# حل تقاويم الوحدة الخامسة: البناء الضوئي

## اختيار من متعدِّد

1. أيّ مما يأتي كائنات ذاتية التغذية؟ قد تكون أكثر من إجابة صحيحة.
   a. البكتيريا الخضراء المزرقّة.
   b. الأعشاب البحرية.
   d. قصب السكّر.
2. مركّبات الكربون التي تستخدمها النباتات لتخزين الطاقة الطويل الأمد، هي:
   d. النشا
3. تحتاج عملية البناء الضَّوئي، فضلًا عن الضوء وجُزيئات الصبغات، إلى:
   d. الماء وثاني أكسيد الكربون.
4. نواتج التفاعلات اللاضوئية، هي:
   b. $NADP^+$ و PGAL.
5. أيّ العبارات الآتية تصف بالشكل الأفضل الصبغات الموجودة في نباتات اليابسة:
   b. تحتوي نباتات اليابسة على صبغات عدة، بعضها للبناء الضَّوئي.
6. أيّ العبارات الآتية صحيحة عن البلاستيدات الخضراء والميتوكندريا؟
   d. كلّ ما ذكر.
7. لماذا تختفي ألوان الضوء كلما انتقلت مسافة أكبر في الماء الصافي؟
   d. يشتّت الماء الضوء، ثم يمتص طاقة ألوانه جميعها كلما ازداد العمق.
8. لون الضوء الأقلّ فائدة لعملية البناء الضَّوئي، هو:
   c. الأخضر
9. أيّ العبارات الآتية ليست صحيحة عن **الشكل 5-29**؟
   c. يوجد هذا التركيب في الميتوكندريا ولا يوجد في البلاستيدات الخضراء.
10. أيّ ممّا يأتي هو الخطوة الأولى في عملية البناء الضَّوئي؟
    d. امتصاص الصبغات للضوء.
11. لا يستخدم البناء الضَّوئي الأشعة تحت الحمراء لأنها:
    b. ذات طاقة قليلة جدًا.
12. تثبيت الكربون هو:
    a. تحويل $CO_2$ إلى مُركّب عضوي.

13. أيّ مما يأتي ليس موجودًا في النظام الضَّوئي لدى نباتات اليابسة؟
**b. ATP**

14. أيّ من عمليات التنفُّس الخلوي الآتية هي الأكثر شبهًا بالفسفرة الضَّوئية؟
**c. الأسموزية الكيميائية.**

15. أيّ الموادّ الآتية لا تنتج من التفاعلات اللاضوئية؟
**a. الماء**

16. أيّ الموادّ الآتية تحفّز تثبيت الكربون في دورة كالفن؟
**d. RuBisCO**

## أسئلة الإجابات القصيرة

### الدرس 5-1 تركيب البلاستيدة الخضراء ووظيفتها

*17. لماذا تعتمد الحياة كلّها في نهاية المطاف على ضوء الشمس، والطاقة التي تثبّتها الكائنات الذاتية التغذية في مركّبات الكربون؟ وضّح ذلك بفقرة مستشهداً فيها بأمثلة من هذه الوحدة، أو وحدة سابقة.

**تُقبل الإجابات الصحيحة جميعها. يجب أن تكون الإجابات على شكل فقرة يُستشهَد فيها بأمثلة من هذه الوحدة أو من وحدات أخرى.**

**من الأمثلة على هذه الإجابات: تستخدم جميع الكائنات ذاتية التغذية طاقة الشمس التي تلتقطها عن طريق الصبغات التي تحتوي عليها. تستخدم نباتات اليابسة الطاقة في عملية البناء الضَّوئي. يُثبّت ثاني أكسيد الكربون في أثناء دورة كالفن باستخدام إنزيم RuBisCO الذي يحفّز التفاعلات، وينتج منها بناء مركّب PGAL الذي يحتوي على 3 ذرّات كربون، والذي يتحوّلُ بدوره إلى جلوكوز يتم تخزينه. يُطرح أيضًا الأكسجين إلى الغلاف الجويّ فيتجدّد الأكسجين. عندما نأكل النباتات، فإننا نستخدم السكّريات المخزّنة فيها للحصول على الطاقة اللازمة لعملية التنفّس الخلوي. ولا يمكننا العيش من دون النباتات، لأننا لا نستطيع إنتاج الجلوكوز أو الأكسجين طبيعيًّا.**

*18. اذكر ثلاثة أوجه شبه وثلاثة أوجه اختلاف بين البلاستيدات الخضراء والميتوكندريا.

