

专题四：遗传的分子基础

编制人：毛爱华

一、DNA 是主要的遗传物质

【必备知识讲解】

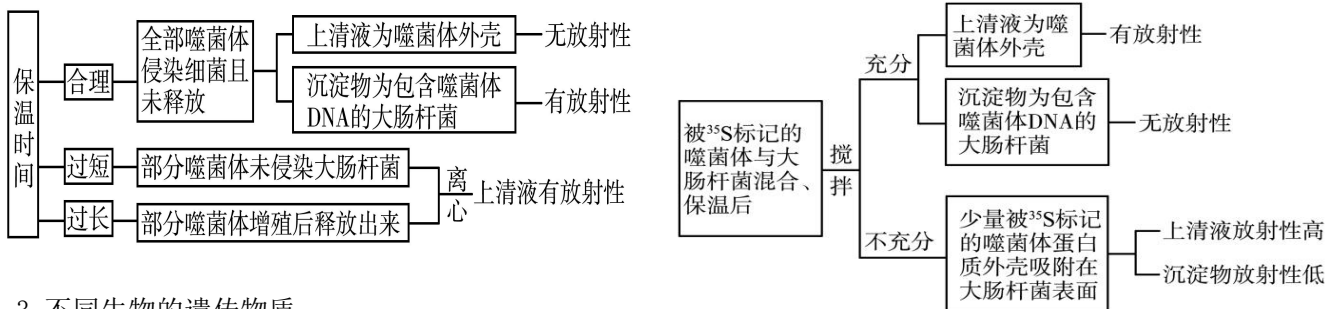
1. 探究遗传物质经典实验的比较

实验名称	肺炎双球菌体内转化实验(格里菲思等)	肺炎双球菌体外转化实验(艾弗里等)	噬菌体侵染细菌的实验(赫尔希等)
思路	将不同方法处理的细菌，注射到小鼠体内，分别观察实验结果	设法将 DNA 与其他物质分开，单独地、直接地研究它们各自不同的遗传功能	
处理方式的不同	加热、混合	直接分离：分离 S 型细菌的 DNA、蛋白质、多糖等，分别与 R 型细菌混合培养	同位素标记法：分别标记噬菌体 DNA 和蛋白质的特征元素 (^{32}P 和 ^{35}S)，侵染未标记的细菌
结论	加热杀死的 S 型细菌体内存在转化因子，促进了 R 型细菌向 S 型细菌的转化	DNA 是遗传物质，蛋白质等不是遗传物质	DNA 是遗传物质，不能证明蛋白质不是遗传物质

2. 理解噬菌体侵染细菌实验中上清液和沉淀物放射性含量

(1) 被 ^{32}P 标记的噬菌体侵染大肠杆菌

(2) 被 ^{35}S 标记的噬菌体侵染大肠杆菌



3. 不同生物的遗传物质

生物类型	病毒	原核生物	真核生物
体内核酸种类	DNA 或 RNA	DNA 和 RNA	DNA 和 RNA
体内碱基种类	4 种	5 种	5 种
体内核苷酸种类	4 种	8 种	8 种
遗传物质	DNA 或 RNA	DNA	DNA
实例	噬菌体、烟草花叶病毒	乳酸菌、蓝藻	玉米、小麦、人

【典型例题训练】

- 下列关于肺炎双球菌转化实验的叙述，正确的是（ ）
 - 该实验是证实 DNA 作为遗传物质的最早证据来源
 - 多肽类的荚膜使 S 型菌不易受宿主防护机制的破坏
 - 活体转化实验证明了转化因子的纯度越高转化效率越高
 - S 型菌的 DNA 与活的 R 型菌混合悬浮培养后可出现两种菌落
- 在证明 DNA 是遗传物质的过程中，T2 噬菌体侵染大肠杆菌的实验发挥了重要作用。下列与该噬菌体相关的叙述，正确的是（ ）
 - T2 噬菌体也可以在肺炎双球菌中复制和增殖

