辣椒素对通常无反应的细胞敏感。该筛选鉴定出编码属于瞬时受体电位离子通道家族的新型离子通道（现在称为 TRPV1）的 cDNA。重要的是，TRPV1 被证明是由被认为是痛苦的温度激活的。继发现 TRPV1 之后，David Julius 和 Ardem Patapoutian 独立地取得了另一项重要进展，发现了 TRPM8，一种相关的冷敏受体。随后鉴定出几种额外的 TRP 受体，并显示其在体感系统中转导热信息。因此，大卫·朱利叶斯（David Julius）对 TRPV1 的开创性发现为分子理解热感觉打开了大门。Ardem Patapoutian 使用机械敏感细胞系中表达的候选基因的功能筛选来鉴定由机械刺激激活的离子通道。鉴定出两个机械激活的离子通道，名为 PIEZO1 和 PIEZO2，并显示出代表一类全新的离子通道，用作机械传感器。重要的是，Patapoutian 还证明了 PIEZO2 是躯体神经中的主要机械换能器，是我们感知触觉和本体感觉所必需的。在进一步的工作中，他发现了 PIEZO1 和 PIEZO2 在许多额外的生理功能中的核心作用。两位获奖者的工作通过解释感知热、冷和机械力的分子基础，解开了自然的秘密之一，这是我们感受，解释和与内部和外部环境相互作用的能力的基础。

原文地址：<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2021/advanced-information/>

【考点：生物化学、感受器、辣椒素】

23.D

解析：细胞决定早于分化，这个细胞的分化方向取决于细胞是否已被决定，是则为 A，如果没有则为 B。故无法确定细胞的命运。

【考点：细胞生物学、细胞分化、细胞决定】

24.B

解析：胞间连丝（英语：Plasmodesmata）为植物细胞和部分藻类细胞壁间贯穿细胞壁的特有孔道，可以让相邻细胞的细胞质相互流通。有微小孔道，为细胞间物质运输与信息传递的重要通道，通道中有一连接两细胞内质网的连丝微管，细胞质可经由胞间连丝交流及运输，此过程称为共质体运输。

胞间连丝是当植物细胞分裂时，部分的高尔基体释出的囊泡附于中胶层上。分裂时，中胶层上会产生一些小孔，可以沟通原生质，即为初生胞间连丝，而在植物细胞成熟后，细胞壁逐渐加厚，这些小孔便会成为一条一条的管状构造，即为次级胞间连丝。

一个典型的植物细胞通常有 10^3 至 10^5 条胞间连丝。胞质套筒的宽度约 50-60 nm。

胞间连丝壁可分为三层主层：细胞膜、胞质套筒（cytoplasmic sleeve）以及连丝微管（desmotubule），它们可以穿过约 90 nm 的细胞壁。

胞间连丝壁上的细胞膜是细胞膜的延伸，化学构造与细胞膜相同，都为脂双层。

胞质套筒是一个被细胞膜包覆的管状构造，内部充满液体，可利用扩散作用运输分子及离子（例如：糖类及氨基酸），此动作无须消耗额外的能量。大型粒子仍可经由胞质套筒扩散入下一个细胞，但详细机制仍不清楚。胞间连丝对于物质通透性其中一个重要的调控是在胞间连丝的管口部分聚集多糖，形成一个硬块，称为胼胝质（callose），使胞间连丝的管径缩小，借此以控制胞间连丝的通透性。

连丝微管是两毗邻细胞间平贴的内质网，部分物质可经由这些通道通过，但这并不被认为是胞间连丝的最主要运输方式。在连丝微管周围可观测到电子密集物质。这些物质会聚集成轮辐状构造，将胞间连丝分成较小的孔道。这些构造可能由肌球蛋白和肌动蛋白[18][20]构成。肌球蛋白和肌动蛋白是构成细胞骨架的物质，这可能也是胞间连丝控制物质运输的机制之一。

【考点：细胞生物学、胞间连丝、细胞膜】

25.A

解析：直接读图。Cd 出现在野生型的液泡中的比例高，出现在突变体中基质中的比例高。因此答案是 A。

腺苷三磷酸结合盒转运蛋白（ATP-binding cassette transporter, ABC 转运蛋白）是一类跨膜蛋白，其主要功能是利用 ATP 水解产生的能量将底物进行逆浓度梯度运输。这类跨膜转运蛋白具有保守的功能结构域和多样化的生物学功能，广泛分布于原核和真核生物中。近几年的研究表明，人类多种疾病，如免疫缺陷、癌症等，都与 ABC 转运蛋白病变相关，因此这类转运蛋白结构及转运机制的研究受到广泛关注。

【考点：细胞生物学、转运蛋白、细胞膜】

二、植物的解剖、植物生理、植物演化

26.BC

解析：先明白两个概念，即应拉木和应力木。将直立的树干保持倾斜或水平位置，则上侧与下侧之形成层分裂活动发生变化，所以形成偏心的生长，生长迅速的一侧生成具有异常组织结构的木材，称为应力木。偏心增大侧被子植物在上侧，裸子植物在下侧。因上侧受到树干重量产生的牵引力，而下侧则受到压缩力，故分别称为应拉木及应压木。应力木与正常的木材在物理及化学性质上不同，应拉木与正常木材相比色淡、木质化程度低，应压木相反色暗褐木质化程度高。应拉木木质纤维的次生壁最内层具特有的胶层。应拉木与正常材存在以下区别：

- 通常在应拉木的早材中存在胶质纤维（胶质加厚的木纤维）。
- 应拉木的管孔尺寸和数量减少。

- c.应拉木的木质纤维一般比正常材多。
- d.早材木质纤维细胞的横截面呈圆形，次生壁显著加厚。
- e.应拉木中所具胶质纤维的次生壁层次结构与正常材不同。由于胶质层（G 层）的存在，使细胞次生壁形成以下三种结构：S1+S2+S3+G(非常少)、S1+S2+G（普遍）、S1+G（普遍）。
- f.应拉木的纤维素含量增加，半纤维素和木质素的含量降低。
- g.应拉木的密度比正常材大。
- h.应拉木的顺纹干缩率比正常材显著增大，横向干缩率降低。
- i.应拉木的抗压强度、顺纹剪切强度、冲击强度、抗弯强度和弹性模量比正常材低。由于胶质纤维的存在，使其加工时容易出现起毛现象，并且难于干燥，易产生翘曲和开裂。
- 杨树是真双子叶植物，为应拉木。图 A、B 分别是倾斜生长的杨树树干木材横切面不同区域的显微照片，图 A 中的导管孔径较大，图 B 中的导管孔径较小。则图 A 为宽年轮，图 B 为窄年轮。
- 【考点：植物形态学、应拉木、应力木、茎的次生结构】

27.ACD

解析：需要参考上一题的解析。胶质纤维加厚的细胞次生壁主要是纤维素和半纤维素，几乎不含木质素，所以是增加了韧性而没有增加机械支撑力。图 B 中的大部分细胞细胞腔减小的主要是木纤维，与水分运输无关，水分运输与导管、管胞有关。所以 CD 都错。

【考点：植物形态学、应拉木、应力木、茎的次生结构、细胞壁】

28.C

解析：从图中看，图 A 与图 B 在组织结构上的差别在于细胞腔的减小，而大部分细胞细胞腔减小的主要是木纤维，图 A 中的管腔较大，图 B 中的管腔较小。因此参考答案给的 C。

【考点：植物形态学、应拉木、应力木、茎的次生结构、木纤维】

29.AB

解析：该题可以用排除法来做。通过 CD 正确推出选 AB。

C 说法正确，同一个体内同一基因的拷贝属于旁系同源，D 从题中的描述可以看出 BRC1a 可以促进气生块茎的形成，BRC1b 可以抑制地上茎腋芽处产生了气生块茎，两者的功能并不完全相同。

AB 的错误在于，两个基因表达的部位不同，调控的因素应该不同；二者究竟有多高的同源性没法说，序列相似性不能代表同源性。

直系同源基因与旁系同源基因的叙述如下：

同源序列可分为两种：直系同源（orthology）和旁系同源（paralogy）。直系同源的序列因物种形成（speciation）而被区分开（separated）：若一个基因原先存在于某个物种，而该物种分化为了两个物种，那么新物种中的基因是直系同源的；旁系同源的序列因基因复制（gene duplication）而被区分开（separated）：若生物体中的某个基因被复制了，那么两个副本序列就是旁系同源的。直系同源的一对序列称为直系同源体（orthologs），旁系同源的一对序列称为旁系同源体（paralogs）。若两个旁系同源基因（paralogs）的基因拷贝（gene duplication）是已发生在物种形成前，则这两个旁系同源（paralogs）可互称为“前重复同源基因”（outparalogs），可简称为“前重复”（outparalogs）；若于物种形成后某个直系同源基因（an ortholog）才发生基因复制（gene duplication），则互称为“后重复”（inparalogs）。

直系同源体通常有相同或相似的功能，但对旁系同源体则不一定：由于缺乏原始的自然选择的力量，繁殖出的基因副本可以自由的变异并获得新的功能。

肌红蛋白（myoglobin）和血红蛋白（hemoglobin）被认为是古老的旁系同源体（ancient paralogs）。类似的，已知的四种血红蛋白（血红蛋白 A，血红蛋白 A2，血红蛋白 S，和胎儿血红蛋白）均互为旁系同源体。它们均能够运输氧气，但在功能上又有细微的分化：胎儿

血红蛋白(血红蛋白F)比成年血红蛋白对氧气有更高的亲和力。另一个例子是啮齿动物(如老鼠)体内的胰岛素基因。啮齿动物有一对旁系同源的胰岛素基因,尚不清楚它们的功能是否分化。旁系同源体常见于同一物种,但也不是绝对如此:人类的血红蛋白和非洲黑猩猩的肌红蛋白就是旁系同源体。这是使用生物信息学方法预测基因功能的一大困难:即使不同物种的基因同源,我们也不能立刻推断它们具有相同或相似的功能,因为它们可能为具有不同功能的旁系同源体。

【考点:茎的生长调控、同源基因】

30.D

解析:A选项,根据腋芽位置胞间连丝数量增加,蔗糖含量升高来推断,正常株系中叶片同化物的运输形式应该是蔗糖,而不应是葡萄糖,A错;

B选项,敲低株系中腋芽应该是“库”而不是“源”,B错;

CD选项,BRC1b敲除后导致脱落酸水平的下降和脱落酸信号转导障碍应该一样,都会使得腋芽更容易发育成块茎,可推测脱落酸和块茎发育有关系,可能的原因是脱落酸是抑制块茎的发育的,C错D对。

【考点:茎的生长调控、同源基因】

31.B

解析:简单题。被动运输包括自由扩散和协助扩散两种形式,两者均是顺浓度梯度或电化学势梯度的运输,当在胞内施加-120mV的电压,则钾离子的细胞外电化学势高于膜内的电化学势。钾离子由胞外向胞内运输。

【考点:被动运输、电势】

32.B

解析:首先,气孔开闭的原理有很多种假说,气孔的开闭有很多种调节因素,如后附图片所示。接下来,分析选项:

A选项,气孔的开关与保卫细胞的水势有关,保卫细胞水势下降而吸水膨胀,气孔就张开,水势上升而失水缩小,使气孔关闭。保卫细胞外高渗,保卫细胞失水,气孔就会关闭,A错误;

B选项,保卫细胞外高水势,保卫细胞吸水,气孔就会打开,B正确;

C选项, K^+ 和阴离子流出保卫细胞,使得保卫细胞内水势升高,保卫细胞失水,气孔关闭,C错误;

D选项,保卫细胞蔗糖合成减少,水势升高,气孔关闭,D错误。

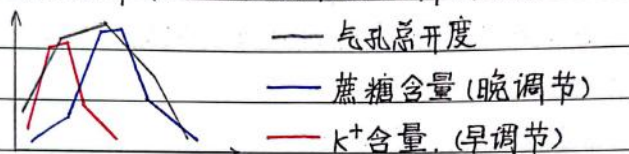
11. 气孔运动的机理

(1) K^+ : ATP 将 H^+ 泵至胞外, 驱动 K^+ 与 Cl^- 输入使 ψ_s 下降

(2) Mal: Mal 可与 K^+ 结合并维持电中性, 气孔要张开时
淀粉减少而 Mal 上升.

(3) 蔗糖: 淀粉-蔗糖相互转换可调节气孔开闭
且蔗糖也可进一步变为 Mal.

可从相邻叶肉细胞摄取蔗糖降低水势.



12. 引起气孔开闭的因素

(1) 光照是主要调节信号 **温度升高时, 气孔开度加大.**

① 光合作用: 外施 DCMU 会引发部分气孔关闭 (间接)

② 非光合作用: 蓝光会进一步刺激气孔张开 (玉米黄素)

机制: 通过 CP 的 Ca^{2+} 调节可活化 ATPase - H^+ 泵促 K^+ 入

(2) 水分 根部感受缺水时产生 ABA 引发气孔关闭

① CO_2 浓度高, PH 低时气孔张开, 但 CO_2 过高引发气孔关闭

(3) ABA 抑制气孔开放的机制 **少量 CO_2 可引起气孔打开.**

通过 IP_3 引发胞质 Ca^{2+} 升高, 抑制 H^+ - ATPase 和 K^+ 通道
并打开外向阴离子通道使气孔关闭.