أوجه الشبه: كلٌّ منهما عضيات تحتوي على غشاءين بلازميّن. وكلٌّ منهما لديه حمض نووي DNA خاصّ به مستقل عن النواة يمكنه استخدام الرايبوسومات لتصنيع البروتينات. وكلٌّ منهما يستخدم جزيئات ATP سينثيز لتجديد ATP في أثناء الفسفرة.

أوجه الاختلاف: تلتقط البلاستيدات الخضراء ضوء الشمس في أثناء عملية الفسفرة الضَّوئية لإثارة الإلكترونات، وتنقل هذه الطاقة بين جُزيئات الكلوروفيل. المستقبل الأخير للإلكترون في عملية البناء الضَّوئي، هو NADPH، أمّا المستقبل الأخير للإلكترون في الفسفرة التأكسدية التي تحدث في الميتوكندريا، فهو $O_2$. ينتج من دورة كربس غاز $CO_2$ الذي تحتاج إليه دورة كالفن. تحدث عملية التنفُّس الخلوي في الميتوكندريا، وهي عملية هدم يتم فيها تحطيم مركّبات الكربون الكبيرة، أمّا عملية البناء الضَّوئي فتحدث في البلاستيدات، وهي عملية بناء يتم فيها بناء مركّبات الكربون المُستخدمة في عملية التنفُّس.

19. ما العلاقة بين مصطلحَي «الصبغة» و«الكلوروفيل»؟

الكلوروفيل مجموعة من الصبغات الخضراء، وهي مركّب كيميائي يلتقط الطاقة، ويمتص الضوء الأحمر والأزرق، ويعكس الضوء الأخضر.

**20. يبيّن الشكل 5-30 امتصاص صبغتي كلوروفيل صناعيتين مفترضتين للضوء.

a. أيّهما تمتص طاقة أكبر من الضوء؟ وضّح إجابتك.

تمتص الصبغة (b) طاقة أكبر؛ لأن المساحة تحت المنحنى الخاص بها أكبر.

b. صف لون أوراق النبات التي تستخدم هذا الكلوروفيل.

النباتات التي تحوي الصبغة (b) فقط تمتص ألوان الضوء: الأصفر، والبرتقالي، والأحمر، وبذلك فإنها تعكس الألوان: البنفسجي والأزرق والأخضر.

c. برأيك، كيف يحافظ نباتٌ يعيش في صحراء حارّة ويتضمَّن كلا a و b، على حياته.

تمتص النباتات التي تحوي (a) و(b) معًا الضوء بألوان الطيف جميعها تقريبًا. ومن المرجّح أن ترتفع درجة حرارتها في الصحراء؛ ولذا، فإنها لن تعيش.

**21. اذكر لون الضوء الذي سينعكس بفعل كل صبغة من الصبغات أدناه:

أعط مثالًا على كائن حي ذاتي التغذية يستخدمها، ثم وضح وظيفتها. يمكنك الرجوع إلى الإنترنت للمساعدة مع توثيق مصادر المعلومات التي تحصل عليها.