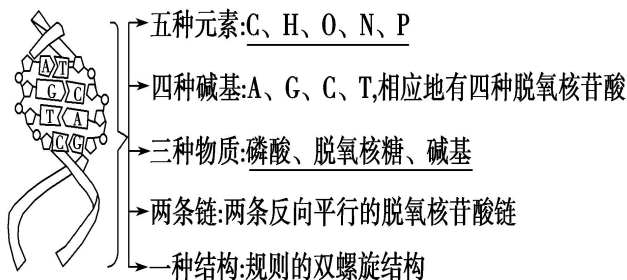
- B. T2 噬菌体病毒颗粒内可以合成 mRNA 和蛋白质
 C. 培养基中的 ^{32}P 经宿主摄取后可出现在 T2 噬菌体的核酸中
 D. 人类免疫缺陷病毒与 T2 噬菌体的核酸类型和增殖过程相同
3. 用 ^{32}P 标记的噬菌体侵染未被标记的大肠杆菌，侵染一段时间后搅拌、离心得到上清液和沉淀物，检测上清液中放射性 ^{32}P 约占初始标记噬菌体放射性的 30%。在实验时间内，被侵染细菌的存活率接近 100%。下列相关叙述不正确的是（ ）

- A. 离心后大肠杆菌主要分布在沉淀物中 B. 沉淀物的放射性来自噬菌体的 DNA
 C. 上清液具有放射性的原因是保温时间过长 D. 本结果尚不能说明噬菌体的遗传物质是 DNA
4. 某研究人员模拟赫尔希和蔡斯关于噬菌体侵染细菌实验，进行了如下实验：①用 ^{32}P 标记的噬菌体侵染未标记的细菌；②用未标记的噬菌体侵染 ^{35}S 标记的细菌；③用 ^{15}N 标记的噬菌体侵染未标记的细菌。一段时间后离心，检测到放射性存在的主要部位依次是（ ）
- A. 沉淀、上清液、沉淀和上清液 B. 沉淀、沉淀、沉淀和上清液
 C. 沉淀、上清液、沉淀 D. 上清液、上清液、沉淀和上清液
5. 下列关于遗传物质的说法，错误的是（ ）
- ①真核生物的遗传物质是 DNA ②原核生物的遗传物质是 RNA ③细胞核的遗传物质是 DNA
 ④细胞质的遗传物质是 RNA ⑤甲型 H1N1 流感病毒的遗传物质是 DNA 或 RNA
- A. ①②③ B. ②③④ C. ②④⑤ D. ③④⑤

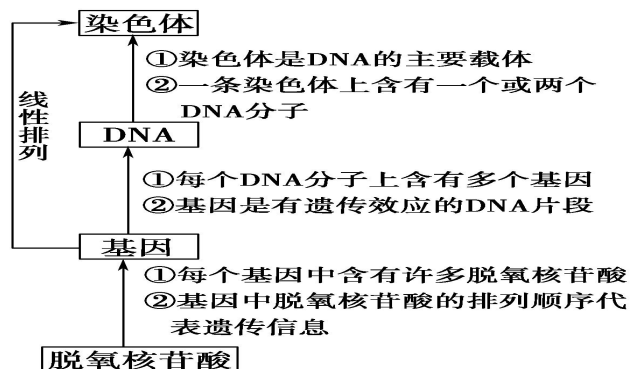
二、DNA 分子的结构

【必备知识讲解】

1. DNA 分子的结构



2. 基因与染色体、DNA、脱氧核苷酸的关系



【审读能力提升】

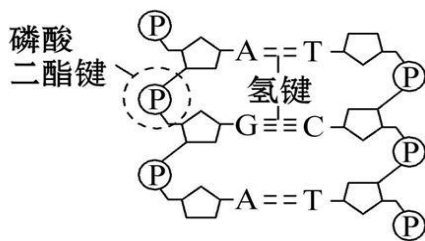


图1

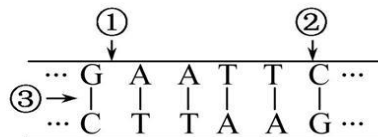


图2

碱基互补配对原则及相关计算：

- ①双链 DNA 分子中，任意两个非互补碱基之和恒等。
 ②在双链 DNA 分子中，互补碱基之和所占比例在任意一条链及整个 DNA 分子中都相等。
 ③双链 DNA 分子中，非互补碱基之和的比值在两条互补链中互为倒数。