【考点: 气孔的开闭、保卫细胞】

33.D

解析: 图表分析题, 这个图相对来说比较简单, 很显然能看出, 野生型拟南芥和 $gi-2$ 突变体下胚轴的长度在 $23^\circ C$ 下没有明显差异; 野生型拟南芥和 $gi-2$ 突变体下胚轴的长度在 $28^\circ C$ 下有明显差异。

至于 C, 可能比较有争议, 因为题干表述是“高温更有利于 $gi-2$ 突变体下胚轴的生长”, 可是并没有说到底是多高的高温, 对一株植物而言, 也不太可以普遍地下“高温更有利于生长”这样的结论, 这显然是不够严谨的。

而至于 D, 也不够严谨, 因为单纯地用“突变”并不能说明问题, 根据实验数据得出 GI 基因参与拟南芥对高温的反应这一结论证据不充分, 应该用 GI 基因缺失突变体做实验与有 GI 基因作对照来得结论。

不过整体感觉这个题还是很奇怪。笔者觉得四个选项都对, 非要选一个的话也会优先选 C。

【考点: 图表分析、植物的高温反应】

34.C

解析: 其实此题非常简单。那几个方格的图片看不明白没关系, 只需要看懂最后那个统计学柱状图就好了。直接就能得出结论。

用 PAC 和 JA 处理后每片叶片的表皮毛比对照组短, 说明 PAC 和 JA 抑制表皮毛的形成, C 错误。注意看是促进还是抑制, 对照组不处理的去比较。其余的从图上可以看得出来。

【考点: 图表分析、表皮的结构】

35.B

解析：书上原实验。决定因素为连续黑暗时间的长短而不是光照。

据图分析，短日照植物若连续黑暗时间达到一定时长则开花，若黑暗时间不够或暗断，则不开花；长日照植物在暗处理条件下不开花，故据此推测调节植物开花机制的关键因素为连续黑暗时间的长短。

【考点：光照、植物的光周期】

36.A (删除)

解析：植物激素是由植物体内产生，能从产生部位运送到作用部位，对植物的生长发育有显著影响的微量有机物。不同激素对同一生理效应都发挥作用，从而达到增强效应的结果叫协同作用。不同激素对某一生理效应发挥相反的作用叫拮抗作用。

A 选项，赤霉素能促进种子萌发，脱落酸抑制种子萌发、促进休眠，表现出拮抗作用，A 符合题意；

B 选项，生长素和油菜素内酯都能维持顶端优势。

C 选项，干旱响应中脱落酸与乙烯的含量增大，都能增强植物抗性，表现出协同作用，C 不符合题意；

D 选项，植物器官再生时，生长素与细胞分裂素发挥协同作用，促进细胞分裂、分化，D 不符合题意。

故选 A。但题目为多选，故删除。

【考点：植物生理学、植物激素】

37.ACD

解析：植物学名的有效发表，是指所发表的新分类群是否有效，被同行认可。

植物学名根据《国际植物命名法规》，植物的学名即拉丁名，都使用拉丁文的词或拉丁化的词来命名。在国际上，任何一个拉丁名，只对应一种植物，任何一种植物，只有一个拉丁名。这就保证了植物学名的唯一性和通用性。

具体的命名法规则如下图所示：

植物学命名法

1. 双名法：属名可用大写的斜体，种名可用小写的斜体，种名 = 属名 + 种加词 (斜体) et.al 为等等
2. 种名后加命名人名 (正体) 大小写，多个时用 et./and.
3. sp. 或 spp. (species) 表示泛指某属的数个种。
4. 新发表加 nov. (科 fam. 属 gen. nov.) 或 n.sp.
5. 新组合 comb. nov. **Syn 异名**
6. 变种 var. 亚种 subsp. 变型 f.
7. 亚属名用括号加在两词之间，并不是名的组成部分，而亚种名直接加在种名之后。
8. 以前的名称改动时，直接写改过的名称，并将原命名人及年份用括号表示，写在今命名人之前，一般属不同时代才改名。

例：亚 Sub. 变种 Var. dae 为科. is 为属. 例：Apis mellifera Linnaeus et.al (双名法)

属名可用大写的斜体，种加词小写的斜体，命名人正体，等等。

三名法：种加词后再加亚种加词。

【考点：植物学命名法】

38.C

解析：分支系统学是当今的三大分类学派之一，他是以共同祖先的近度作为衡量物种间（或类群间）亲缘关系的唯一标准的生物系统学派。主张通过对衍生性状相似性的分析，恢复和建立生物之间的分支演化关系，进而重建系统发育树，以形成严格的单系分类系统。

衍征是后代中存在但祖先中并不存在的性状。是由祖征演化而来、但表型不同的性状。祖征是指来自较远的祖先并为某一类群之外的成员所具有的特征。

单系群也被称为单系统、单系类群。是依靠近裔共性归类的类群或一个包括所有祖先和祖先后代的加和。在支序分类中指的是一个分类单元，其中的所有物种，只有一个共同的祖先而且它们就是该祖先的所有后代。近裔性状是派生性状，来源于祖先的相应性状而又与其不同。共有衍征或同源性状，在演化生物学是一种两个或以上终端分类单元共有及从其最近共同祖先承袭的衍生性状状态。共有衍征是一种衍生而来的性状状态，并源自其后最共同祖先。假若有物种 A 及 B，它们的共同祖先是 C，而 C 的祖先则是 D。若 A 及 B 都有共同的特征 X，而 C 也有，但 D 却没有，则特征 X 就是一种源自 A 及 B 最后共同祖先 C 的共有衍征。除了共有衍征外，性状状态还可以有共有祖征或趋同性，而共有衍征是与共有祖征及趋同性相反的观念。

真正的共有衍征一般都是独有的，但却与其原意无关。在支序分类学中，共有衍征是用来确定种系发生。故此共有衍征是一种试验数据，能足以支持某些终端群为一演化支的假说，或是从一个分支中排除其他类群等。由于一些物种可能会后来失去了这种共有衍征，故是否同一演化支内的所有成员都有该共有衍征并不重要。

【考点：分支系统学、衍征】

39.AC

解析：分子系统学中根据近裔共性归类的类群称为单系类群，是包括最晚共同祖种及其全部后裔种在内的一个类群，在这个类群内的物种相互之间比类群外的任何物种有更近的亲缘关系。分支系统学只接受单系类群，排除并系类群和复系类群。

A 选项，孢子植物是指用孢子繁殖的植物总称，包括藻类、菌类、地衣、苔藓和蕨类，其中菌类不属于植物，孢子植株属于并类群，A 错误；

B 选项，种子植株是指能产生种子用于繁殖的植物总称，是由共同祖先产生的后裔种，属于单系类群，B 正确；

C 选项，双子叶植物指一般其种子有两个子叶的开花植物的总称，真双子叶植物是被子植物的分支之一，由道利（Doyle）和霍顿（Hotton）在 1991 年提出来的，是划分被子植物门中“非木兰类双子叶植物”，也就是说花粉具有三孔的植物类群。包括了绝大部分双子叶植物纲中的种类，其他没有包括进去的双子叶植物被称为“类双子叶植物”（并系群），真双子叶植物的核心是蔷薇类和菊类两大部分，他们的核心分别为“真”蔷薇类和“真”菊类。C 错误；有时也将真双子叶植物分支称为“三孔花粉组”，因为它们的花粉都具有三个或三个以上的孔，这种性质和其他被子植物区别开来，其他被子植物包括单子叶植物纲和比较原始的双子叶植物如木兰目等都的花粉都是无孔或只具有单孔、双孔等。

D 选项，苔藓植物是一种小型的绿色植物，结构简单，近年来多个国家团队（包括中国科学家）从基因组层次的系统发生研究表明，包括角苔在内的苔藓植物属于单系群，D 正确；

E 选项，裸子植物包括可能由不同路线进化所形成的若干具有共同祖先的类群，这些类群包括最晚共同祖种及其全部后裔种在内的一个类群，属于单系类群，E 正确。

【考点：分支系统学、植物分类学、单系群】

40.B

解析：单系类群是分支系统学中根据近裔共性归类的类群称为单系类群，是包括最晚共同祖种及其全部后裔种在内的一个类群，在这个类群内的物种相互之间比类群外的任何物种有更

近的亲缘关系。因此，答案是 B。

【考点：分支系统学、植物分类学、单系群】

41.AB

解析：生物多样性包括基因多样性、物种多样性和生态系统多样性。传粉昆虫的多样性，有利于兰科植物的物种多样性形成，A 正确；生境的多样性对兰科植物进行选择，有利于兰科植物的物种多样性形成，B 正确；CD 仅是兰科植物的特征，不是多样性原因。

【考点：植物多样性、兰科植物】

42.B

解析：裸子植物与被子植物的区别在于前者胚珠外面无包被物，所以称为裸子植物。大孢子叶组成大孢子叶球，大孢子叶含有裸露的胚珠，相当于被子植物中的雌蕊；小孢子叶球由雄蕊组成，数个小孢子叶球聚集组成小孢子叶球序，相当于雄花序。

因此，答案是 B。

【考点：裸子植物和被子植物的区别】

43. A

解析：心皮的结构和双受精是被子植物所特有的，被子植物具有真正的花。

裸子植物的特征：

裸子植物是植物界的一个门，既是颈卵器植物，又是种子植物。裸子植物的孢子体特别发达，都是多年生木本植物，大多数为单轴分枝的高大乔木，枝条常有长枝和短枝之分；胚珠裸露，而被子植物的胚珠则被心皮所包被，这是被子植物与裸子植物的重要区别；具有颈卵器，配子体完全寄生在孢子体上，雌配子体的近珠孔端产生颈卵器，但结构简单，埋藏于胚囊中，仅有 2--4 个颈壁细胞露在外面；传粉时花粉直达胚珠；也具多胚现象。

被子植物的特征：

1.具有真正的花

典型的被子植物的花具有花萼，花冠，雄蕊群，雌蕊群等部分组成被子植物的花的各部在数量和形态上变化多样

2.具雌蕊

雌蕊由心皮组成，包括子房，花柱，柱头，胚珠包藏在子房内，得到子房的保护，避免了昆虫和水分的丧失

3.具有双受精现象

两个精细胞进入胚囊，一个精细胞与卵细胞结合为合子，另一个与 2 个极核结合，形成 3N 的染色体，发育为胚乳（幼胚以 3N 染色体胚乳为营养，使植株具有更强的生存竞争力）

4.孢子体发达

被子植物的孢子体，在形态，结构，生活型等方面，比其他植物更加完善多样

5.配子体退化

小孢子发育为雄配子体，成熟的雄配子体只具有 2 个细胞，一个为营养细胞，一个为生殖细胞大孢子发育为雌配子体，成熟的雌配子体为 7 细胞 8 核胚囊。助细胞和卵合称卵器，是颈卵器的残余。被子植物的雌雄配子体均无独立生活的能力，终身寄生在孢子体上，结构比裸子植物更加简化

6.可以产生种子，精子靠花粉管传送，有胚乳

【考点：裸子植物和被子植物的区别】

44.C

解析：根据基因型频率与基因频率的关系，可知，题目中 AA 基因型频率+Aa 基因型频率+aa 基因型频率=1，A 基因频率=AA 基因型频率+1/2Aa 基因型频率，a 基因频率=aa 基因型频率+1/2Aa 基因型频率，A 基因频率+a 基因频率=1。

题中基因型为 AA 的红花个体占 16%，白花个体 aa 占 36%，得 $Aa=1-AA-aa=48\%$ ，A 基因频率 $=16\%+1/2\times 48\%=40\%$ ，a 基因频率 $=1-40\%=60\%$ 。在随机交配情况下，可知种群内可产生雌配子和雄配子 A、a 的概率均分别为 40% 和 60%，由此产生后代基因型为 AA、Aa、aa 的频率分别为 16%、48%、36%，得 A 基因频率为 40%，a 基因频率为 60%，因此该居群植物在随机交配情况下，后代个体中 AA 基因型的比例和 A 等位基因频率均不变。在自交情况下，16%AA 个体只能产生 AA 后代，36%aa 个体只能产生 aa 后代，48%Aa 个体可以产生 $1/4AA$ 、 $1/2Aa$ 、 $1/4aa$ ，故种群内基因型为 AA、Aa、aa 的频率分别为 $16\%+1/4\times 48\%=28\%$ 、 $1/2\times 48\%=24\%$ 、 $36\%+1/4\times 48\%=48\%$ ，得 A 基因频率为 40%，a 基因频率为 60%，因此该居群植物在自交情况下，后代个体中 AA 基因型的比例增大，A 等位基因频率不变 C 正确。

【考点：植物的遗传、基因型频率】

三、动物生理学、动物学、生态学

45.AD

解析：霍纳综合征（Horner 综合征）又称小儿颈交感神经麻痹综合征、Bernard-Horner 综合征、Claude-Bernard-Horner 综合征等，是由于交感神经中枢至眼部的通路上任何一段受到任何压迫和破坏，引起瞳孔缩小、但对光反应正常，病侧眼球内陷、上睑下垂及患侧面部少或无汗等表现的综合征。据受损部位可分为中枢性障碍、节前障碍及节后障碍的损害。而由第 1 胸髓以上的中枢神经系统病变引起者极为少见。

Horner 综合征（霍纳综合征）是一种经典的神经系统综合征，其体征包括瞳孔缩小、上睑下垂和无汗症。Horner 综合征也称眼交感神经麻痹症，可因支配头部、眼部及颈部的交感神经通路上任一部位病变所致。其病因从良性到严重不等，需要通过一定的方法学途径进行诊断性评估。儿童和成人的鉴别诊断有所不同，导致诊断方法也有差异。

