# ملخص شامل وملم على الوحدة الأولى

| تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج العمانية | |
|---|---|
| موقع فايلاتي ⇦ المناهج العمانية ⇦ الصف الثاني عشر ⇦ أحياء ⇦ الفصل الأول ⇦ ملفات متنوعة ⇦ الملف | |
| تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 27-10-2025 22:45:30 | |
| المزيد من مادة أحياء: | ملفات ا كتب للمعلم ا كتب للطالب ا اختبارات الكترونية ا اختبارات ا حلول ا عروض بوربوينت ا أوراق عمل منهج انجليزي ا ملخصات وتقارير ا مذكرات وبنوك ا الامتحان النهائي ا للمدرس |
| | إعداد: عبدالله سالم |

| التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| صفحة المناهج العمانية على فيسبوك | | | | | |


| المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر والمادة أحياء في الفصل الأول | |
|---|---|
| مراجعة الوحدة الخامسة التحكم والتنسيق بطريقة الأسئلة والأجوبة وفق منهج كامبريدج | 1 |
| امتحان دبلوم التعليم العام الدور الثاني مع نموذج الإجابة | 2 |
| امتحان دبلوم التعليم العام الدور الأول مع نموذج الإجابة | 3 |
| مراجعة شاملة للاختبار القصير الأول في الوحدة الأولى | 4 |
| اختبار قصير أول في الوحدة الأولى الأحماض النووية وتخليق البروتين | 5 |

# أحياء

## الصف الثاني عشر

الفصل الدراسي الأول

# الوحدة الأولى

PAGE 1
DATE

# * تلخيص مادة الأحياء *

## الوحدة الأولى : الدرس ١ :-

١- خصائص المادة الحية في الكائنات الحية : ١- القدرة على تخزين المعلومات ← هي مجموعة التعليمات التي تتحكم في سلوك الخلايا
٢- القدرة على نسخ نفسها بدقة ← لأنه سيتم توريثه فيجب أن يكون متشابه قبل الانقسام

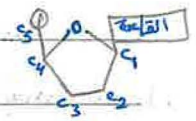
٢- الأحماض النووية [سموا بذلك لأنه تم العثور عليهم في النواة] : ١- DNA ← الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين
٢- RNA ← " " الريبوزي .

٣- الأحماض النووية : هي جزيئات كبيرة [بوليمرات] مثل البروتينات تتكون من وحدات متغيرة تسمى مونيمرات وهي [النيوكليوتيدات]
إذا فالأحماض النووية هي [عديدة النيوكليوتيدات] ← هو مرتبط من النيوكليوتيدات المرتبطة ببروابط فوسفاتية ثنائية الاستر

٤- النيوكليوتيدة : تتكون من : ١- قاعدة نيتروجينية ٢- سكر خماسي ٣- مجموعة فوسفات [P]

القاعدة النيتروجينية : هناك ٤ قواعد مختلفة : ١- DNA : أدينين A - سيتوسين C - جوانين G - ثايمين T
ترتبط بالسكر الخماسي عند ذرة الكربون رقم ١
٢- RNA : أدينين A - سيتوسين C - جوانين G - يوراسيل U

أنواع القواعد النيتروجينية : ١- بيورينات [A-G] : تحتوي على حلقتين في هيكلها [خماسية - سداسية]
٢- بيريميدينات [U-T-C] : " " حلقة واحدة في هيكلها [سداسية]

٢- السكر الخماسي : يسمى السكريات التي تحتوي على ٥ ذرات كربون بالسكريات الخماسية [البنتوز]
لهما نوعان في الأحماض النووية : الريبوزي ← RNA ، الريبوزي منقوص الأكسجين ← DNA


الريبوزي منقوص الأكسجين هو نفسه الريبوزي ولكن تم إزالة ذرة أكسجين من ذرة الكربون الثانية ٢

٣- مجموعة الفوسفات : ترتبط بالسكر الخماسي عند ذرة الكربون رقم ٥ وهي التي تعطي الأحماض النووية طبيعتها الحمضية .