【典型例题训练】

6. 下列关于 DNA 分子的结构与复制的叙述中，正确的有几项（ ）
- ①含有 m 个腺嘌呤的 DNA 分子，第 n 次复制需要腺嘌呤脱氧核苷酸数为 $m \times 2^{n-1}$ 个
 ②在一个双链 DNA 分子中， $A+T$ 占碱基总数的 $M\%$ ，那么该 DNA 分子的每条链中的 $A+T$ 都占该链碱基总数的 $M\%$

③细胞内全部 DNA 的两条链都被 ^{32}P 标记后, 在不含 ^{32}P 的环境中进行连续有丝分裂, 第 2 次分裂产生的每个子细胞染色体均有一半有标记

④每个 DNA 分子中, 都是碱基数 = 磷酸基团数 = 脱氧核糖数 = 脱氧核苷酸数

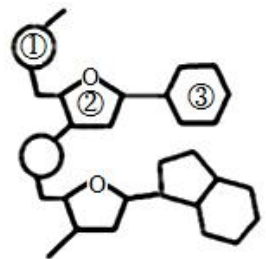
⑤一个 DNA 分子的一条链上, 腺嘌呤与鸟嘌呤数目之比为 2: 1, 两者之和占 DNA 分子碱基总数的 24%, 则该 DNA 分子的另一条链上, 胸腺嘧啶占该链碱基数目的 32%

- A. 2 项 B. 3 项 C. 4 项 D. 5 项

7. 美国科学家通过调整普通碱基 G、C、A、T 的分子结构, 创建出四种新碱基 S、B、P、Z。其中 S 和 B 配对, P 和 Z 配对, 连接它们之间的氢键都是三个。随后, 他们将合成碱基与天然碱基结合, 得到了由 8 种碱基组成的 DNA。实验证明, 该 DNA 与天然 DNA 拥有相同属性, 也可转录成 RNA, 但不能复制。下列关于合成的含 8 种碱基 DNA 的叙述, 错误的是 ()

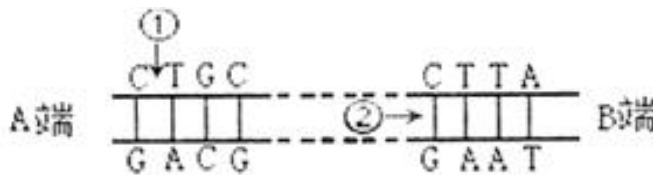
- A. 该 DNA 分子中磷酸、五碳糖、碱基三者比例为 1: 1: 1
 B. 该 DNA 以磷酸和脱氧核糖交替连接为基本骨架, 具有稳定的双螺旋结构
 C. 因该 DNA 分子不能复制, 所以其只能贮存遗传信息, 不能传递遗传信息
 D. 含 x 个碱基对的该 DNA 中含有 y 个腺嘌呤, 则该 DNA 中氢键个数为 $3x - y$

8. 某大肠杆菌拟核区的环状 DNA 所有碱基都含 ^{14}N , 图是该 DNA 分子中一条脱氧核苷酸链的一段。下列有关叙述正确的是 ()



- A. ①②构成脱氧核苷
 B. ③是胞嘧啶或胸腺嘧啶
 C. 该 DNA 分子中有两个游离的磷酸基团
 D. 该大肠杆菌在 ^{15}N 为唯一氮源的环境下分裂 20 次后所有③都含 ^{15}N

9. 下图为真核细胞内某基因结构示意图, 共有 1000 对脱氧核苷酸组成, 其中碱基 A 占 20%。下列说法正确的是 ()



- A. 该基因一定存在于细胞核内染色体 DNA 上
 B. 该基因的一条脱氧核苷酸链中 $(\text{C} + \text{G}) / (\text{A} + \text{T})$ 为 3: 2
 C. DNA 解旋酶只作于①部位, 限制性内切酶只作用于②部位
 D. 该基因复制 3 次, 则需要游离的鸟嘌呤脱氧核苷酸 2800 个