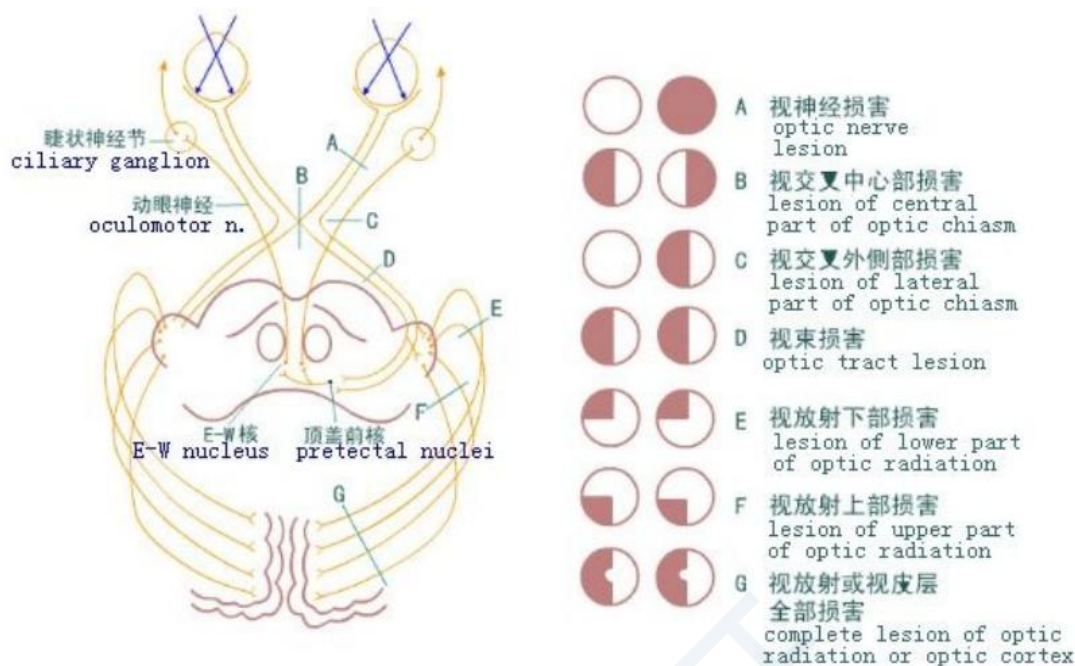
这种病是由于交感神经中枢至眼部的通路上任何一段受到任何压迫和破坏，引起瞳孔缩小、但对光反应正常，病侧眼球内陷、上睑下垂及患侧面部少或无汗等表现的综合征。据受损部位可分为中枢性障碍、节前障碍及节后障碍的损害。可以根据交感神经活动增强时的反应反推。

【考点：动物生理学、交感神经系统】

46.B

解析：视交叉为一呈长方形的神经纤维块，位于蝶骨视神经沟之后上方，第三脑室前壁和底部的交界处，构成第三脑室隐窝的向前延伸部。在脚间池前部，略呈倾斜，后缘比前缘高。在垂体上部，除其后缘之外均浸在脑脊液中。由于视神经颅内段长短不同以及汇成视交叉的角度大小不同，故其与垂体的位置关系因人而异。其横径约 12mm，前后径约 8mm，厚约 3~5mm。若以垂体为位置对比的基点，则统计资料表明，约 79% 位于垂体的后上方，即轻度后置位；12% 偏于垂体的前部，即轻度前置；5% 极度前置，位于视交叉沟之前；4% 极度后置到鞍背。视交叉与鞍背并不直接接触，两者相距 5~10mm，其间隔有脚间池。

视交叉处是半交叉，鼻侧的视网膜（接受颞侧视野来的光刺激部分）视神经纤维都交叉到对侧，而来自颞侧视网膜（接受来自鼻侧视野来的光刺激部分）的视神经纤维则不交叉。下图则是不同部位损害引起视觉盲区。



【考点：动物生理学、视交叉】

47.B（删除）

解析：终板电位，是指运动神经末梢与骨骼肌细胞之间的接头后膜上产生的一种电位。是一种负的局部电位变化，但可通过电紧张性地扩展到邻近区域，形成一个空间分布。终板处的电位最高，离终板愈远，电位愈小。

终板电位的特点有：

- 1.终板电位是局部电位，具有局部电位的所有特征，其大小与神经末梢释放的 ACh(乙酰胆碱)量成正比；无不应期，可表现为总和现象。
- 2.终板膜上无电压门控钠通道，不会产生动作电位。但具有局部电位特征的终板电位可通过电紧张电位刺激周围具有电压门控钠通道的肌膜，使之产生动作电位，并传播至整个肌细胞膜。
- 3.ACh 在刺激终板膜产生终板电位的同时，可被终板膜表面的胆碱酯酶迅速分解，所以终板电位持续时间仅几毫秒。终板电位的迅速消除可使终板膜继续接受新的刺激。
- 4.可以总和，没有“全或无”现象，以电紧张方式扩散，不能远距离传导，为负电位。

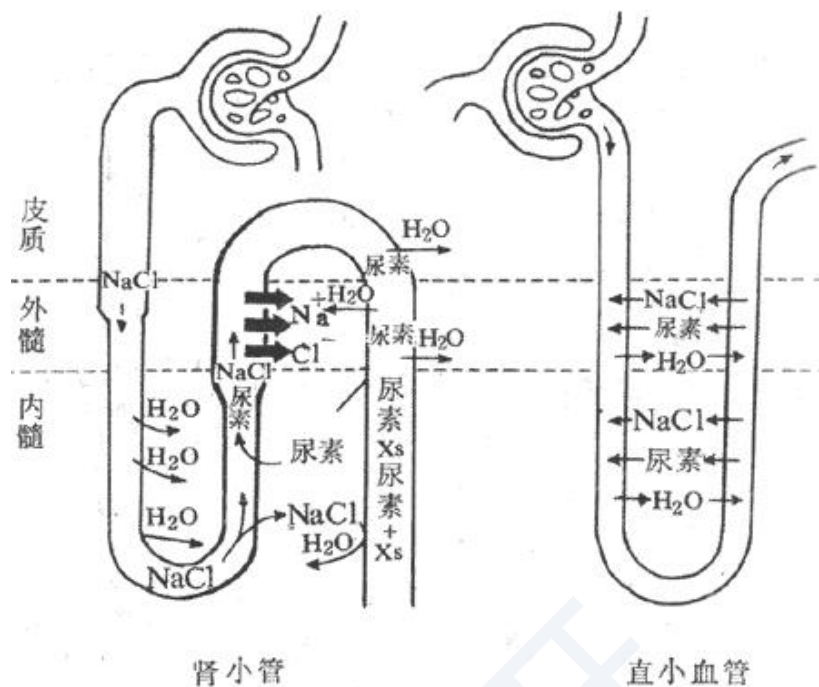
【考点：动物生理学、终板电位】

48.C

解析：髓袢分为髓袢降支粗段（近曲小管）、髓袢细段和髓袢升支粗段（远曲小管）。

髓袢周围有伴行的毛细血管网，其内部血液流动方向与髓袢管腔内原尿流动方向相反。在升支粗段，髓袢管壁对水不通透，但能向毛细血管中主动转运钠离子，致使髓袢底部毛细血管中晶体渗透压最高。在髓袢细段，高的血浆渗透压使毛细血管网从髓袢内吸收水分。通过这种逆流倍增机制，原尿在髓袢中实现浓缩和钠离子的等渗重吸收。产生高渗尿的动物，其髓袢相对较长。

髓袢升支对水不通透。故 C 错。



【考点：动物生理学、肾的结构、髓袢】

49.A

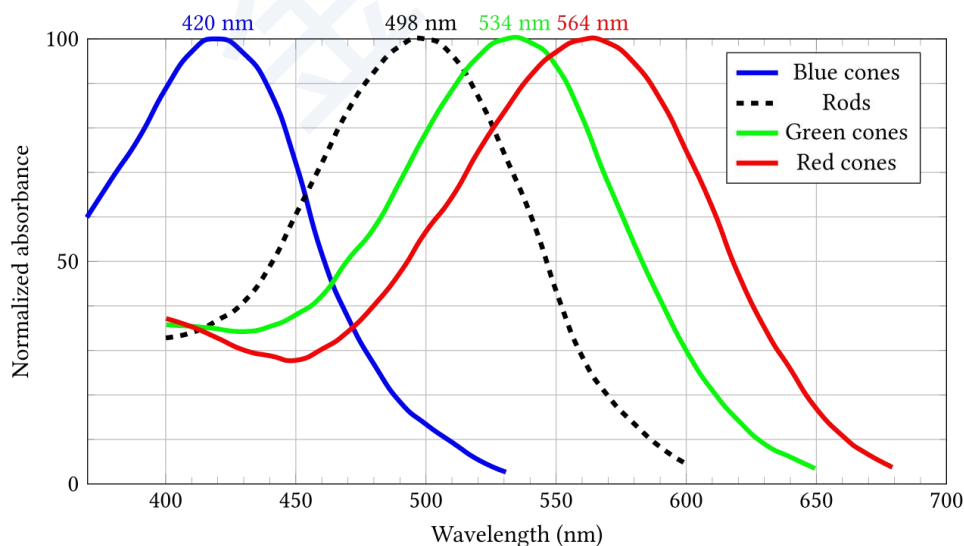
解析：题中明确说明是通过膈肌收缩记录呼吸活动，记录曲线不是肺内气体量，阅读材料和题干中也没有提及肺容积。向肺内吹气引起牵张反射导致呼吸肌暂停在呼气位置，而且随后恢复了，证明不是剪断膈神经和迷走神经这种不可逆的操作。而 C 选项的夹闭气管窒息不能使膈肌的收缩停止，因此也是错的。

【考点：动物生理学、呼吸的调节】

50.BC

解析：图表分析题。

核心是考察视杆细胞和视锥细胞的区别。下图是视杆细胞、视锥细胞能看到的各波长。



视杆细胞（英语：rod cell；拉丁语：radius）是视网膜上与视锥细胞相称的一种细胞，主要分布在视网膜中心周围，且较视锥细胞对光更敏感，几乎主要全部用于夜视力，并作为外围

视力的支持。人类视网膜平均有约 1 亿 2500 万个视杆细胞。

视锥细胞（英语：**cone cell**）是视网膜上一种色觉感光细胞，因树突呈锥形而名；在相对明亮的光线下，其功能最佳。人类每只眼球视网膜大约 600-700 万的视锥细胞，大多分布在视网膜黄斑处，周围逐渐减少。视锥细胞主要负责颜色识别，并且在相对较亮的光照下更能发挥作用。人的眼睛内有几种辨别颜色的锥形感光细胞，分别对黄绿色、绿色和蓝紫色（或称紫罗兰色）的光最敏感（波长分别为 564、534 和 420 纳米）。视锥细胞形成的视觉信号复合后为人呈现了色彩缤纷的世界。

视锥细胞、视杆细胞都是视网膜上的光感受器，视杆细胞主要感受弱光、暗视觉以及没有颜色的视觉，视锥细胞主要感受强光、明视觉以及有颜色的视觉。它们分布的范围也不一样，视锥细胞主要集中分布在黄斑区，特别是在黄斑中心凹的地方，只有视锥细胞，因此查视力非常敏锐，而离开中心凹后视锥细胞密度分布显著的降低。当黄斑区病变时，视力明显下降。而视杆细胞在中心凹处是缺乏的，在周边逐渐增多，距中心凹 5mm 的地方视杆细胞最多，再向周边又逐渐的减少。因此当周边部视网膜病变时，视杆细胞受到损害，则容易发生夜盲。由分析可知，视杆细胞是感受弱光刺激的细胞，对光线的强弱反应非常敏感，视锥细胞对弱光和明暗的感知不如视杆细胞敏感，因此可判断 X 细胞为视杆细胞，Y 细胞为视锥细胞。根据图中数据可知，随光波长的增加，双极细胞和 X 细胞（视杆细胞）对光强敏感性的变化基本一致，而 Y 细胞（视锥细胞）敏感性的变化与二者不同；由于双极细胞接收来自视杆和视锥光感受器的直接输入，因此可判断双极细胞主要接受 X 细胞（视杆细胞）输入。BC 正确，ADE 错误。

【考点：动物生理学、视杆细胞、视锥细胞】

51.CD

解析：环核苷酸磷酸二酯酶（PDEs）催化 cAMP 和/或 cGMP 的水解。它们与腺苷酸环化酶和鸟苷酸环化酶一起调节由第二信使 cAMP 和 cGMP 触发的反应的幅度和持续时间。在此过程中，它们调节由光、激素、神经递质和气味剂引发的广泛的生物反应。

AB 选项，由图可知，PF-04449613 能抑制磷酸二酯酶 9，加了之后，上图左心室压没有多大变化，而动脉血压有变化，最低血压变低了，即舒张压变低了，收缩压略微升高，脉压提高了，心肌收缩力提高了；由 B 图可以看出心率增大了。所以 AB 错；

CD 选项，外周阻力主要影响舒张压，舒张压变低了的原因可能是外周阻力的降低，即可能是小动脉和微动脉的收缩程度下降。故选 CD。

【考点：动物生理学、磷酸二酯酶 9、循环系统】

52.AD

解析：磷酸二酯酶 9 主要水解细胞中的 cGMP，PF-04449613 能抑制磷酸二酯酶 9。跟图片可以看出，其可以调控窦房结细胞起搏电位，A 正确；而心肌细胞本身不是自律细胞，不涉及起搏电位，B 明显不符和；小微血管对血压影响大，大血管对血压影响小，小微血管是主要的外周阻力血管，故 C 不符，D 符合。

【考点：动物生理学、cGMP、循环系统】

53.A

解析：肾上腺位于两侧肾的内上方，由皮质和髓质两个部分组成。肾上腺皮质和髓质在发生、结构和功能上都不相同，实际上是相互独立的两个内分泌腺。

肾上腺皮质的作用主要表现在两方面：一是通过释放盐皮质激素调节机体的水盐代谢，维持循环血量和动脉血压；二是通过释放糖皮质激素调节糖、蛋白质、脂肪的代谢，提高机体对伤害性刺激的抵抗力。肾上腺皮质对于生命活动的维持极为重要。动物的肾上腺被摘除后，很快会衰竭死亡；而及时给予肾上腺皮质的提取物，则可以维持动物的生命，A 正确；