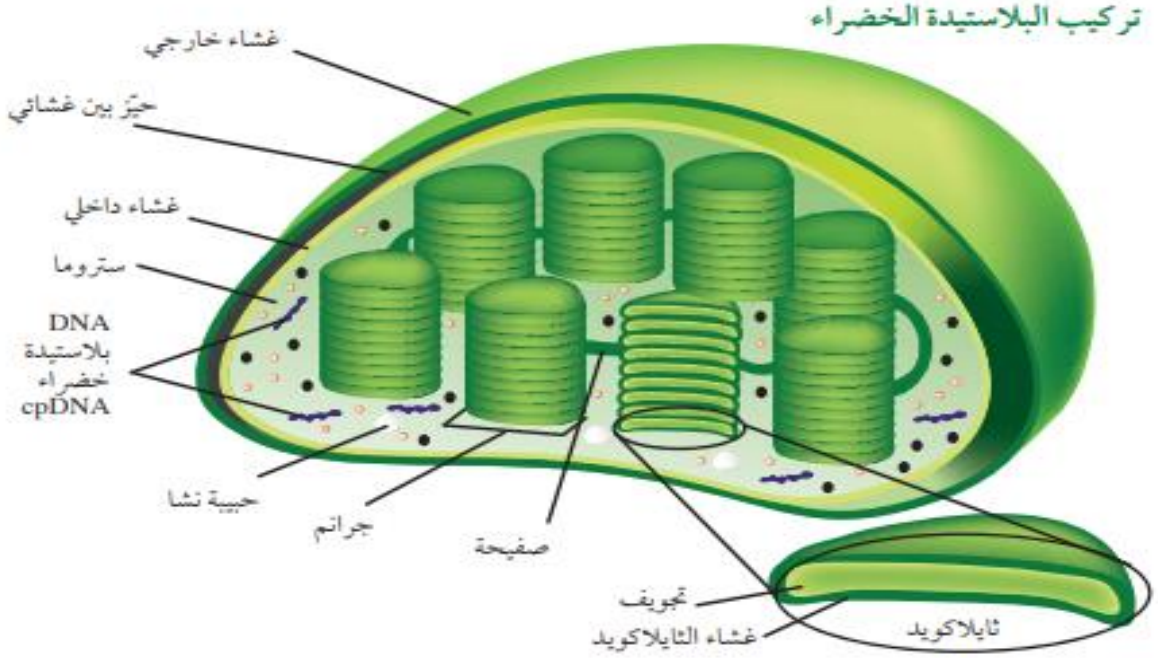
a. الفوكوزانثين: صبغات الكاروتينويدات التي تطوّرت في الطحالب البنيّة، مثل الكِلب (kelp) والأعشاب البحرية. وهي تمتص في البيئة البحرية الضوء بالطول الموجي (500-580 nm).

**b.** البيتا كاروتين: صبغة كاروتينويد في النباتات تحمي الكلوروفيل، وهي مصدر فيتامين (أ) للحيوانات. إن لون الجزر البرّي عادة أبيض، أمّا لونه البرتقالي فإنه ينتج من طفرة في أكثر الأحيان. لا يحدث بناء ضوئي في جذور الجزر.

**c.** الكلوروفيل ج: كلوروفيل في الطحالب البحرية البُنيّة، ومنها الدياتومات. وهي صبغة إضافية (غير رئيسة) توسّع نطاق أطوال موجات الضوء التي يمكن استخدامها في البناء الضَّوئي.

**d.** اللوتيين: زانثوفيل توجد في السبانخ، والملفوف، والأفوكادو. وهي مضادات أكسدة في النباتات تقلّل من الآثار الضارّة لضوء الشمس، وتسهم في صحة العين عندما يتناولها الإنسان.

تركيب البلاستيدة الخضراء




**22.** ارسم بلاستيدة خضراء، وعيّن عليها الأجزاء جميعها. تأكّد من تضمين الرسم كل الأجزاء.

## الدرس 5-2 البناء الضَّوئي

**23.** ناقش كيف يؤثّر كلّ من المتغيّرات الآتية في معدّل البناء الضَّوئي لنبات يعيش على اليابسة، موضّحاً أيّ مراحل البناء الضَّوئي ستتأثر.

**a.** لون الضوء.

مقدار الطاقة المُمتَصّة. وهو يؤثر في التفاعلات المعتمدة على الضوء.

**b.** كمية ثاني أكسيد الكربون المتوافرة.
إذا قلّت كمية $CO_2$ فإن دورة كالفن ستتأثر، وتصبح عملية إنتاج **PGAL** أبطأ.

**c.** عدد ساعات ضوء الشمس.
تقليل عدد ساعات النهار يؤدي إلى إبطاء عملية البناء الضَّوئي.

**d.** كمية الماء المتوافرة.
عدم توافر الماء بكمية مناسبة يبطّئ التفاعلات الضَّوئية المعتمدة على الضوء، ذلك أن الماء يجب أن يتجزأ لتوفير الإلكترونات اللازمة لاختزال **NADP** وأيونات $H^+$ (البروتونات) لبناء **ATP**.