٥- تركيب ATP : ١- قاعدة نيتروجينية [الأدينين A] + سكر خماسي الريبوز = أدينوسين
٢- مجموعة فوسفات

يمكن دمج الأدينوسين مع : مجموعة فوسفات واحدة [AMP] ← أدينوسين أحادي الفوسفات
يتم الدمج مع الفوسفات عن طريق تفاعل تكثيف : مجموعتين من الفوسفات [ADP] ← " ثنائي
" ثلاث مجموعات من الفوسفات [ATP] ← " ثلاثي

ملحوظات : ١- لا تخلط بين الأدين والأدينوسين فالأدنين قاعدة نيتروجينية أما الأدينوسين هو أدنين + سكر
٢- لا تخلط بين الثايمين والثيامين فالثايمين هو قاعدة نيتروجينية أما الثيامين هو فيتامين

٦- ثنائي النيوكليوتيد وعديد النيوكليوتيد : يمكن أن يرتبط نيوكليوتيدان معاً بواسطة تفاعل تكثيف مثل التفاعل المستخدم لربط حمضين أمينيين معاً
إذا ارتبط نيوكليوتيدان معاً فإنهما يشتركان في رابطة تسمى "رابطة فوسفاتية ثنائية الإستر". وسميت بذلك لأنها تتكون من رابطتين إستر مرتبطان بمجموعة فوسفات في الوسط . ملحوظة : ترتبط النيوكليوتيدات مع بعضها عن طريق ذرة الكربون رقم ٣ مع مجموعة الفوسفات لهما الطرف الآخر ذرة الكربون ٥

Nawar

PAGE
DATE

- إذا تم تكرار هذه العملية أكثر من مرة أو عدة ملايين من المرات سوف يتكون عديد النيوكليوتيد [الحمض النووي]
- عديد النيوكليوتيد ، يكون له شكل طويل ، غير متفرع ، يمثل العمود الفقري ، تبرز منه القواعد النيتروجينية من اليمين عمودية على
٧- تركيب DNA : في خمسينيات القرن الماضي لم يتبين كيف يستطيع DNA تخزين المعلومات أو نسخ نفسه بل كان معروفاً فقط هو تركيب عديد النوكليوتيد
- عام ١٩٥٣ ، توصل العالمان واطسون وكريك إلى تكوين نموذج ثلاثي الأبعاد لجزيء DNA إعتماداً على هذه الأدلة
- على البيانات التي إستطاعوها من صور حيود الأشعة السينية لجزيء DNA التي التقطتها العالمة روزاليند فرانكلين
- التي أقترحت تركيباً أولياً لجزيء DNA .
- وبالتالي كون واتسون وكريك نموذج DNA على شكل لولب مزدوج ، مُثل شريطان من عديد النيوكليوتيد يمتدان
- في إتجاهين متعاكسين ، تربط بينهم روابط هيدروجينية بين القواعد .
- يمتد شريط عديد النيوكليوتيد في إتجاهين متعاكسين الأول 5' → 3' والثاني 3' → 5' وهذا يعبر عن نهاية الشريط
- 5' تعني أن النهاية تكون بمجموعة فوسفات و 3' تعني أن النهاية تكون بذرة الكربون رقم 3 في السكر الخماسي .
- خصائص جزيء DNA :-
١- يتكون من سلاسل عديد نيوكليوتيد ٢- كل شريط هو لولب يمين يلتف بإتجاه عقارب الساعة .
٣- يلتف الشريطان أحدهما حول الآخر ليشكلا لولب مزدوج . ٤- الشريطان متوازيان ومتعاكسان في الإتجاه .
٥- كل شريط عمود فقري من سكر-فوسفات تبرز منه قاعدة نيتروجينية بإتجاه قائمة .
٦- تنجذب القواعد في الشريط الواحد إلى القواعد في الشريط الآخر بواسطة روابط هيدروجينية ، لكي يبقى الشريطان معاً
٧- يسبب ارتباط الشريطين معاً ، يرتبط A → U أو T ، C → G وهذا يسمى بإزدواج القواعد المكملة .
٨- ترتبط A → T برابطة هيدروجينية ، C → G برابطة هيدروجينية ٩- يرتبط البيورينات دائماً مع البيريميدينات .
١٠- تكون البيورينات بعرض حلقتين والبيريميدينات بعرض حلقة واحدة ، لذلك تكون المسافة بين الشريطين متساوية وهي ٣ حلقات
١١- تحدث الدورة الكاملة للولب المزدوج كل ١٠ أزواج من القواعد .
- يعتمد تتابع القواعد في الشريط الواحد على تتابع القواعد في الشريط الآخر ، أي أن الشريطان يكمل أحدهما الآخر .
- كيف إستطاع واطسون وكريك تفسير أن DNA يستطيع تخزين المعلومات ونسخ نفسه .
١- تخزين المعلومات : إن المعلومات هي تتابع القواعد الأربع بأي ترتيب على طول الجزيء ، فتتابع القواعد هو بمثابة رسالة مشفرة . (كل ١٠ أزواج يمثل جين)
٢- نسخ نفسه ، عن طريق إنفكاك شريطي DNA ، وهذا أسهل لأن الشريطين مرتبطين بروابط هيدروجينية ضعيفة وبالتالي يمكن أن كل شريط يتم نسخه
- أن ينسخ نفسه ليكون جزيئين متماثلين من DNA .
١- تركيب RNA : هو شريط مفرد من عديد النيوكليوتيد على عكس DNA ، الثايمين تستبدل باليوراسيل ، A → U
- أنواع الـ RNA : ١- mRNA : يسمى RNA الرسال ← على شكل شريط غير ملتف ومسئول عن نقل المعلومات من DNA إلى الريبوسوم
٢- tRNA : يسمى RNA الناقل ← منتهي وعلى شكل مفتاح
٣- rRNA : يسمى RNA الرايبوسومي ← على شكل تراكيب معقدة وينقسم إلى جزيئين .