A 选项，肾上腺髓质分泌的激素主要为肾上腺素和去甲肾上腺素，它们的作用在于动员全身

一切潜力应付遇到的紧急状态。

B 选项，如果去除肾上腺髓质，动物仍能成活，并且也能发生一定的应急反应。B 错误；

C 选项，肾上腺皮质来自于中胚层，肾上腺髓质来源于外胚层，C 错误；

D 选项，肾上腺髓质能分泌肾上腺素和去甲肾上腺素，D 错误；

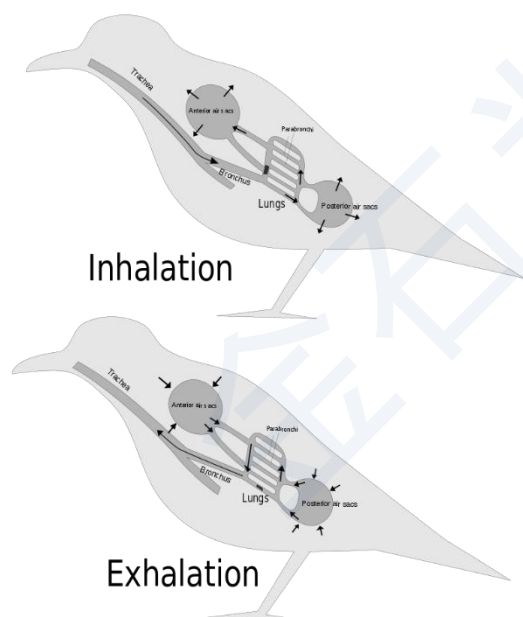
E 选项，肾上腺素和去甲肾上腺素都是氨基酸的衍生物，功能相似，但不完全相同，肾上腺素主要是强心作用，影响心输出量，NE 主要作用于外周，起升压作用，所以 E 错误。

【考点：动物生理学、肾上腺、内分泌系统】

54. ABD

解析：由于飞行需要充足的氧气，鸟类发展出一种高效的呼吸系统，称作双重呼吸。该系统可以分为三个不同的部分：1、前气囊（分别位于锁骨、颈以及胸前部）；2、肺；3、后气囊（分别位于腹部和胸后部）。鸟类的肺部只能使气流通过而不能储存，而负责储存空气的则是气囊。而气囊则并不负责气体的交换，其作用和风箱类似，让新鲜空气以较为恒定的速度，源源不断的反复通过肺部[1]。前气囊和后气囊加起来通常是 9 个，其中只有锁骨气囊是单个出现，其它的气囊都是成对出现的。有的如雀形目，气囊的数量是 7 个，其胸前气囊和锁骨气囊是相通的，甚至是融合到了一块。

下图显示了鸟类呼吸时空气的流动方向，无论呼气还是吸气，肺部总是有新鲜空气往前方通过。图中肺部的深色方块表明在呼吸时分别阻断气流的位置。



鸟类吸气的时候，吸入的新鲜空气有一半会直接进入后气囊，另一半则经由肺部交换后进入前气囊。在呼气的时候后气囊的新鲜空气会经由肺部进行气体交换之后排出，而前气囊的低含氧量空气则不经过肺部直接排出体外。被交换过的高二氧化碳含量的气体不会再次经过肺部，而哺乳类动物则与此有很大差异：后者的肺部负责储存和交换气体，因此会发生新鲜空气和废气混合的情况，或者说含氧分压会逐渐发生变化。除此之外，鸟类的肺部在吸气和呼气时都会有新鲜空气以固定方向流经肺部，而哺乳类动物则只在吸气是有新鲜空气进入肺部，呼气时只是在排除废气。正是由于这两点差异，导致鸟类呼吸系统较哺乳类动物更为高效。

鸟类的肺部结构和哺乳类动物的完全不同：鸟类肺部并没有如哺乳动物肺部中的肺泡，交换气体的功能落在了称为三级支气管（又叫旁支气管）的器官上。和哺乳类动物死胡同般的肺泡不同，三级支气管两端分别与次级支气管及背支气管相连，呈蜂窝管道状。三级支气管会

辐射出许多肺毛细管，管壁上布满毛细血管。连同与之相连的一个三级支气管所构成的六面棱柱体称为肺小叶，气体交换即发生在此。尽管鸟类肺部弹性纤维不多，不能如哺乳动物肺泡能膨胀，但其单位体重气体交换表面积却比哺乳类动物要高得多。前者为 $200\text{cm}^2/\text{g}$ ，而后者仅为 $15\text{cm}^2/\text{g}$ 。

除此之外，鸟类不具有如同哺乳动物的横膈膜，因此只能依靠移动肋骨膨胀胸腔的方式来吸入空气，然而这点在飞行时反而可以靠着飞行动作产生的负压和挤压来协助体内的空气交换。而哺乳动物则可以不膨胀胸腔，仅依靠横膈膜的运动来吸入空气（腹式呼吸）。由于气囊存在于身体各处，因此在呼气的时候，不能如哺乳类动物般仅需依靠胸部肋骨自身重力来完成该动作，而需要全身各处相关肌肉的收缩来完成。

鸟类的发声器官位于气管底部，称为鸣管。与哺乳类动物的喉咙一样，气体通过发声器官会引起震动，因此发出声音。由于存在鸣管，某些鸟类可以制造比较复杂的声音，甚至模仿人类的说话，例如鹦鹉和八哥。有些鸣声悦耳动听的鸟类，甚至可以在同一时间发出超过 1 种声音。

综上所述，每次吸入的空气只有一次经过肺部，而不是两次，和一次呼吸过程中气体两次经过肺的说法是不同的。故 A 错；一次吸入的空气只会经过不同的气囊（后气囊和前气囊），而不会经过相同的气囊两次。故 B 错；气囊不会进行气体交换，故 D 错。

【考点：动物解剖学、鸟的呼吸系统】

55.B

解析：非常简单的看图判断题。只要弄清楚这三张图片所分别代表的东西，弄清楚横纵坐标就行了。由 A 图可看出，不管是何种选择，经刺激后该神经元的发射率增加，A 正确；由 A 图可看出，对于简单错误的选择，神经元发射率最低，B 错误；C、D 可以分别通过 B 和 C 图看出。

【考点：神经生物学、反射】

56.A

解析：由题意可知，神经元对听觉和嗅觉刺激的 OPI 有一致性，则二者正负应该一致。只有 A 才符合。

【考点：神经生物学、反射】

57.B

解析：秀丽隐杆线虫的形态为蠕虫状、两侧对称，无分节，有四条主要的表皮索状组织（epidermal cord）及一个充满体液的假体腔（pseudocoelom）。这一科的成员大都有与其他动物相同的器官组织。它们以微生物为食，如大肠杆菌（*Escherichia coli*）等。秀丽隐杆线虫有雄性及雌雄同体两种性别，雌雄同体占大多数。基本解剖构造包括口、咽、肠、性腺，及胶原蛋白表皮层，此外两种性别的线虫还分别具有不同的生殖器官。雌雄同体虫和雄虫分别具有 959 和 1031 个体细胞，各细胞的位置和细胞渊源均已确定。秀丽隐杆线虫的上皮层（epidermis）由大型多核合胞体细胞组成，源自胚胎外胚层。上皮层在其上方可形成一层主要由胶原、脂质、糖蛋白组成的表皮（cuticle）。这一层表皮是线虫具有保护作用的外骨架，是其维持形态所必需的结构，并且可为肌肉收缩提供固定位点。上皮层下方是体壁肌，分为四个肌肉带，共 95 个细胞[9]。腹部、背部两侧肌肉的规律性收缩使得线虫的运动呈正弦状，该生物名称中的“秀丽”即取自于此。体壁肌呈条纹状，有多个肌节，由单核细胞组成。此外，咽部还有八层共 20 个肌细胞，与表皮相连。头部另有一个肌细胞，起到联系腹部、背部体壁肌组织的作用。

雌雄同体虫的生殖器官包括排卵口和性腺。排卵口位于腹侧中心，是排卵和雄虫精子进入的通道。雌雄同体虫的性腺包括两个 U 形管状的臂，每个臂从远端到排卵口可依次分为卵巢、环形区、输卵管、储精囊、球形瓣膜和子宫等区域。生殖细胞在卵巢远端产生，在进入环形

区时达减数分裂双线期，在输卵管中达终变期。同时，精子储存于储精囊表面，在卵母细胞进入储精囊后发生受精作用。受精卵随后进入子宫，并由子宫和排卵口的肌肉推出体外。不同于哺乳动物，线虫精子的形态不固定，没有鞭毛和顶体等结构。雄虫的生殖器官包括性腺和用于交配的尾。精子在精巢中产生，在精囊中成熟，并在交配时由输精管输送至尾部的泄殖腔。

秀丽隐杆线虫是一种食细菌性的土壤自由生活线虫类。雌雄同体或雄性。线虫的前肠和后肠来自于外胚层，中肠来自于内胚层。故 A 正确；线虫体壁只有纵肌，没有环肌，故 B 错；体腔液可以起到循环系统和流体静力骨骼的作用，没有呼吸系统，CD 正确。故选 B。

【考点：动物学、秀丽隐杆线虫、假体腔动物】

58.ABD

解析：A 选项，分析题图可知，随动物体重增加，动物的代谢率降低。按等比例计算，小动物体重小，相对表面积大，更容易散热，因此，炎热环境较寒冷环境更有利于小动物生存，A 正确；

B 选项，由于大动物体重大，具有更大的体积和相对更小的体表面积，扩散热量较慢，大动物更易于在寒冷环境中生存，B 正确；

C 选项，由于单位体重的代谢率较低，相对表面积小，不容易散热，大动物在炎热环境中面临的挑战比小动物更大，C 错误；

D 选项，小动物的代谢率更高，散热更快，为了满足机体的能量需求，需要消耗更多氧气，需要更高的呼吸频率和更快的心率，D 正确。

【考点：动物生态学、能量代谢】

59.ABC

解析：如下图所示的是三个胚层的分化示意图。水螅的中胶层由外胚层发育形成的。因此答案是 ABC。

【考点：比较解剖学、胚层分化】

各胚层经过进一步发育和分化,形成一系列器官和系统,构成了复杂的自主的有机体。
在脊椎动物中,各胚层形成的器官如下(图 3-12):

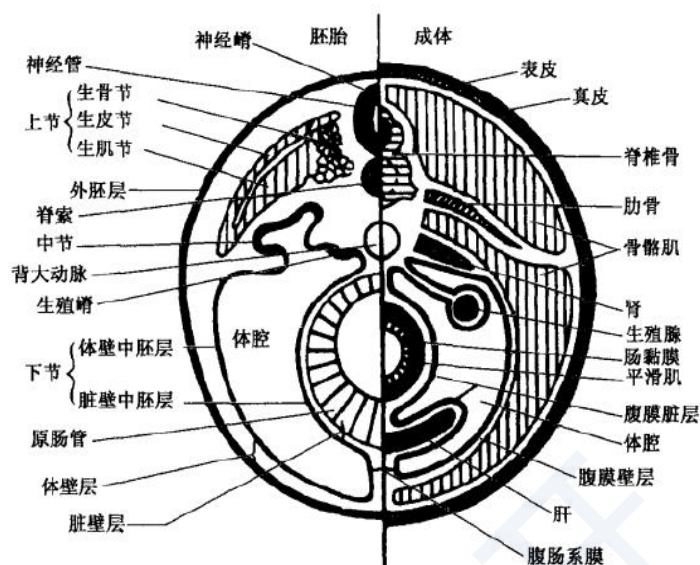


图 3-12 三胚层分化图

一、外胚层

(1) 体壁外胚层,形成皮肤的最外层,即表皮,并延伸进消化管的两端;表皮衍生物,如毛、蹄、羽毛、皮肤腺等;鼻腔和内耳的感觉上皮,感觉器官的感觉部分;眼的晶体;垂体前叶;牙齿的釉质;除圆口类外的脊椎动物的鳃。

(2) 神经外胚层,包括神经管和神经嵴部分。神经管发育形成脑和脊髓、脑神经和脊神经的运动神经、视网膜和视神经和垂体后叶;神经嵴发育形成脊神经节和感觉神经、植物性神经系统、肾上腺髓质、鳃部骨骼及衍生物、色素细胞和头部真皮。

二、中胚层

中胚层各部分形成的器官如下:

(1) 脊索中胚层,形成脊索(其后被脊椎骨所代替)。

(2) 上节,分化为生皮节、生肌节和生骨节,分别分化为真皮、骨骼肌和脊柱。

(3) 中节,形成排泄系统(肾脏和它们的管道)以及大部分生殖系统。

(4) 下节,包括体壁中胚层(形成腹膜和一部分骨骼肌),脏壁中胚层(形成脏膜(浆膜)、肠系膜、循环系统、血液、生殖腺和平滑肌和一部分骨骼肌)和体腔。

(5) 间充质,主要来自中胚层的体节和侧板,在某些情况下,外胚层神经嵴和内胚层也能产生间充质。间充质具有潜在的很大的分化能力,形成成体全部的结缔组织,包括软骨、硬骨、全部循环系统(血液和血管、淋巴管和淋巴腺)、全部平滑肌、心肌和附肢肌。

三、内胚层

内胚层分化为原肠及其衍生物,包括消化道内层上皮和消化腺(肝脏、胆囊和胆管、胰脏)、气管和肺脏的内层、膀胱和尿道内层、大部分内分泌腺(甲状腺、甲状旁腺、胸腺)、扁桃体、咽囊、圆口类的鳃。

60.CD

解析:胎盘是哺乳动物特有,由胎儿的绒毛膜和尿囊与母体子宫壁内膜结合形成的特殊结构,胎儿借助胎盘与母体进行物质交换。尿囊膜与绒毛膜愈合在一起,形成绒毛膜尿囊膜,称为绒毛,绒毛膜尿囊膜又称为胎儿胎盘,子宫壁称为母体胎盘。胎盘可分为:无蜕膜胎盘、蜕膜胎