**e.** مساحة سطح الورقة.
إن زيادة مساحة السطح تزيد كلًّا من: تبادل الغازات والأشعة الضَّوئية التي تمتصها صبغة الكلوروفيل. وبذلك يزداد حدوث التفاعلات المعتمدة على الضوء والتفاعلات غير المعتمدة على الضوء.

**24.** هل تتم عملية البناء الضَّوئي فقط في أوراق النبات؟ دعّم إجابتك بأمثلة.
لا، فكل جزء أخضر من أجزاء النبات يحتوي على الكلوروفيل يستطيع امتصاص الضوء اللازم لعملية البناء الضَّوئي، مثلًا: السيقان الخضراء والشتلات.

***25.** في أيّ مرحلة من البناء الضَّوئي يتم إطلاق الأكسجين؟ وكيف يخرج من النبات؟
يتم إطلاق $O_2$ عند تحلّل الماء في التفاعلات المعتمدة على الضوء. ينتشر الأكسجين إلى خارج البلاستيدة الخضراء، لينطلق عبر الثغور، وهي فتحات على أسطح الورقة إلى خارج النبات.

***26.** اذكر فائدة كل مكوّن من مكوّنات معقّد النظام الضَّوئي الآتية:

**a.** جُزيء الصبغة.
تعمل الصبغات على التقاط الطاقة ونقل الإلكترونات.

**b.** معقَّد مركز التفاعل.
يسحب الإلكترونات من جزيئات الماء وينقلها إلى جزيء مستقبل يحتوي على **Fe** و **S**.

**c.** معقَّد المستقبِل الضَّوئي.
تحتوي المعقّدات على (40-100) جزيء كلوروفيل تلتقط ضوء الشمس، وتنقل الطاقة على شكل إلكترونات إلى مركز التفاعل.

**d.** مُستقبل Fe/S.
يعمل كمستقبل للإلكترونات من جزيء كلوروفيل.

27*. أيّ من أحداث البناء الضَّوئي يتمّ في كل من أجزاء البلاستيدة الخضراء الآتية؟

a. الستروما: موقع كيمياء الكربون من دورة كالفن؛ إذ يثبّت RuBisCO ثاني أكسيد الكربون ليُكوّن PGA و إلى PGAL الذي يخرج من الدورة، ويُستَخدم في تصنيع الجلوكوز.

b. غشاء الثايلاكويد: موقع حدوث التفاعلات المعتمدة على الضوء، حيث يتجزّأ الماء لتحرير الأكسجين.

c. تجويف الثايلاكويد: يراكم أيونات الهيدروجين لتكوين منحدر بروتونات.

28**. هل يستطيع نبات ما استخدام السكَّر الذي ينتج من دورة كالفن في عملية التنفُّس الخلوي؟ لماذا؟

لا، من الناحية التقنية؛ لأن PGAL مركّب يحتوي على 3 ذرات كربون. ولابدّ من أن يتحول إلى جلوكوز ذائب لكي يتحرّك داخل النبات وفي الميتوكندريا، أو ليتحوّل إلى نشا للتخزين.

29**. وضّح لماذا لا تكون المعادلة الموجزة لعملية البناء الضَّوئي مستمدة من الجمع بين الموادّ المتفاعلة، والموادّ الناتجة من التفاعلات المعتمدة على الضوء، والتفاعلات التي لا تعتمد على الضوء؟

هناك إجابات متعدّدة لهذا السؤال تعتمد على فهم الطالب للكيمياء.

يمكن للنباتات أن يحدث فيها فسفرة حلقية أو فسفرة لا حلقية، وبذلك تتغيّر كمية NADPH التي تغذّي دورة كالفن؛ بسبب الأكسجين الناتج من تجزئة الماء، فإن 6 جزيئات أكسجين (12 ذرة أكسجين) يمكن أن تَنتج فقط إذا وُجد 12 جزيئًا من الماء. ويمكن لإنزيم ATP سينثيز أن يُنتج عددًا مختلفًا من ATP باختلاف النوع (نوع الكائن) في أثناء التفاعلات المعتمدة على الضوء.