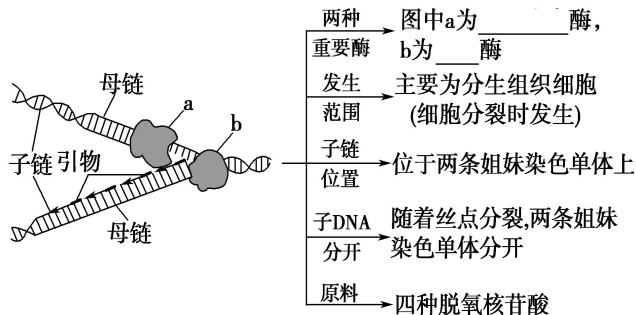
10. (多选) 一条染色体含有一个 DNA 分子, 一个 DNA 分子中有许多个基因。若该 DNA 分子中某个脱氧核苷酸发生了改变, 下列有关叙述正确的是 ()

- A. DNA 分子结构发生了改变 B. DNA 分子所携带的遗传信息可能发生改变
 C. DNA 分子上一定有某个基因的结构发生了改变 D. 该 DNA 分子控制合成的蛋白质分子结构可能发生改变

三、遗传信息的传递与表达

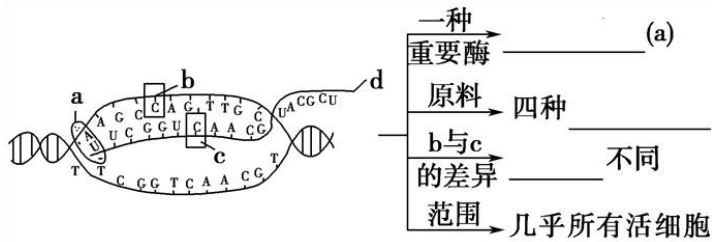
【必备知识讲解】

1. DNA 分子复制

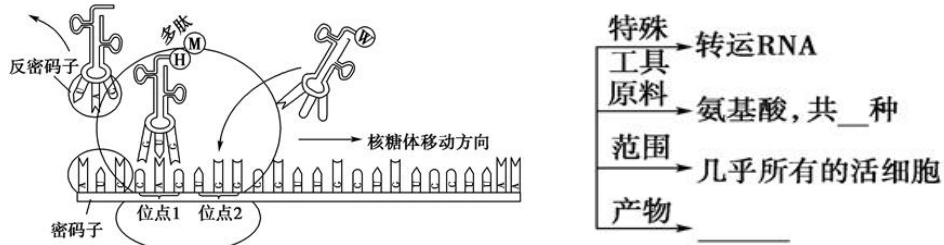


2. 基因控制蛋白质合成

(1) 转录



(2) 翻译

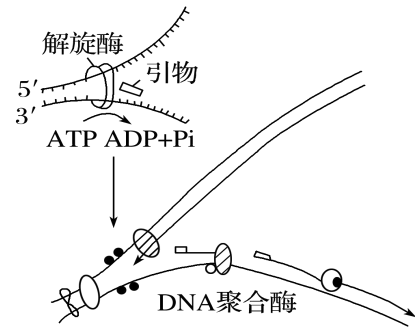
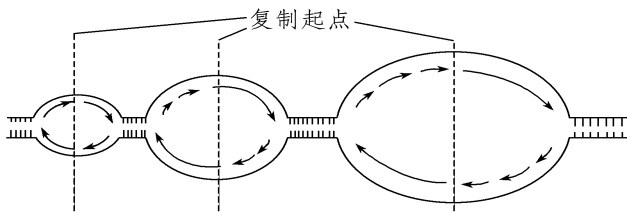