盘。前者又包括绒毛状和叶状，后者包括环状和盘状。

胎盘是由母体子宫内壁与胎儿的绒毛膜和尿囊膜结合而成，A 错误；

胎儿的血管和母体毛细血管不直接连通，是通过胎盘完成物质交换，B 错误；

胎盘可以产生人绒毛膜促性腺激素，保证妊娠过程的正常进行，C 正确；

有些物种胎盘，即无蜕膜胎盘，其绒毛与子宫联系不紧密，在生产时不会造成子宫出血，D 正确。

【考点：胎盘的功能、动物生理学】

61.BCD

解析：爬行类的神经活动中枢已开始向大脑转移，并且出现脑曲。大脑半球比两栖类明显发达，表层出现了灰质的新脑皮(神经细胞聚集成一薄层)。中脑仍是高级中枢，但已有少数神经纤维达于大脑，表明神经向大脑发展的趋势。间脑发出脑上腺和顶器，松果体发达，有的种类发展成顶眼，有感光功能。延脑出现了高等动物特征的颈弯曲。中脑有些种如蛇类出现四叠体，小脑也较两栖类发达。脑神经 12 对，前 10 对和两栖类同，第 11 对副神经为运动神经，分布至喉、气管及肩部肌肉，第 12 对舌下神经也是运动神经，支配舌肌及颈部肌肉。故选 BCD。

【考点：比较解剖学、神经系统】

62.AC

解析：如下图所示，蛙(或蟾蜍)的脊柱由 1 枚颈椎，7 枚躯干椎，1 枚荐椎和 1 个尾杆骨组成；青蛙的椎体前端凹入，后端凸出，为前凹型椎体，最后一枚躯干椎的椎体为双凹型，称为参差型椎体。所以 A 对 B 错；肩胛骨一端(背面)与上肩胛骨相连，另一端构成肩臼的背壁，上肩胛骨通过肌肉连脊柱，C 正确；股骨为股部的一根长骨，其近端呈圆球状称股骨头，嵌入髌臼构成髋关节，前端与胫腓骨相连，荐椎是与腰带相连的。D 错误。故选 AC。

(三) 骨骼系统(图 6-2)

1. 脊柱：蛙的脊柱是由 9 个脊椎骨和 1 个尾杆骨(urostyle)构成。9 个脊椎骨中包括颈椎 1 个、躯椎 7 个、荐椎 1 个。荐椎后面的一个长形尾杆骨是由胚胎时期若干尾椎骨愈合而成。新出现的颈椎和荐椎是两栖类开始适应陆地生活的产物。颈椎呈环状，又称寰椎(atlas)，它和其他脊椎骨不一样，椎体比较小，没有横突和前关节突，但前面有两个关节凹，分别与头骨的两个枕髁相关节，使头部稍能活动。蛙的躯干部很紧缩，只有 7 个躯椎。蛙的祖先——原蛙(下三迭纪)，有 16 个脊椎骨，从原蛙到现代蛙可以看出脊柱逐渐缩短的趋势，这是对陆上跳跃生活的适应。青蛙的椎体不尽相同，第一至第七个椎骨的椎体为前凹型；第八个椎骨的椎体为双凹型，这种类型的椎体可称为参差型椎体。蟾蜍的躯椎每一椎体都是前凹型。两栖类椎体类型的变化较大，是分类上的重要依据之一。低等有尾两栖类的椎体仍是双凹型，类似鱼类的椎体；无尾类中也有后凹型者(盘舌蟾科)。

取单独一个躯椎来看，椎体背面有椎弓包围脊髓，椎弓的上端有棘突，基部有前关节突(prezygapophysis)和后关节突(postzygapophysis)，前一椎体的后关节突(关节面向下)与后一椎体的前关节突(关节面向上)相关节。在椎体的两侧各有横突。前、后关节突的发达，加强了脊柱的牢固性和灵活性，这是陆生四足类的特征。荐椎的横突发达，与腰带的髌骨相接，荐椎的椎体属双凹型，前面的凸起和最后一躯椎椎体的凹面相关节，后面有两个凸起，与尾杆骨前面的两个圆形凹面相关节。荐椎的分化以及荐椎与腰带的直接相连，皆是动物上陆后，后肢承受体重的后果。

【考点：动物学、两栖动物、骨骼系统的结构】

63.ABD

解析:

16.1.4 呼吸系统

咽部腹面的盲管称呼吸管 (respiratory tube)。呼吸管最前端有 5~7 个触手; 管的两侧各有内鳃孔 7 个。每个内鳃孔通入一个球形的鳃囊 (gill pouch), 囊的背、腹及侧壁都长有来源于内胚层的鳃丝, 其上有丰富的毛细血管, 在此处进行气体交换。每个鳃囊以一个外鳃孔与外界相通。圆口纲动物由于具有这种独特的鳃囊结构, 所以又称为囊鳃类 (Marsipobranchii) (图 16-3)。盲鳗所有的外鳃孔不直接开口于外界, 而是通入一个长管即总鳃管, 在远离头部的后方以一个共同的开口通体外。

成体七鳃鳗在吸附在寄主体表或头部钻入鱼体内时, 水流的进出都通过外鳃孔, 鳃孔周围有强大的括约肌和缩肌控制鳃孔的启闭。七鳃鳗的幼体营自由生活, 呼吸方式由口腔进水, 经内鳃孔于囊鳃完成气体交换后, 从外鳃孔流出。

七鳃鳗成体的咽后部有一支向腹面分出的盲管, 称为呼吸管。呼吸管左右两侧各有内鳃孔 7 个。每个内鳃孔通入一个球形的鳃囊, 囊的背、腹及侧壁都长有来源于内胚层的鳃丝, 构成呼吸器官的主体。鳃囊经外鳃孔与外界相通。七鳃鳗的幼体营自由生活, 呼吸方式由口腔进水, 经内鳃孔于囊鳃完成气体交换后, 从外鳃孔出水。故选 ABD。

【考点: 动物学、圆口纲、呼吸系统】

64.BCD

解析: 海鞘 (学名: Ascidiacea) 是脊索动物门被囊动物 (尾索动物) 亚门海鞘纲的总称, 生活于海水中, 在全世界已发现二千八百多种海鞘。常见的海鞘有: 玻璃海鞘、有柄海鞘、拟菊海鞘等。有种海鞘又称海中凤梨、海凤梨或海菠萝, 因其外型像凤梨而得称。海鞘分为独立或者群聚生活的不同类型。独立生活的海鞘身体呈现壶型或囊型, 其体壁即为包藏器官的外套膜 (mantle), 其体壁可向外分泌被囊 (tunic), 其中含有被囊素 (tunicin), 有学者指出被囊素是包含纤维素与其他生物大分子的聚合体。独立型海鞘身体顶部有两个相距不远的水孔, 一为入水口, 另一为出水口。海鞘是以过滤浮游生物和有机物颗粒为生。一旦遇到刺激会通过收缩挤压身体里的水向外喷出, 以达到退敌的目的。海鞘属于雌雄同体, 其繁殖方式有两种。其中一种是异体受精的繁殖方式。雌体排出卵子到水中, 经过异体雄体排出精子受精后, 发育为受精卵。受精卵孵化成幼体后能自由活动, 一旦遇到附着物便会附着在上面, 开始发育。幼体的尾部逐渐消失。其主要的脊索和神经索部分器官完全消失, 只保留其中的一个神经节。然后逐渐发育成熟。还有一种是自体发芽繁殖方式, 海鞘成体长出新的繁殖芽, 脱落后附着到新的附着物上, 重新成长为新的单独个体。所以有些人误认为是植物。

海鞘成体脊索随连同尾部消失, 神经管也退化为一个神经节; 咽部扩大, 鳃裂数目大增加; 消化管弯成 U 形管道, 因而口孔与肛门均转向上方; 体外生出具有保护作用的厚被囊, 形成营固着生活的海鞘成体。

【考点: 脊索动物、海鞘】

65.AB

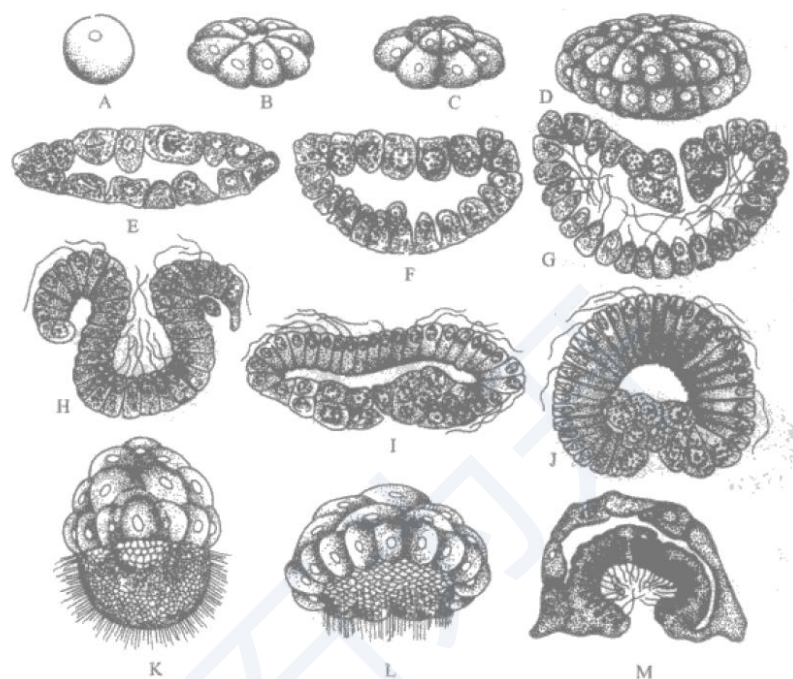
解析: 此题参考答案给的 AB。

海绵动物的逆转现象是一个非常重要的现象。

就钙质海绵来说受精卵进行卵裂, 形成囊胚, 动物极的小细胞向囊胚腔内生出鞭毛, 另一端的大细胞中间形成一个开口, 后来囊胚的小细胞由开口倒翻出来, 里面小细胞具鞭毛的一侧翻到囊胚的表面。这样, 动物极的一端为具鞭毛的小细胞, 植物极的一端为不具鞭毛的大细胞, 此时称为两囊幼虫, 幼虫从母体出水孔随水流逸出, 然后具鞭毛的小细胞内陷, 形成内层, 细胞内陷的开口形成后来的出水口, 与出水口相对的一端固着, 而另一端大细胞留在外

边形成外层细胞，这与其他多细胞动物原肠胚形成正相反（其他多细胞动物的植物极大细胞内陷成为内胚层，动物极小细胞形成外胚层），因此称为逆转。幼虫游动后不久即行固着，发育成成体。这种明显的逆转现象存在于钙质海绵纲如毛壶属（*Grantia*）、樽海绵属（*Sycon*）、白枝海绵属（*Leucosolenia*）及寻常海绵纲的少数种类如糊海绵属（*Oscrella*）。其余多数种类形成实胚幼虫（*parenchymula larva*），为另一种逆转形式。

但是有意思的是，并不一定非要是与出水口相对的一端固着，比如《普通动物学》上的图片：因此，CD 错误，答案是 AB。



【考点：海绵动物、逆转现象】

66.AC

解析：吸虫纲和绦虫纲体壁是皮肌囊结构，表皮是一层合胞体，排泄系统属原肾管系统，具有焰细胞，AC 正确；消化系统高度退化或完全消失，吸虫纲有些种类是单肠支，有些二肠支，即分支或不分支盲管，绦虫完全消失，所以 B 错；绦虫神经系统不发达，仅有 2 条纵行神经，吸虫为筒形神经系统。故 D 错。

7.3.2 吸虫纲的主要特征

吸虫纲的种类均为寄生的，少数营外寄生，多数营内寄生生活。它们与涡虫类在系统发展上较为接近，表现在体型及消化、排泄、神经和生殖系统等结构有许多一致或相似之处。但是由于吸虫类适应寄生生活，其形态结构和生理相应地发生了一系列变化。寄生生活的特点是：环境相对稳定，有局限，营养丰富。适应这类环境，其运动机能退化，体表无纤毛、无杆状体，也无一般的上皮细胞，而大部分种类发展有具小刺的皮层；神经、感觉器官也趋于退化，除外寄生种类有些尚有眼点外，内寄生的种类眼点感觉器官消失；同时发展了吸附器，如肌肉发达的吸盘和小钩等，用以固着于寄主的组织上。

消化系统相对趋于退化，一般较简单，有口、咽、食道和肠；呼吸由外寄生的有氧呼吸到内寄生的厌氧呼吸；生殖系统趋向复杂，生殖机能发达；生活史也趋向复杂，外寄生种类生活史简单，通常只有一个寄主，一个幼虫期；内寄生的复杂，常有 2 个或 3 个寄主，具有多个幼虫期，如从受精卵开始经毛蚴、胞蚴、雷蚴、尾蚴和囊蚴到成虫（在不同种吸虫、幼虫期有所差别），且幼虫期（胞蚴、雷蚴）能进行无性的幼体繁殖，产生大量的后代，无疑它有利于几次更换寄主。这些都是适应寄生生活的结果。

7.4.2 绦虫纲的主要特征

所有绦虫都是寄生在人及脊椎动物体内，它们的寄生历史可能比吸虫还要长，因此其身体结构也表现出对寄生生活的高度适应。由于在寄主肠内长期适应的结果，它们的身体呈背腹扁平的带状，一般由许多节片构成，少数种类不分节片。身体前端有一个特化的头节，附着器官都集中于此，有吸盘、小钩或吸沟等构造，用以附着寄主肠壁，以适应肠的强烈蠕动。体表纤毛消失，感觉器官完全退化，消化系统全部消失，通过体表来吸收寄主小肠内已消化的营养。绦虫体表具皮层微毛，以增加吸收营养物的面积，它可直接吸收并输入实质组织中。生殖系统高度发达，在每一个成熟节片内都有雌、雄性的生殖系统，因此每一节片的生殖系统与一条吸虫的生殖系统相当，繁殖力高度发达，每条绦虫平均每天可生出十几个新节片，每天也可脱落十几个节片，假如每个节片含卵3万个（每节片含卵3万~8万），那么10个节片就含有卵30万个，在孕卵节片的子宫内充满了成熟的虫卵，虫卵可以因节片破裂或随节片与寄主粪便一同排出体外。一般也有幼虫期，其幼虫也为寄生的，大多数只经过一个中间寄主。