لماذا يهتم الباحثون بإجراء دراسات لمعرفة المزيد عن أيض النباتات C4؟

يُجبر التغيُّر المُناخي أنماط الطقس والهطول على التغيُّر. ولن تنمو المحاصيل التي تنمو في الغالب في ظروف معيّنة، أو في أماكن معيّنة. يمكننا باستخدام هندسة الجينات في النباتات استخدام مسار C4 لضمان الاستدامة في توفير مصادر الغذاء.

# حل تقاويم الوحدة السادسة: الأحماض النووية والوراثة

## تقويم الوحدة

### تحضير للاختبار

1. ما الجُزيئان المتعاقبان اللذان يكوّنان جانبي سلّم DNA؟
   c. سكّر وفوسفات.
2. ما الاختلاف الرئيس بين RNA و DNA؟
   c. RNA يحتوي على اليوراسيل بدلا من الثايمين.
3. ما أهمّية ترتيب أزواج القواعد على امتداد DNA ؟
   c. DNA يخزّن شيفرة لنموّ الخليّة، وإصلاحها، وتكاثرها.
4. أي ممّا يأتي صحيح عن سلسلتي DNA في نهاية تضاعُف DNA؟
   c. متماثلتان.
5. ما الخطوة الأولى في تضاعف DNA؟
   c. الانفكاك بفعل DNA هليكيز.
6. ما القواعد الأربع في RNA؟
   b. AGUC
7. ماذا يحدث إذا فَقَدَتِ الخلايا الرايبوسومات؟
   b. لا يمكن تجميع البروتينات.
8. في أثناء بناء البروتين، من المسؤول عن حمل المعلومات إلى خارج النواة؟
   d. mRNA
9. ما أهمية ترتيب أزواج القواعد على امتداد الجين؟
   c. تسلسل أزواج القواعد يحدد تسلسل الأحماض الأمينية في البروتين.
10. أي ممّا يأتي غير صحيح عن الطفرة؟
    b. تُلْحِقُ ضررًا بالكائن الحيّ دائمًا.
11. بأية عملية يتركب RNA بناءً على DNA؟
    b. النسخ
12. تحتوي خليّة دم حمراء طبيعية على تسلسل القواعد ACTCCTGAAGAA. بعد تكاثر لاجنسيّ، تحتوي الخليّة الجديدة على تسلسل القواعد التي تقرأ ACTCCTGATGAA. ما حالة الخليّة الناتجة؟
    b. لم تتأثر بالتغير

13. ما الاختلال الناتج من زيادة كروموسوم إلى الزوج الكروموسوميّ رقم 21؟
d. متلازمة داون.

14. ما تسلسل mRNA الذي يُنسخ إليه تسلسل ACT في DNA؟
c. UGA

## أسئلة الإجابات القصيرة

### الدرس 6-1 تركيب DNA ووظيفته

15. تحتوي السلسلة القالب في قطعة من DNA على القواعد النيتروجينيّة بالترتيب الآتي:
3' ATCGGTTCCAGA 5'

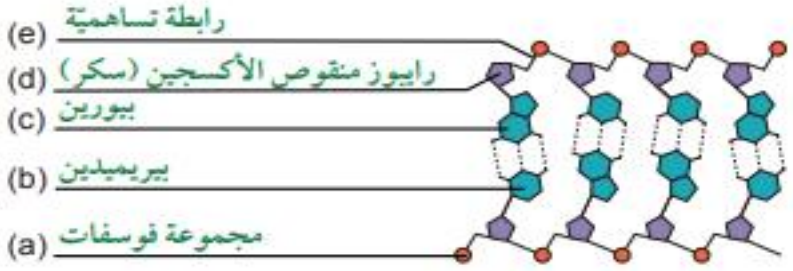
a. كيف تعرف أنّ تلك القطعة لا يمكن أن تكون سلسلة RNA؟
يحتوي RNA على القاعدة النيتروجينية اليوراسيل بدلًا من الثايمين.

b. ما ترتيب أزواج القواعد على الجانب الآخر من سُلّم DNA؟
5' TAG CCA AGG TCT 3'

16. كشف تحليل كيميائي أن عيّنة DNA تحتوي على 19 % ثايمين بوحدة المول. طبّق قواعد تشارغاف. ما النسب المئوية للقواعد الأخرى؟

a. 19% أدينين
b. 31% سايتوسين
c. 31% جوانين

17. حدّد اسم كلّ تركيب مؤشّر عليه بحرف في الشكل أدناه.