3. DNA 分子复制过程中相关计算规律

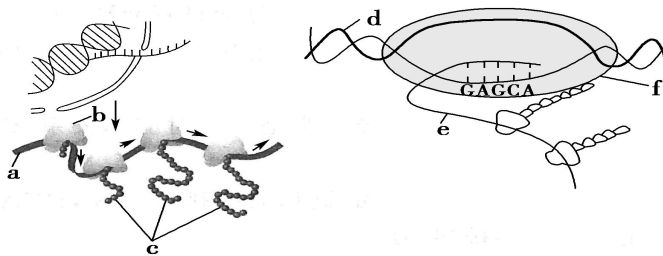
- (1) 1 个 DNA 分子复制 n 次, 可形成_____个子代 DNA 分子, 其中含最初母链的 DNA 分子占 DNA 分子总数的_____; 完全含最初母链的 DNA 分子数为_____; 含有的最初母链占 DNA 单链总数的_____。
- (2) 在 DNA 分子复制过程中, 若 DNA 分子含有某碱基 a 个, 则此 DNA 分子复制 n 次需要该碱基为_____个; 第 n 次复制需要该碱基_____个。
- (3) DNA 复制过程中其中一条链发生差错, 复制 n 代后, 含有突变基因的异常 DNA 分子占 DNA 总数的_____。

【审读能力提升】

1. 真核生物染色体上 DNA 分子复制过程示意图

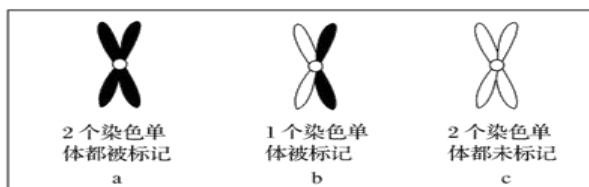


2. 基因表达的两种模式图



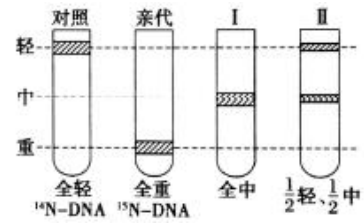
【典型例题训练】

11. 某大肠杆菌中只含 ^{31}P 的 DNA 的相对分子质量为 a , 只含 ^{32}P 的 DNA, 相对分子质量为 b 。现将只含 ^{32}P 的 DNA 大肠杆菌培养到只含 ^{31}P 的培养基中, 连续分裂 n 次, 则子代中 DNA 分子的平均相对分子质量为()
 A. $(a+b)/2$ B. $[(2^n - 1) \times a + b] / 2^n$ C. $[(2^n - 1) \times b + a] / 2^n$ D. $(2^n \times a + b) / 2^n + 1$
12. 将 DNA 分子双链用 ^3H 标记的蚕豆 ($2n=12$) 根尖移入普通培养液(不含放射性元素)中, 再让细胞连续进行有丝分裂。某普通培养液中的第三次有丝分裂中期, 根据图示, 判断该细胞中染色体的标记情况最可能是 ()



- A. 12 个 b B. 6 个 a, 6 个 b C. 6 个 b, 6 个 c D. $b+c=12$ 个, 但 b 和 c 数目不确定

13. 在氮源为 ^{14}N 或 ^{15}N 的培养基上生长的大肠杆菌，其 DNA 分子分别为 ^{14}N -DNA（相对分子质量为 a）或 ^{15}N -DNA（相对分子质量为 b）。将亲代大肠杆菌转移到含 ^{14}N 的培养基上，连续繁殖两代（I 和 II），用离心方法分离提取到的大肠杆菌的 DNA，得到的结果如图所示。下列对此实验的叙述错误的是（ ）

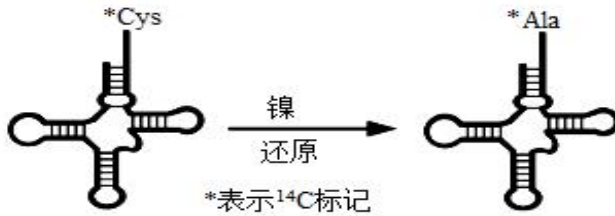


- A. I 代大肠杆菌 DNA 分子中一条链含 ^{14}N ，另一条链含 ^{15}N
- B. II 代大肠杆菌含 ^{15}N 的 DNA 分子占全部 DNA 分子的 1/4
- C. 预计 III 代大肠杆菌 DNA 分子的平均相对分子质量为 $7a+b/8$
- D. 上述实验的结果能证明 DNA 的复制方式为半保留复制

14. 一个 DNA 分子转录形成的 RNA 中，腺嘌呤与尿嘧啶之和占全部碱基总数的 42%。若该 DNA 分子其中一条链的胞嘧啶占该链碱基总数的 24%，胸腺嘧啶占 30%，则另一条链上，胞嘧啶、胸腺嘧啶分别占该链碱基总数的（ ）