【考点：动物学、吸虫纲、绦虫纲】

67.C

解析：环节动物发育的过程如下图所示。

9.1.7 生殖与发育

生殖系统的发育与真体腔的形成密切相关。环节动物的生殖细胞都是直接或间接来自中

胚层形成的体腔膜。有些种类形成固定的生殖腺和生殖导管（输卵管或输精管等）；有些种类没有固定的生殖腺，仅在生殖季节由体腔上皮产生生殖细胞，成熟后，破体壁排到水中或由体腔管、肾管排出。

环节动物的个体发育，受精卵经螺旋卵裂、定型发育（determinate development）（图9-7）通过内陷或外包，或两者结合形成原肠胚。在原肠胚之后，陆生和淡水类群直接发育为成虫。海产种类胚胎迅速发育为担轮幼虫（trochophora）（见图9-1）。一般担轮幼虫，形似陀螺，体可分为：①口前纤毛区（prototroch region），包括口前纤毛环（prototroch）、口和感觉板（sensory plate，在顶纤毛束基部，由神经组织构成或称顶板 apical plate）；②口后纤毛区（metatroch region，也称尾区），包括口后纤毛环（metatroch）和肛门区；③生长带区（growth zone region），包括口前纤毛环和口后纤毛环之间的区域。担轮幼虫有许多原始特点：

无体节，有原体腔、原肾管，神经与上皮相连，幼虫以纤毛环为运动器。变态时，口前纤毛区发育为成体的口前叶及其触手等感觉器，口区常与躯干的第一个体节愈合形成围口节；口后纤毛区发育为尾节，包括肛门；生长带区（即节生长区）在尾节之前，该区的细胞不断分裂增殖、分化形成躯干的所有体节和其体腔，最后发育为成虫。担轮幼虫不仅发生于环节动物，也存在于其他一些动物类群，对探讨动物演化关系很有意义。

环节动物一般分为3个纲：多毛纲、寡毛纲、蛭纲。最近的系统发育研究提出寡毛纲和蛭纲应合并为环带纲（Clitellata）。还有工作指出，须腕动物是高度特化的多毛类，应归属于多毛纲。关于它们在多毛纲中的确切位置问题，工作在继续。我们仍将其作为附门处理。以下按环节动物所分的3个纲进行阐述。

A 选项，环节动物的个体发育，受精卵经螺旋卵裂、定型发育通过内陷或外包，或两者结合形成原肠胚，A 错误；

B 选项，环节动物中的陆生或淡水类群直接发育为成虫，海产种类的发育要经过担轮幼虫阶段，B 错误；

C 选项，在变态发育时，担轮幼虫的口前纤毛区发育为成体的口前叶及其触手等，C 正确；

D 选项，担轮幼虫的生长带区发育形成躯干的所有体节和其体腔，D 错误。

第9章 环节动物门 (Phylum Annelida)

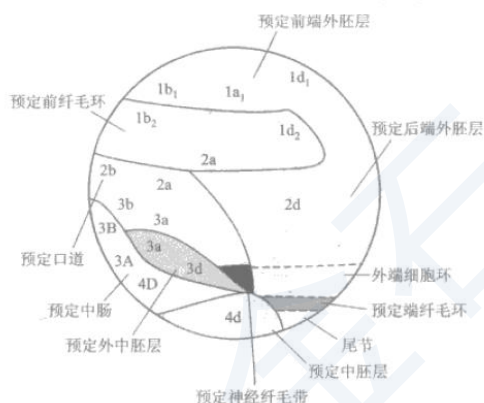


图9-7 多毛类（尖锥虫 *Scoloplos*）囊胚细胞发育命运图（左侧面观）
（仿 Anderson）

【考点：环节动物、发育生物学】

68.C

解析：

(3) 排泄 排泄器为一对由后肾演变而来的触角腺，因呈绿色，也称绿腺，位于第2触角基部，通常由一个腺体部分和一个囊状的膀胱组成（对虾的排泄管不膨大为膀胱）（图11-9）。腺体部的内端为一盲囊，称端囊（end sac），代表残余的体腔。血液中的代谢废物进入腺体部后，经盘曲的排泄管至膀胱储存，由排泄孔排出。不过，蛋白质代谢的终末产物——氨，却由鳃排出。触角腺的另一功能是从血液中回收有用的离子，在调节血液的离子平衡方面发挥重要作用。对虾幼体的排泄器官为第2小颚内的小颚腺。

对虾的排泄器官幼体时为颚腺1对，位于第二小颚基部。成体用1对触角腺（绿腺）代替，位于大触角即第二触角基部，由一囊状腺体、一薄壁膀胱和一排泄管组成，腺体末端具一盲囊（端囊），为真体腔残余部分。颚腺和触角腺都是由后肾管演变而来，所以AB错误，C正确。对虾的排泄废物主要是绿色的鸟氨酸，蛋白质的代谢终产物主要是氨，主要由鳃排出，触角腺和小颚腺在氨的排泄中，只起很小的作用，主要是维持体内的离子平衡和水分平衡。所以D错。

【考点：节肢动物、甲壳亚门、排泄系统】

69.D

解析：如图所示的是棘皮动物的水管系统示意图。

13.1.2 体腔和水管系统

水管系统（water vascular system）为棘皮动物特有的结构。由体腔囊法生成1对体腔囊，随着胚胎的发育，左、右体腔囊也不断延长，并由前到后依次裂为前体腔囊（也称轴体腔 axocoel）、中体腔囊（也称水系腔 hydrocoel）和后体腔囊（也称躯体腔 somatocoel）3对体腔囊（图13-1）。在发育过程中，左前体腔囊分化成轴窝，左中体腔囊形成水管系；左右两侧的后体腔囊愈合，形成广阔的次生体腔，左后体腔囊的一部分从愈合的后体腔囊中分离出来，形成围血系统；右前体腔囊和右中体腔囊在胚胎发育中逐渐退化。此外，左前、中体腔囊部分相连，以共同的短管通向背侧，这个短管后来发育为水管系的石管（stone canal），石管在体表的开口最后发育为水管系的筛板（madreporite）。

水管系包括筛板、石管、环管（ring canal）、辐管（radial canal）、侧管（lateral canal）、管足（podium）和囊（ampulla）（图13-2）。环管由左中体腔囊围绕消化道形成，环管经石管与筛板相连，海水通过筛板上的小孔经石管进入环管。环管向周围发出5条辐管，每一辐管向两侧发出侧管，侧管的末端为管足和囊，侧管与管足之间有瓣膜相隔，管足末端有吸盘。管足内水压的变化可使管足伸长或缩短，以此来拖动身体完成运动。管足除完成运动外，还有呼吸、排泄及辅助摄食的功能。环管上还有4~5对帖氏体（Tidmann's body）和1~5个波氏囊（Polian's vesicles），分别有产生变形吞噬细胞和调节水压的功能。

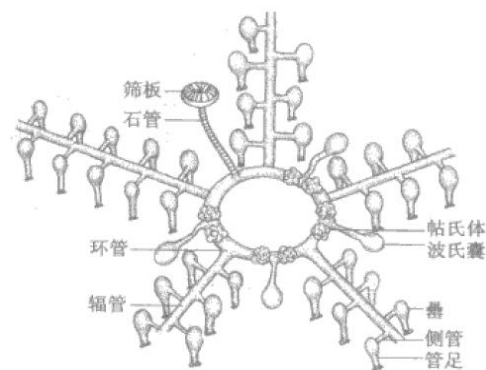


图 13-2 棘皮动物水管系
(仿 Ruppert 等)

棘皮动物的体腔从发生上来自肠腔上的两个体腔囊，以后也经历三分体腔。分为前、中、后三对体腔囊。左前体腔囊发育成轴器；左中体腔囊发育成水管系统；左前、左中体腔囊部分相连形成石管和筛板，右侧的前体腔、中体腔均退化左、右后体腔愈合包围内脏，形成围脏腔和围血系统，并进入成体的腕内，左后体腔的一部分围绕体轴成环形成生殖腺腔。所以A错；水管系统具有运动、呼吸及输送等功能，但主要功能是运动。靠体腔上皮细胞的纤毛打动物腔液来完成营养物质的输送，所以B错。围血系统是包围在血系统外面的管状系统，包括环窦、辐窦、轴窦和生殖窦，所以C错。

【考点：棘皮动物、水管系统】

70.C

解析：食物链是表示物种之间的食物组成关系，在生态学中能代表物质和能量在物种之间转移流动的情况。食物链是用来表示生物之间“吃”与“被吃”的关系。任何一种生物的增加或减少，都会影响其他生物的生存。一般而言，生态系统越复杂，食物越丰富，食物链的长度越长，上述四种生态系统中亚马孙热带雨林的物种数量最多，食物链和食物网最复杂，故平均食物链长度最长。

【考点：生态学、食物链】

71.B

解析：读图，可以看出图片拟合的有曲线，直接在曲线上进行估计即可。

【考点：生态学、捕食关系】

72.B

解析：由图可知，双对数作图是直线，y 和 x 在对数标尺下是线性，所以两者的关系是指数函数。故选 B。自己推一下就知道了，很简单的。其实这题跟生物没啥关系。

【考点：生态学、捕食关系】

73.A

解析：实验设计的原则有科学性原则、平行重复原则、单一变量原则、对照原则。对照实验应遵循的原则是单一变量原则，即控制其他因素不变，只改变其中一个因素，观察其对实验结果的影响，预测和解释实验应出现的结果，并写出实验结论。

本实验目的是探究雌性对于领先雄性和跟随雄性的喜好度有无差别，则实验的自变量是雄性的类型，因变量是雌性的选择，则雌性 with 挥螯场地的距离是无关变量，应保持等量且一致，据图可知，应选择场地 A，时间应选择挥螯时间 I，故选 A。

【考点：动物行为学、实验设计】

74.D

解析：挥螯时间 I+场地 B-1、挥螯时间 I+场地 B-2 两组实验的自变量是挥螯距离不同，挥螯时间 I+场地 B-2、挥螯时间 II+场地 B-2 是挥螯时间不同，故可验证的假设是：雌性对雄性的选择可能与距离相关，越接近雌性的雄性越受雌雄青睐，故选 D。

【考点：动物行为学、实验设计】

75.BC

解析：先读懂图，看清横坐标、纵坐标和右上角的图例。共有上下两张图片：

由下图集中储藏和分散储藏可看出，集中储藏时偏好储藏果皮厚 4mm 的种子，分散储藏时偏好储藏果皮厚 1mm 和 2mm 的种子，该选项中未说明是集中储藏还是分散储藏，A 错误；由下图中丢失种子可看出，丢失的种子多为果皮厚的种子，说明鼠类优先带走种皮较薄的种子，B 正确；

由下图搬运后取食和原地取食可看出，鼠类对种子的取食无显著差异（无*或**），C 正确；由上图留存率可看出，果皮厚度为 6mm 的种子留存较多，说明鼠类偏好留存种皮较厚的种子，D 错误。

【考点：动物行为学、图表分析】

四、遗传学、进化生物学、生物信息学

76.C

解析：此处杂交是泛指，不是狭义的杂交。假设相关基因用 A、a 表示，则常染色体完全显性的孟德尔式单因子杂交组合有六种：AA×AA，AA×Aa，AA×aa，Aa×Aa，Aa×aa，aa×aa。六种杂交组合的亲子代基因型及比例为：

$AA \times AA \rightarrow AA$, 符合题意; $AA \times Aa \rightarrow AA, Aa$, 符合题意; $AA \times aa \rightarrow Aa$, 不符合题意;
 $Aa \times Aa \rightarrow AA, Aa, aa$, 不符合题意; $Aa \times aa \rightarrow Aa, aa$, 符合题意; $aa \times aa \rightarrow aa$, 符合题意。
 综上所述, 所获得的 F1 的表型与比例跟亲代相同的杂交方式的种类有 4 种。C 正确。

【考点: 遗传学、孟德尔杂交】

77.A

解析: 先算不同基因型的配子比例, 然后再计算后代的比例。

因型为 $AAaa$ 的同源四倍体植物, 若只考虑减数分裂时同源染色体的两两配对形成配子, 则产生的配子及比例有 $AA: Aa: aa = 1: 4: 1$, 若该植物自交, 产生 $aaaa$ 后代的比例为 $1/6 \times 1/6$ 。
 A 正确, 故选 A。

【考点: 遗传学、孟德尔杂交】

78.C

解析: 其实没啥好说的, 就是计算就好了。

先计算灾难后的基因频率, 推出配子频率, 然后再计算子代频率。

aa 死亡后, AA 占 $1/9$, Aa 占 $8/9$ 。 a 的基因频率为 $8/9 \times 1/2 = 4/9$, aa 的基因型频率为 $16/81 = 19.7\%$,
 ABD 错误, C 正确。故选 C。

【考点: 遗传学、群体遗传学】

79.B

解析: 无脑高中题。 $1/2 \times 1/2 = 1/4$

【考点: 遗传计算】

80.D

解析: ABO 血型系统是人类最早认识也是最为重要的血型系统。ABO 血型由红细胞膜上的不同抗原所决定, 与人类输血时发生的溶血反应密切相关, 具有重要的临床意义。ABO 抗原也存在于牛、羊和一些猿类等其他动物体内。ABO 血型可能继承自数百万年前一个共同的灵长类祖先, 并在传染病免疫反应具关键作用。

人类 ABO 血型系统的抗原合成基于前体物质 H 抗原。H 抗原是一种糖脂, 基本分子结构是以糖苷键与多肽链骨架结合的四糖链, 即 β -D-半乳糖、 β -D-N-乙酰葡萄糖胺、 β -D-半乳糖以及在 β -D-半乳糖 2-位连接的抗原决定簇 α -L-岩藻糖。H 抗原的决定基因 FUT1 位于 19 号染色体, 长度超过 5000 个碱基对, 包括 3 个外显子。FUT1 基因有两个等位基因 H 和 h, H 等位基因编码岩藻糖转移酶, 使岩藻糖与糖链末端的半乳糖相连, 形成 H 抗原。而 h 等位基因无法编码具有活性的岩藻糖转移酶。hh 纯合子个体在人类中非常罕见, 形成所谓孟买血型。参见 Hh/孟买血型系统。