18. ميّز بين النهايتين '3، و '5 في جُزيء DNA. حدّد ثلاثة أماكن يكون فيها اتّجاه تحرّك السلسلة مهمًّا في تضاعُف DNA.

سلسلة DNA '3 تبدأ بـ -OH. سلسلة DNA '5 تبدأ بمجموعة حمض الفوسفوريك. الإنزيمات DNA بوليمريز، وRNA ترانسكريبتيز، وDNA ليغيز، جميعها تعمل في اتّجاه مفضّل في ما يتعلّق بالنّهايتين '3 و '5 في تركيب DNA.

19. اذكر وظيفة كلّ إنزيم أدناه في تضاعف DNA:

a. DNA بوليمريز.

يُنتج DNA بوليمريز سلسلتين مزدوجتين من DNA جديدتين من خلال تجميع قواعد متممة على سلسلة مفردة تمّ فصلها.

b. DNA هليكيز.

يفصل DNA هليكيز بين سلسلتي جزيء الـ DNA عن طريق كسر الروابط الهيدروجينية بين أزواج القواعد.

c. DNA ليغيز.

يربط DNA ليغيز قسمين من DNA، تم تضاعفهما على نحو منفصل.

## الدرس 6-2 RNA وبناء البروتين

20. عرّف المصطلحات أدناه في سياق DNA وRNA:

a. النسخ.

النّسخ هو نسخ الشّيفرة الوراثيّة من DNA إلى RNA.

b. الترجمة.

التّرجمة هي استخدام تسلسل أزواج القواعد في RNA لبناء بروتين من الأحماض الأمينيّة.

c. الكودون.

الكودون عبارة عن سلسلة من ثلاث قواعد في RNA.

21. حدّد ثلاثة أحماض أمينيّة يشفّر للواحد منها بأربعة كودونات مختلفة.

لوسين،سرين،فالين، ألانين، ثريونين، برولين، آرجنين، وجلايسين، وجميعها يُشفّر لها بأربعة كودونات.

22. ما تفسير الكودون UAG؟

كودون للتوقف

## تقويم الوحدة

**23.** لماذا يستطيع mRNA مغادرة النواة، في حين لا يستطيع DNA ذلك؟

**لأنّ mRNA جزيء أصغر كثيرًا.**

**24.** كيف تشبه وظيفة rRNA عمل الإنزيم في بناء البروتين؟

**يعمل rRNA على وضع كلّ من tRNA والأحماض الأمينيّة في الاتّجاه الصّحيح لتكوين رابطة ببتيدية.**

**25.** ما عدد سلاسل mRNA المحتملة لسلسلة الأحماض الأمينيّة Leu-Gly-Ala-Lys-Glu؟

| حمض الجلوتاميك | لايسين | آلانين | لوسين | جلايسين |
|---|---|---|---|---|
| GAA | AAA | GCU GCA | GGU GGA | UUA CUC |
| GAG | AAG | GCC GCG | GGC GGG | UUG CUA |
| | | | | CUU CUG |

**العدد: $6 \times 4 \times 4 \times 2 \times 2 = 384$**

**26.** السلسلة القالب لقطعة DNA تحتوي على أزواج قواعد بالترتيب الآتي:

3' TACAGGTGTACT 5'

**a.** اكتب السلسلة القالب في mRNA مع مسافات لتشير إلى الكودونات.

**5' AUG UCC ACA UGA 3'**

**b.** ما اسم أول حَمض أمينيّ في التسلسل؟ وما أهميّته؟

**AUG هو كودون بداية، وهو كودون للميثيونين أيضًا.**

**c.** ما اسم آخر حَمض أمينيّ في التسلسل؟ وما أهميّته؟

**UGA، وهو كودون للتّوقّف.**

**d.** ترجم السلسلة القالب، وبيّن كلَّ كودون مضاد.

**UAC AGG UGU ACU'**

**e.** اكتب تسلسل الأحماض الأمينيّة التي ستنتج.

**توقف – ثريونين – سرين – (بداية) مثيونين.**

## الدرس 6-3 الطفرات

**27.** ما الفرق بين الطفرة والمرض الوراثيّ؟

**الطّفرة هي أيّ تغيير في تسلسل DNA، أمّا المرض الوراثيّ، فهو نتيجة محتملة لتغيير في الشيفرة، ما يؤدي إلى الإصابة بالمرض.**