Nawar

الدرس ٢:-

١- تضاعف DNA: تحدث هذه العملية أثناء الطور S من دورة الخلية. يتضاعف DNA في النواة ليصبح كل كروموسوم يتكون من كروماتيدين متطابقين

٢- الذي يتحكم في عملية التضاعف هي الإنزيمات.

خطوات عملية التضاعف:-

١- فك الالتفاف المزدوج وانفصال الشريطين عن طريق كسر الروابط الهيدروجينية الرابطة بين الشريطين وهذا يسمى "انفكاك الأشرطة"

٢- استخدام إنزيم بوليمريز DNA في عملية النسخ، حيث يلتحق بالشريط ويضيف في كل مرة نيوكليوتيدة واحدة مرتبطة مع الشريط برابطة

٣- فعل DNA بوليمريز: لا يستطيع أن ينسخ نيوكليوتيدات إلا في اتجاه واحد وهو 3' → 5' على طول الشريط.

٤- وبالتالي فيقوم بنسخ الشريط الأصلي العلوي 5' → 3' أولاً، ويسمى الشريط الجديد الذي يتكون بالشريط المتقدم. الانفكاك عكس اتجاه

٥- أما الشريط الأصلي السفلي 3' → 5' فتكون عملية النسخ في عكس اتجاه الانفكاك وبالتالي يتم نسخه على شكل قطع

٦- صغيرة من DNA تسمى قطع أوكازاكي نسبةً لعالم الذي اكتشفها، الشريط الجديد في هذه الحالة يسمى الشريط المتأخر.

٣- في النهاية يقوم إنزيم DNA ليجيز يربط جميع النيوكليوتيدات الجديدة بروابط تساهمية فوسفات سكاتية الإستر.

٤- حتى يتكون الشكل العمود الفقري، ترتبط قطع أوكازاكي هي بالطريقة نفسها أيضاً. يتكون الشريط المتأخر 5' → 3'

٢- التضاعف شبه المحافظ: تسمى طريقة نسخ DNA بالتضاعف شبه المحافظ.

لماذا سمي بذلك: لأنه عند تضاعف DNA يحتفظ بنصف الجزيء الأصلي في كل من الجزيئات الجديدة.

ماذا لو كان التضاعف محافظاً: يبقى جزيء DNA الأصلي كما هو في نهاية العملية، وكان جزيء DNA الناتج مكوناً من شريطين جديدين.

---

الدرس ٣:-

الشيفرة الجينية: أدرك العلماء بعد معرفة تركيب DNA، أن تتابع القواعد على جزيء DNA يجب أن يمثل شفرة لتتابع الأحماض الأمينية في البروتين

المنطق الذي أدى إلى الوصول لهذا الإدراك: ١- أن الإنزيمات تتحكم بأنشطة الخلايا ٢- الإنزيمات معظمها بروتينات

٣- لكل نوع من البروتينات تتابع فريد من الأحماض الأمينية يحدد تركيبه وبالتالي وظيفته.

لذا فإن التحكم في تتابع الأحماض الأمينية يعني التحكم بالإنزيمات التي سيتم تكوينها وبالتالي التحكم في أنشطة الخلايا.

إذاً تتابع القواعد في DNA الخلية ← هو الشفرة لجميع البروتينات في تلك الخلية وفي الكائن الحي، وتسمى شفرة عديد الببتيد الواحد "جين"

كيفية التعبير عن الحمض الأميني بالقواعد النيتروجينية: هناك ٢٠ حمض أميني وفي قواعد نيتروجينية.

لذا لا يمكن التعبير عن الأحماض الأمينية بالقاعدة أو قاعدتان نيتروجينيتان وإنما يتم التعبير عنها بثلاثة قواعد نيتروجينية أي 3

٦٤ شفرة ثلاثية وبالتالي بما أن تزيد عن عدد الأحماض الأمينية فإن الحمض الأميني أكثر من شفرة واحدة. تم تكون جدول عام ١٩٦٤

٢- خصائص الشفرة الجينية: ١- الشفرة ثلاثية: أي أن ثلاثة قواعد تعبر عن حمض أميني واحد.