编码 ABO 抗原决定簇的是 9 号染色体上的 ABO 基因, 总长度 18000 至 20000 个碱基对, 包括 7 个外显子, 其中最大的第 7 外显子和第 6 外显子的碱基数占整个编码序列的 77%[9]。ABO 基因有三个最主要的等位基因: I^A (A)、 I^B (B) 和 i (O), 这些等位基因的原初产物是糖基转移酶。 I^A 等位基因编码 α -1,3N-乙酰氨基半乳糖转移酶, 能将 α -N-乙酰半乳糖胺接到 H 抗原的 β -D-半乳糖上, 形成 A 抗原; I^B 等位基因编码 α -1,3-D-半乳糖转移酶, 将 α -D-半乳糖接到 H 抗原的相同位置, 形成 B 抗原; i 等位基因的第 6 外显子包含一个核苷酸缺失, 导致其编码的蛋白质无法正常表达, 从而失去酶活性, 因此, O 型血的抗原就是未经改变的 H 抗原。

A、B 抗原主要表达在红细胞膜上, 以糖蛋白或糖脂的形式, 呈树枝状突出细胞表面。在大多数上皮细胞、内皮细胞以及体液中, 也有 A、B 抗原的存在。ABO 血型系统的遗传是单基因决定的。ABO 基因位于 9 号染色体的长臂上 (9q34), 有三个主要的等位基因 I^A (A)、 I^B (B) 和 i (O)。 I^A 和 I^B 的产物是具有活性的酶, 分别催化 A 抗原和 B 抗原的合成, 而等位基因 i 的产物不具有酶活性, 无法催化 A、B 抗原合成。由于人类染色体是双倍体,

一个人通常只能拥有三个等位基因中的两个，分别来自父母双方。这两个等位基因的类型，即血型的基因型（genotype），决定了人类血型的表现型（phenotype）。IA 和 IB 对 i 均为显性，故而只有基因型是 ii 的人才有 O 型血，基因型是 IAIA 或 IAi 的人是 A 血型，基因型是 IBIB 或 IBi 的人是 B 血型。而 IA 和 IB 是共显性，因此基因型是 IAIB 的人具有两种表型，即 AB 血型。

一般说来，如果父母双方均为 O 型血，子女必然是 O 型；如果父母有一方是 AB 型血，子女不可能是 O 型；A 型和 O 型血的父母不可能生育 B 型或 AB 型血的子女，B 型和 O 型血的父母不可能生育 A 型或 AB 型血的子女。因此，ABO 血型系统曾经广泛用于亲子鉴定。

【考点：遗传学、ABO 血型】

81.A

解析：这种伴性遗传的题，其最核心的是性别性状互换的那种杂交方式，也就是“黏滑雌虫与不黏雄虫杂交后，后代雄虫均为黏滑的，雌虫均不黏”。

据题可知，该基因为伴性遗传。不黏雌虫与黏滑雄虫杂交后，后代均黏滑，可说明黏滑为显性性状。黏滑雌虫与不黏雄虫杂交后，后代雄虫均为黏滑的，雌虫均不黏，说明控制身体黏滑的基因位于性染色体上，且雌性亲本能产生两种配子，为异配性别，雄虫只能产生一种类型的配子。A 正确。（ZW 性别决定类型）

【考点：遗传学、伴性遗传】

82.B

解析：果蝇的性别是由性指数来决定的，与 Y 染色体无关，性指数为 1 为雌性，0.5 为雄性，大于 1 超雌，小于 0.5 超雄。超雌有可能不育，因为遗传平衡被打破，所以 A、C 对，B 不对，3A+X+Y 的果蝇性指数为 1/3，表现为超雄；X0 的果蝇是不育雄性，XYY 是可育雄性，性指数同样为 1，有 Y 可育，所以能得出 Y 染色体上可能携带有保证雄绳生殖力所必需的基因，所以 D 对。

人	X0	XXY	XYY	备注
不育♀	可育♂	不育♂	可育♂	Y 决定性别
不育♂	可育♀	可育♂	可育♂	Y 决定育性

如图所示为人和果蝇的性别决定机制区别。

【考点：遗传学、性别决定】

83.D

解析：基因打靶是根据 DNA 同源重组的原理而设计的一项技术。在这一技术中，体内细胞基因组的某一段 DNA 序列被视为“靶子”，经精巧构建的欲导入的外源基因 DNA 序列被视为“弹头”，这样导入的外源基因进入受体细胞后就不再是随机整合而是“弹头”锚准“靶子”进行准确的定点整合。根据 DNA 同源重组的原理，导入的外源基因必须和靶基因有一定的同源序列。因此，外源基因导入前必须经过精巧的构建，经构建的外源基因称为打靶载体。题中构建了 RGR 基因的打靶载体。

由于同源重组的频率很低，因而筛选并富集真正发生了同源重组的细胞是至关重要的。筛选可采用正、负选择法。实现基因打靶的 ES 细胞能抵抗 G418（新霉素）而不能利用 GANC。在构建打靶载体时，打靶载体含有一段与靶基因同源的序列，将新霉素抗性基因（neo）插入到该同源序列的第一个外显子中作为正选择标（或者是靶基因最关键的外显子中）；neo 可以抵抗 G418。在同源序列之外的末端接上病毒胸腺嘧啶激酶（TK）基因序列作为负选择标志，并以药物 G418（新霉素）和 GANC（丙氧鸟苷）作双重筛选，而 HSV-tk 基因的产物则将 GANC 磷酸化产生对细胞有毒性的物质，使细胞死亡。如果导入的外源基因与靶基因发生同源重组，外源基因以及 neo 基因将整合于靶细胞基因组的同源序列位点上，而位于

同源序列末端外的 TK 基因则在重组后丢失，此种情况下标志基因只有 neo 基因表达，则靶细胞同时具有 G418 和 GANC 双重抗性可在选择性培养基中存活下来。如果导入的外源基因与细胞基因组随机整合，打靶载体将从头至尾全部整合入靶细胞基因组中，这种情况下，标志基因 neo、TK 同时表达。neo 基因的产物使细胞具有 G418 抗性，而 TK 基因的产物使 GANC 磷酸化而导致细胞死亡。这样存活下来的细胞必定是发生了同源重组的细胞。则连接病毒胸腺核苷激酶基因 (TK) 的目的是进行负选择，将外源基因与细胞基因组随机整合的细胞淘汰，提高打靶成功的细胞克隆所占比例。

【考点：生物技术、遗传学、基因打靶】

84.B

解析：构建打靶载体时，neo 基因需插在外显子内部，使 RGR 基因失去功能。如果导入的外源基因与细胞基因组随机整合，打靶载体将从头至尾全部整合入靶细胞基因组中，这种情况下，标志基因 neo、TK 同时表达，此时 TK 基因插在载体任意一端都能表达。

【考点：生物技术、遗传学、基因打靶】

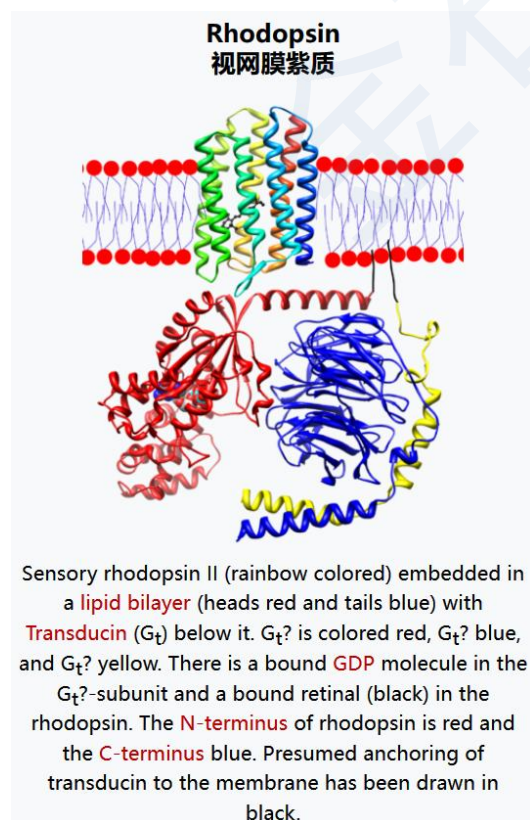
85.C

解析：要验证是否获得了打靶成功的胚胎干细胞，需要检测 neo 基因是否存在。因为扩增是有方向性的，分别在外显子 1 和 neo 上设计引物，进行 PCR 扩增时，外显子 1 的引物扩增产物没有阳性条带不能作为没有成功的标志；同样道理 B 也一样。条带一样大时可能不带 neo 基因。应为从 1 和 3 向中央扩增，条带大小一样或不一样都得不出结论。只有 C，用 Southern 杂交检测该基因是否存在。Sall 酶在 neo 内部有酶切位点，不适用。

【考点：生物技术、遗传学、基因打靶】

86.A

解析：视紫质也称为视网膜紫质或视紫素。它是视杆细胞中一种视色素，由视蛋白和视黄醛组成，呈紫红色，因而得名。视紫质属于 G 蛋白偶联受体的一种，其特点是遇光会褪色，在人体视网膜感光细胞中大概需要 45 分钟还原。



视紫红质的分解与合成是一种动态平衡，这种动态平衡的水平决定于光照的强度。在暗处，视紫红质的合成大于分解，使视网膜对弱光较敏感，这是人在暗处仍能不断视物的基础；而在明处，视紫红质的分解大于合成，使视杆细胞几乎失去感受光刺激的能力。此时视觉主要依靠视锥系统来完成。在视紫红质分解和再合成的过程中，总有一部分视黄醛被消耗，需依赖于食物中的维生素 A 来补充。

据左图，（+/+）组黑暗中饲养的视黄醛总量比光照下饲养的要高，故光照条件下，眼睛会损失一小部分视黄醛，A 项正确；

视紫红质在光照下不断被分解，从右图的纯合突变型可以看出，故 B 错；

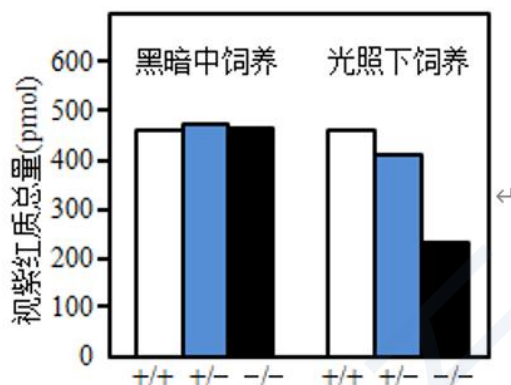
据左图，光照下野生型小鼠的视黄醛总量约 550pmol，而右图中视紫红质的含量约是 450pmol，视紫红质是视蛋白和 11-顺视黄醛的复合物，说明全反型很少，不到 1/2，C 项错误；

全反式视黄醛从视杆细胞释放，由色素上皮细胞摄取，通过异构生成 11-顺视黄醛（根据该实验也得不出这结论），D 项错误。

【考点：遗传学、动物生理学、视黄醛】

87.C

解析：图表分析题。



从右图根据视紫红质的量去分析，+/+纯合子，视紫红质的量在光下和黑暗处没多大变化，少一个基因，减少一部分，没有（-/-）时减少更多。可以得出，光照条件下 RGR 影响全反式视黄醛向顺视黄醛的转变，因此答案是 C。

【考点：遗传学、动物生理学、视黄醛、图表分析】

88.AC

解析：从图中可以看光照后的视紫红质的量（两图的 0 点）比 84 题图中的量明显少了，因为视紫红质在光下会分解，故此次光照更强，而黑暗处理后，无论是光照 5s 还是光照 10s，其总量逐渐上升，故可以得出 C。

【考点：遗传学、动物生理学、视黄醛、图表分析】

89.B

解析：需要选的是【从题干中能够推出的结论】而非【正确的结论】。

A 虽然正确，但是从材料中看不出来，从 84 题左图可以看出 B。正是由于白天 RPE65 催化全反视黄醛转变为顺视黄醛的效率没有顺视黄醛转化为反视黄醛的效率高，所以光下视黄醛的总量降低了。因此，在白天，RPE65 的催化效率低于全反视黄醛的转化效率，B 正确。

【考点：遗传学、动物生理学、视黄醛】

90.ABC

解析：没有突变基因，没法准确定位该基因，A 正确；可能定位错误，在该区域没有任何已知基因与血脂有关，B 正确；因科学发展认知有限，这一区域还有未知基因存在，C 正确。虽然有很多基因，基因可逐一进行研究，D 错误。

【考点：遗传学、基因定位】

91.BD

解析：连锁不平衡是指分属两个或两个以上基因座位的等位基因同时出现在一条染色体上的几率，高于随机出现的频率。简单地说，只要两个基因不是完全独立地遗传，就会表现出某种程度的连锁。这种情况就叫连锁不平衡。连锁不平衡可以是同一条染色体上的不同区域，也可以是不同染色体上的。即 $P(AB) \neq P(A) \cdot P(B)$ ，例如两个相邻的基因 A、B，他们各自的等位基因为 a、b。假设 A、B 相互独立遗传，则后代群体中观察得到的单倍体基因型 AB 中出现的 $P(AB)$ 的概率为 $P(A) \times P(B)$ 。实际观察得到群体中单倍体基因型 AB 同时出现的概率为 $P(AB)$ 。若这两对等位基因是非随机结合的，则 $P(AB) \neq P(A) \times P(B)$ 。计算这种不平衡程度的方法为： $D = P(AB) - P(A) \times P(B)$ 。

若相关分子标记与致病基因不连锁，也可能出现标记的连锁不平衡，A 错误；同一个基因的突变，位点一样，不会出现连锁不平衡，同一条染色体上应在不同部位才会出现。连锁不平衡显性和隐性基因都可能出现，C 错。突变发生在远古时期的人群中，如果是同一基因位点，也可能不出现连锁不平衡。（基因内交换例外）