- A. 34%、12% B. 21%、12% C. 30%、24% D. 58%、30%

15. 在体外用 ^{14}C 标记半胱氨酸-tRNA 复合物中的半胱氨酸 (Cys)，得到 $^*\text{Cys-tRNA}^{\text{Cys}}$ ，再用无机催化剂镍将其中的半胱氨酸还原成丙氨酸 (Ala)，得到 $^*\text{Ala-tRNA}^{\text{Cys}}$ （如图，tRNA 不变）。如果该 $^*\text{Ala-tRNA}^{\text{Cys}}$ 参与翻译过程，那么下列说法正确的是（ ）

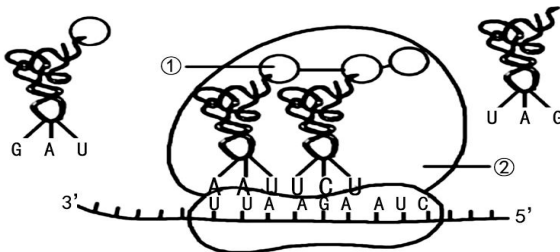


- A. 在一个 mRNA 分子上不可以同时合成多多被 ^{14}C 标记的肽链
- B. 反密码子与密码子的配对由 tRNA 上结合的氨基酸决定
- C. 新合成的肽链中，原来 Cys 的位置会被替换为 ^{14}C 标记的 Ala
- D. 新合成的肽链中，原来 Ala 的位置会被替换为 ^{14}C 标记的 Cys

16. 近来发现胰腺癌患者血液中有一种含量较多的特殊物质——一种名为 HSATII 的非编码 RNA（即不编码蛋白质的 RNA），这一特殊 RNA 可以作为胰腺癌的生物标记，用于胰腺癌的早期诊断。下列有关叙述正确的是（ ）

- A. 这种特殊的非编码 RNA 与 mRNA 彻底水解后，均可得到 6 种终产物
- B. 核膜上的核孔可以让蛋白质和此种特殊的 RNA 自由进出
- C. 作为胰腺癌生物标记的 RNA，其翻译成的蛋白质中一般含 20 种氨基酸
- D. 这种特殊的非编码 RNA 在胰腺癌患者细胞的细胞质内合成

17. 下图是真核细胞遗传信息表达中某过程的示意图。某些氨基酸的部分密码子（5'→3'）是：丝氨酸 UCU；亮氨酸 UUA、CUA；异亮氨酸 AUC、AUU；精氨酸 AGA。下列叙述正确的是（ ）



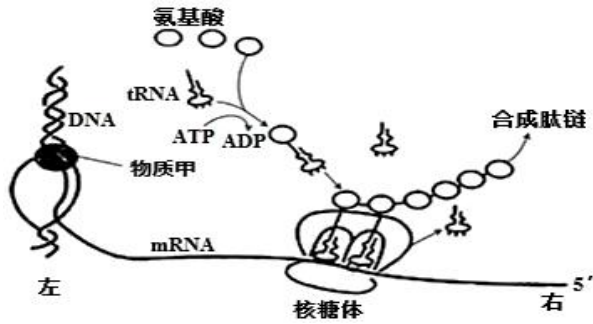
- A. 图中①为亮氨酸
- B. 图中结构②从右向左移动
- C. 该过程中没有氢键的形成和断裂
- D. 该过程可发生在线粒体基质和细胞核基质中

18. (多选) 将某精原细胞 ($2N=8$) 的 DNA 分子用 ^{15}N 标记后置于含 ^{14}N 的培养基中培养，经过连续两次细胞分裂后，检测子细胞中的情况，下列推断不正确的是（ ）

- A. 若进行有丝分裂，则含 ^{15}N 染色体的子细胞比例为 1/2
- B. 若进行减数分裂，则含 ^{15}N 染色体的子细胞比例为 1
- C. 若进行有丝分裂，则第二次分裂中期含 ^{14}N 的染色单体有 8 条

D. 若进行减数分裂，则减 I 中期含 ^{14}N 的染色单体有 8 条

19. (多选) 如图表示细胞内蛋白质的合成过程，叙述不正确的是 ()