28. صِفْ كلّ نوع من أنواع الطفرات الجينيّة الرّئيسة الثلاث، وأعطِ مثالًا مستخدمًا تسلسل CGACGACGA في DNA.

يجب أن تُظهر طفرات الاستبدال قاعدة واحدة في الشيفرة تمّ تغييرها إلى قاعدة أخرى.

**CCACGACGA**

سيكون تسلسل طفرة الحذف أقصر بقاعدة واحدة في أيّ مكان.

**CGACGACG**

سيكون تسلسل طفرة الإضافة أطول بقاعدة واحدة في أيّ مكان.

**CGACGACGAT**

29. صِفْ ثلاثة عوامل بيئيّة يمكن أن تسبّب طفرات.

تتضمّن عيّنة الإجابات الآتي: الأشعّة فوق البنفسجيّة (UV)، والأشعّة السّينيّة وأشعّة جاما، وهي أطوال موجيّة للضّوء، يمكن أن تؤثّر في الإلكترونات في مجموعات وظيفيّة فاعلة على جزيئات DNA. الموادّ الكيميائيّة السّامّة يمكن أن تتفاعل مع DNA مسبّبة تكوّن الطّفرات.

30. لماذا تُعَدُّ طفرات الحذف والإضافة أكثر أهميّة من طفرات الاستبدال؟

طفرات الحذف والأضافة تؤثر على كامل إطار القراءة وبالتالي تغير جميع الكودونات بعد نقطة الطفرة، أما طفرة الاستبدال فتؤثر فقط في الكودون الذي تحصل فيه الطفرة. وكذلك طفرة الاستبدال قد تغير الكودون من غير أن يتغير الحمض الأميني لذلك تعتبر أقل خطورة من طفرتي الاستبدال والإضافة.

31. ابحثْ، وَسَمِّ مرضَيْن تسبِّبهما طفرات جينيّة لم تُذكر في هذه الوحدة. اذكر اسم الجين المتأثّر.

ستختلف الإجابات، لكن يجب أن لا تتضمن الأمراض المذكورة في الدّرس: السّرطان، وسرطان الخلايا القاعديّة، والبهاق، والخلايا المنجليّة، ومتلازمة داون.

32. ما العلاقة بين DNA والكروموسومات؟

DNA هو الجزيء الذي يتمّ لفّه حول بروتينات الهيستون لتشكيل التّركيب المرئيّ الّذي نسمّيه كروموسومًا.

33. قد تؤثّر الطفرة الكروموسوميّة في أكثر من زوج واحد من القواعد على DNA، علّل ذلك.

يمكن أن تؤثّر الطّفرة الكروموسوميّة، كالانقلاب أوالانتقال أو الحذف أو التضاعف، في جزء من الكروموسوم يحتوي على كثير من أزواج القواعد.

**34.** افترض أنّ طفرة كروموسوميّة تؤثّر في 10% من الجاميتات في شخص ما. هل يعني هذا أنّ ابنه سيرث الطفرة؟ اشرح، سواء أكان الجواب بالنفي أم بالإيجاب.

**98% من أزواج القواعد في البشر لا تُستخدم. ويعتمد ذلك على وجود 10 % في مكان واحد على كروموسوم واحد، وقد يرث الطفل هذه الطفرة باحتمال 10 %.**

**35.** لماذا يُحتمل أن تكون طفرة الخليّة الجسميّة أقلّ خطورة من الطفرة خلال الانقسام الاختزاليّ؟

**الخلايا الجسميّة هي خلايا جسديّة يمكنها أن تضاعف الخطأ، لكنّها لا تُوَرَّثُ من جيل إلى آخر. وغالبًا ما يتمّ إصلاح كثير من الأخطاء في الخلايا الجسميّة.**