【考点：遗传学、连锁不平衡】

92.ACD（删除）

解析：Txnip 的 mRNA 水平显著下降，但分子量没有变化，缺失、错义和无义突变均不可能，都会导致分子量的变化。影响剪接的突变也可能导致分子量的变化。故无答案。

【考点：遗传学、RNA 剪接、转录与翻译】

93.C

解析：注意看清楚，FCHL 模型鼠是啥，还有 Txnip 基因产物是啥，否则很容易搞反。根据上一题，Txnip 的 mRNA 水平显著下降，说明其体内 Txnip 基因产物水平偏低。

FCHL 模型鼠 CO_2 产生量下降，血浆中酮体浓度上升。证明缺乏了 Txnip 基因产物时，体内的有氧呼吸正在被抑制，因此可以推出，Txnip 基因产物的功能最可能是促进三羧酸循环；

【考点：遗传学、有氧呼吸、三羧酸循环】

94. B

解析：性选择或性择是一个演化生物学的理论。此理论解释同一性别的个体（通常是雄性）对交配机会的竞争如何促进性状的演化。同一物种的两个性别之间，通常有至少一个性别必须竞争取得有限的交配机会。由于个体间存在可遗传的差异，造成有的个体在竞争中较为成功，此较成功的个体将此差异给后代，便造成性择演化。通常雌性在生殖过程中投资较多，因此对交配对象较挑剔，所以性择是作用在雄性的性状上，但在性别角色相反的海马等海龙科鱼类上，则是作用在雌性的性状上。

性选择有两种形式：（1）性内选择：雄性之间通过某种特征或行为直接竞争获得雌性，获胜者有更大的机会获得配偶并生育后代。（2）性间选择：雌性对某些特征和行为的雄性进行选择，产生这些特征的基因会遗传给后代。性间选择有雌性参与，B 错误。

当性选择导致的雄性生殖优势的增加，小于其生存能力下降的劣势时，过强的性选择可能导致物种灭绝。爱尔兰麋鹿是一种被性选择灭绝的动物的例子。它们的鹿角被性内选择挑选了很长时间之后，以至于鹿角的架子太大，无法支撑，C 正确；经过长期的性选择，使雄性的某种特征或行为不断强化，而雌性没有这些现象，常造成同种生物的不同性别个体存在显著的表型差异，D 正确。

【考点：遗传学、有氧呼吸、三羧酸循环】

95.D

解析：基因重复是指含有基因的 DNA 片段发生重复，可能因同源重组作用出错而发生，或是因为反转录转座与整个染色体发生重复所导致。基因重复是基因通过不等交换、逆转录转

座或全基因组重复等途径产生。

重复的基因会导致基因体额外的复制，且不会受到天择压力的调控。其中有一种观点认为，基因重复使得基因体的复制发生突变之后，并不会对生物体产生负面的影响。这种新基因的突变而产生的结果，可能会增加生物体的适存度，或是新的基因片段功能，产生适应性基因重复（adaptive gene duplications）。最著名的例子就是在极地生活的冰鱼（*Dissostichus mawsoni*），其中的消化基因因为发生基因重复的突变，而导致基因有了抗冻蛋白的表达功能。另一种观点认为，两种复制的基因同样都会累积退化的突变，基因重复的缺陷也能相辅相成。这会导致复制基因中性的次功能化，以及 DDC 模式

（duplication-degeneration-complementation model）的产生，此种模式预期复制后的重复基因在不同调节片段可能发生失去功能的突变，导致重复基因彼此之间必须相互辅助另一个重复基因缺少的功能，因此两个复制的基因都必须被保留。

基因重复后产生的两个基因为旁系同源基因，A 错误；

基因可分为结构基因、调控基因和 RNA 基因，若重复基因为调控基因，则没有翻译产物，或者没有剂量效应，都不会导致产物量加倍，B 错误；

基因重复后，由于其数量增加导致其突变的速度高于有功能的单一版本基因，因此其选择压力降低，可通过累积突变产生新功能，C 错误；

假基因也叫伪基因，是基因家族在进化过程中形成的无功能的残留物，其与正常基因相似，但丧失正常功能的 DNA 序列，分为保留了间隔序列的复制假基因（如珠蛋白假基因家族）和缺少间隔序列的已加工假基因，假基因是复制或反转录而来的，属于基因重复的结果，D 正确。

【考点：遗传学、基因重复】

96.B

解析：渐进式演化：达尔文的自然选择学说认为，在生存斗争中具有有利变异的个体生存并留下后代的机会多，有利变异逐渐积累，具有这些有利变异的个体越来越多，形成具有新的适应特征的生物新类型。

间断平衡学说：物种形成并不都是渐变的过程，而是物种长期稳定与迅速形成新种交替出现的过程。

中性理论：基因突变对生物适应性的影响，并不是非益即害的，大量的基因突变是中性的，自然选择对这些基因突变不起作用，这些基因突变经过长期积累会导致种群间遗传物质出现较大的差别，决定生物进化方向的是中性突变的逐渐积累。

突变理论：认为物种的进化是由突然的、不连续的、不定方向的巨大变异形成的。澄江化石是寒武纪早期出现的大量的物种化石，证明了“寒武纪大爆发”，该化石为间断平衡学说提供证据，其原因仍在探索。选 B。

【考点：遗传学、基因重复】

97.B

解析：某些生物大分子在不同物种间的取代数与所研究物种间的分歧时间接近正线性关系，进而将分子水平的这种恒速变异称为“分子钟”。分子钟成立的证据：（1）至少某些生物大分子（如珠蛋白）的进化速率在相当长的地质时间内的相对稳定、均匀；（2）许多不同物种的多种同源大分子在相当长时间内的平均进化速率近似恒定。

现有证据表明，许多不同物种的多种同源大分子在相当长时间内的平均进化速率近似恒定，这种恒定是近似恒定，不是绝对恒定，如果分歧时间特别久远，会增大分子钟计算的误差，A 正确；

有证据表明，许多不同物种的多种同源大分子，在相当长时间内的平均进化速率近似恒定，不同基因不是同源分子，演化速率不同，B 错误；

无法对两条 DNA 序列的祖先序列的状态有直接的了解，并且两条序列（两个物种）的分歧时间无法直接得知，因此两条序列的进化速率无法直接比较。可以分别比较两个物种与一个参照外群的遗传距离，从而可以比较两个物种是否以相同的速率演化，C 正确；

不同物种的不同世代时间会影响 DNA 复制次数，会导致 DNA 或蛋白质的演化速率不同；DNA 修复机制会修复 DNA 的碱基改变，改变 DNA 的演化速率，D 正确。

【考点：遗传学、分子钟】

98.C

解析：背景选择（Background selection）是连锁选择的一种形式，在这一过程中，有害突变受到负选择，使得连锁的其它突变也被一并清除。注意题中“有害突变受到负选择，使得连锁的其它突变也被一并清除”这句话。

根据题意，重组可能导致有害突变与正常基因连锁，就不会被清除，从而降低背景选择的强度，A 正确；背景选择会导致与有害突变连锁的其他突变（包括中性突变）被一并清除，故降低了遗传多态性；相比无性生殖的物种，有性生殖可进行重组，重组可以降低背景选择的强度，所以进行有性生殖的物种中背景选择相对较少，C 错误；哺乳动物 Y 染色体与 X 染色体存在非同源区段，不易于 X 染色体发生交换，所以 Y 染色体上的背景选择比常染色体强，D 正确。

【考点：遗传学、背景选择】

99.A

解析：隐性突变在雄性中一出现就会表现出来，在雄性中突变受自然选择作用较强，导致剩余雄性个体较雌性个体少 A 正确；X 染色体的突变率和重组率对染色体受到的选择无影响，B、C 错误；不管如何选择，个体中有 X 染色体就有常染色体，X 染色体与常染色体群体相等，D 错误。

【考点：隐性突变、性选择】

100.A

解析：同源序列，是指从某一共同祖先经趋异进化而形成的在同一物种不同个体间或不同物种间相同或相似的 DNA 序列，在不同物种间的差异较大，对应 IV；人和小鼠的基因中调控序列差别更大，蛋白编码区差别较小。故选 A。

【考点：进化生物学、同源序列】

101.ABD

解析：适应辐射（英语：Adaptive Radiation），或称辐射适应，在进化生物学中指的是从原始的一般种类演变至多种多样、各自适应于独特生活方式的专门物种（不包括亚物种，其指涉相互之间不能交配的物种）的过程。而这些新物种虽有差别，却在一定程度上保留了原始物种的某些构造特点，其也各自占据了合适自己的小生境。适应辐射这个概念适用于进化史中一个短的时段内。适应辐射主要是由变异和自然选择所推动。

趋异进化的结果使一个物种适应多种不同的环境而分化成多个在形态、生理和行为上各不相同的种，形成一个同源的辐射状的进化系统，即是适应辐射。物种形成的速率比渐进式演化更快，A 正确；

物种间可能存在不完全生殖隔离，植物方面的一个例子是栎属的灰栎和橡树在重叠分布的美国西南部大范围区域也存在杂交的现象，B 正确；

适应性辐射是对于多种生态位的适应，在概念层次上没有排除掉同域物种形成的情况，即在概念上不能和异域种化绑定在一起，C 错误；

适应性辐射演化不一定能用二叉分枝的系统发生树来解释，D 正确。故选 ABD。

【考点：进化生物学、适应辐射】

102.CD

解析：单起源指的是很多物种来源于一个共同的祖先，以后才迅速分化成许多不同的类群，蜘蛛和人类不是单起源的，A 错误；

平行演化是指具有亲缘关系较近的物种有相似的性状，在相似的生境下各自演化出相似的性状，本题的大蜘蛛和哺乳动物亲缘关系较远，属于趋同演化，B 错误；

哺乳动物和大蜘蛛两种哺乳行为都能为幼体提供营养，有利于后代生存，C 正确；

哺乳动物和大蜘蛛两种哺乳行为是长期自然选择产生的适应性行为，D 正确。故选 CD。

【考点：进化生物学、单起源、宏观进化模式】

103.A

解析：由题意可知，Prestin 基因在听觉和回声定位功能中起重要作用，虽然沙鼠则不携带 M568L 和 E700D 替换，但其听觉正常，说明其没有丢失回声定位功能，A 最不合理；不同的动物听觉存在趋同演化现象，说明 Prestin 蛋白在不同的回声定位动物中存在趋同演化的现象，B 正确；猪尾鼠和沙鼠为近缘物种，其含有的 Prestin 基因是同源基因，C 正确；由于猪尾鼠 Prestin 发生了 M568L 和 E700D 氨基酸替换，故在沙鼠 Prestin 蛋白中引入这两个氨基酸替换，可能会使其获得与猪尾鼠 Prestin 类似的功能，D 正确。故选 A。

【考点：进化生物学、宏观进化模式】

104.BCE

解析：各种性别决定机制如下图所示：

染色体决定 [编辑]

- XX/XY (XY性别决定系统)：在大部分哺乳动物(包括人类)和部分昆虫中，雌性有两条X染色体，雄性有一条X染色体和一条Y染色体，植物中的银杏亦属之。^[1]植物中的酸模，XY是雄性，XXX的是雌雄同株。
- XX/X0 (X0性别决定系统)：XY 性染色体的变异，在直翅目昆虫(如草蛉和蟋蟀)中，雄性只有一条X染色体(X0)，雌性有两条染色体(XX)，植物中的花椒亦属之。在某些动物，X0是雄性，XX的是雌雄同体，如秀丽隐杆线虫。
- ZZ/ZW (ZW性别决定系统)：XY 性染色体的相反，在鸟类和部分昆虫中，雌性有两条不同的染色体(ZW)，雄性有两条相同的染色体(ZZ)，植物中的草莓亦属之。
- ZZ/Z0 (Z0性别决定系统)：ZW 性染色体的变异，在毛翅目昆虫中，雌性只有一条染色体(Z0)，雄性有两条染色体(ZZ)。
- 染色体倍性性别决定系统(染色体倍性)：在膜翅目昆虫(如蚂蚁和蜜蜂)中，未受精的卵子发育成单倍体会成为雄性，发育成双倍体会成为雌性(较可能是不育的个体)。因此，蜂王若与其他蜂巢的雄蜂交配后，她的女儿们彼此之间，也至少会有 $\frac{1}{2}$ 的基因是相同 平均有 $\frac{3}{4}$ 基因是相同的，而非XY和ZW中的平均有 $\frac{1}{2}$ 基因(又因为这种雄性，只会生产女儿，因此没有自己父亲及儿子，但却有自己的爷爷和孙子)。因为可以更为增加亲属选择，这可能也是这些昆虫多为社会性昆虫的主要原因。

根据题意，该动物类群的雌性应该是异配性别，即 ZW 型性别决定类型。鸟类和鳞翅目昆虫属于 ZW 型。即 BCE。

【考点：遗传学、性别决定机制】

105.AD

解析：GWAS，即全基因组关联分析，是指在人类全基因组范围内找出存在的序列变异，即单核苷酸多态性(SNP)，从中筛选出与疾病相关的 SNPs。随着基因组学研究以及基因芯片技术的发展，人们已通过 GWAS 方法发现并鉴定了大量与复杂性状相关联的遗传变异，故 GWAS 分析与基于家系的定位克隆分析相比，更适用于研究复杂性状，A 正确；

通过 GWAS 分析可以找出与疾病相关联的 SNP 位点，然而我们的根本目的是找出可能导致疾病发生的相关 SNP 位点，但 SNP 不一定会导致患病，有些需要多个位点的变化，有些变化了不一定患病，B 错误；

精确的表型检测是关联分析的关键，GWAS 对数量性状和质量性状都适用，用于分类的性状也能作为 GWAS 分析的表型，C 错误；

逻辑回归分析，是一种广义的线性回归分析模型，常用于数据挖掘，疾病自动诊断，经济预测等领域。例如，探讨引发疾病的危险因素，并根据危险因素预测疾病发生的概率等，故可以选择使用逻辑回归对遗传数据进行统计分析，D 正确。故选 AD。

【考点：遗传学、GWAS 分析】