- A. 图示中的物质甲为 DNA 解旋酶
- B. 一种细菌的 mRNA 由 480 个核苷酸组成，它所编码的蛋白质的长度可能大于 160 个氨基酸
- C. 氨基酸转运过程中有磷酸生成
- D. 核糖体沿着 mRNA 从左向右移动

20. 胆固醇是人体中的一种重要化合物，血浆中胆固醇的含量受 LDL (一种胆固醇含量为 45% 的脂蛋白) 的影响。下图表示细胞中胆固醇的来源，请分析回答下列问题：

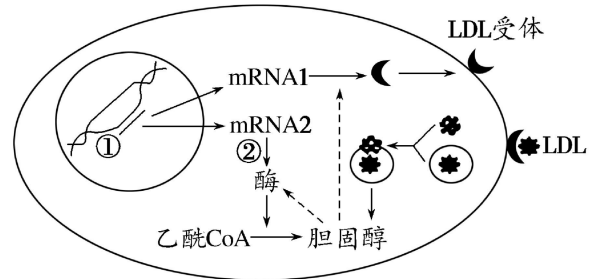
(1) 图中①过程为 _____，②过程所需的原料是 _____，参与②过程的 RNA 还有 _____。

(2) LDL 受体的化学本质是 _____，LDL 可以与细胞膜上的 LDL 受体结合，通过 _____ (方式) 进入细胞。

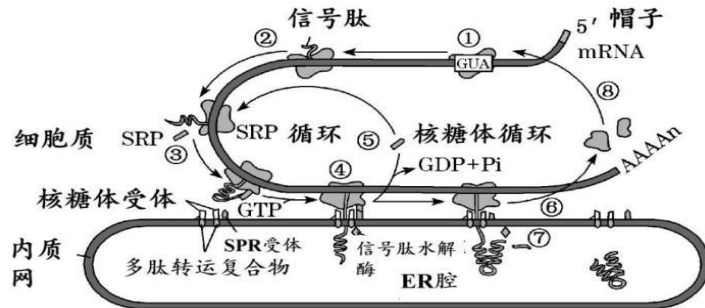
(3) 从图中可以看出，当细胞胆固醇含量较高时，它可以抑制相关酶的合成和活性，也可以抑制 _____ 的合成。由此可见，细胞对胆固醇的合成过程存在 _____ 调节机制。

(4) 脂蛋白是蛋白质和脂质的复合物，细胞中既能对蛋白质进行加工，又是脂质合成“车间”的是 _____。

(5) 当 LDL 受体出现遗传性缺陷时，会导致血浆中的胆固醇含量 _____。



21. 下图中①~⑧表示蛋白质合成并转运到内质网的过程，信号肽是能启动蛋白质转运的一段多肽，SRP 是信号肽识别粒子，它与信号肽结合后，再与内质网膜上的 SRP 受体结合，使得多肽分子进入内质网腔 (ER 腔) 内。请据图回答：



(1) 连接信号肽基本单位的化学键是 _____。已知控制信号肽的基因是含有 100 个碱基的某 DNA 片段，该 DNA 片段中碱基间的氢键共有 130 个，则该 DNA 片段中共有腺嘌呤 _____ 个，C 和 G 共有 _____ 对。

(2) 图中所涉及的过程在基因表达中称为 _____，完成这一生理过程除需要图中所示物质或结构外，还需要 _____ (至少两点)。

(3) 由图可知，核糖体中合成的肽链经内质网加工后其长度 _____ (填“变长”、“不变”或“变短”)。

(4) 若图中所示多肽是抗体的组分，在内质网腔中经初步加工的具有一定空间结构的多肽转运出细胞的途径是 _____ (用文字和箭头表示)。

(5) 若该信号肽基因中有一段碱基序列为 AATCGTACTTTA，则以该链为模板转录出的 mRNA 控制合成肽链的氨基酸顺序为：_____。(用标号表示) (密码子：① AUU—天冬氨酸、② ACU—苏氨酸、③ CGU—精氨酸、④ GCA—丙氨酸、⑤ UUA—亮氨酸、⑥ UGA—终止密码子)