٢- الشفرة عالمية: وهذا يعني أن الشفرة تشفر لنفس الحمض الأميني في جميع الكائنات الحية.

٣- تشفرات البدء والإيقاف: البدء: تعمل بعض الثلاثيات على DNA على إشارات البدء، مثل شفرة DNA ← TAC التي تشفر لحمض أميني للمثيونين

٤- مكررة، تم شرحها. الإيقاف: هناك ثلاثة ثلاثيات على DNA تعمل كعلامات وقف، مثل شفرة DNA ← ACT-ATT-ATC

وظيفتهم: تحدد بدء وإيقاف عملية ترجمة الجين أثناء بناء البروتين. عند تشفير الحمض الأميني شفرات الإيقاف لا تكتب بروتيناتها

ملحوظة: التلافيات على شريط DNA تسمى ؛ ثلاثية - سترة ثلاثية
PAGE
DATE ~ mRNA ~ ~ ~ ؛ كودون .

الدرس ٤ :-

١- DNA يكون RNA و RNA يكون بروتين :

DNA هو شفرة البروتينات ولكن DNA داخل النواة والريبوسومات التي تصنع البروتينات في السيتوبلازم ، لذلك كي تنتقل المعلومات الوراثية من داخل النواة إلى السيتوبلازم [DNA ← الريبوسومات] . يجب إستخدام جزئ وسيط وهو mRNA ← إقترح العالمان جاكوب ومونود الفرنسيان أن الجزئ الوسيط قد يكون RNA ومعناه أنه مرسال mRNA ، وتبين صحة إقتراحهم .

١- أحدهما على بناء البروتين : DNA يكون RNA و RNA يكون بروتين ، على مرحلتين ، ١- DNA يكون mRNA ← عملية النسخ

٢- تشفير الرسالة mRNA إلى بروتين ← عملية الترجمة .

٢- النسخ : يحدث في : داخل النواة ، الإنزيم المسئول عن النسخ : RNA بوليميريز

خطوات عملية النسخ : ١- يرتبط إنزيم RNA بوليميريز ببداية الجين المراد نسخه .

٢- يبدأ فك الإلتفاف بكسر الروابط الهيدروجينية بين الشريطين . ← دون التأثير على باقي الشريط فقط منطقة الجين المراد نسخه

٣- يتم نسخ أحد الشريطين فقط والذي يسمى الشريط القالب أو الناسخ إتجاهه 5 → 3 ويكون إتجاه mRNA 3 → 5 .

أما الشريط الآخر فيسمى اللاناسخ أو اللاقالب ، يتم إستبدال القواعد النيتروجينية بها لتتوافق على شريط mRNA ويصبح mRNA يشبه جزئ ما

القواعد المكملة

٤- يتكون جزئ mRNA من نيوكليوتيات توجد حرة في النواة ومع وجود RNA بوليميريز ترتبط النيوكليوتيدات بروابط هيدروجينية مع الشريط القالب .

٥- مع وصول النيوكليوتيد يقوم إنزيم RNA بوليميريز بربطه مع جزئ mRNA الناشئ برابطة فوسفات تنافذ الإستر

وعند تكوين تلك الروابط تنكسر الروابط الهيدروجينية بين mRNA والشريط القالب .

٦- في النهاية يتم الوصول لكودون الوقف فيطلق إنزيم RNA بوليميريز جزئ mRNA ويغادر الإنزيم جزئ DNA ، ويعود DNA الشكل الأولي

٧- يغادر mRNA النواة عبر الثقوب النووية في الغلاف النووي ، وهو شريط مفرد من عديد النيوكليوتيد ، ليس معقد .

٣- تعديل mRNA : قبل خروج mRNA من النواة يجب معالجته أولاً . يتم تعديله من RNA الأولي أو الناشئ إلى mRNA الناضج

عن طريق : ١- إزالة التتابعات غير المشفرة ، والتي تسمى إنترونات من النسخة الأولية

٢- ربط تتابعات التشفير المتبقية معاً بإنزيمات محدد ، وهذه التتابعات تسمى إكسونات

mRNA ← يتكون من مجموعة من الإكسونات .

ما وظيفة الإنترونات بعد الجدل حول وظيفتها : ١- البعض قال أن إنترونات DNA يمكن أن تساعد في تنظيم نشاط الجينات .

٢- والبعض الآخر قال : أن جزئ النسخة الأولية يمكن أن يربط بطرق مختلفة وبالتالي ينتج جزيئات mRNA مختلفة

على النسخة الأصلية . وبالتالي إنتاج بروتينات مختلفة ، وبالتالي الجين الواحد يمكن أن يشفر أكثر من بروتين .

٤- الترجمة : هي العملية التي يتم من خلالها تحويل تتابع القواعد النيتروجينية في mRNA إلى تتابع من الأحماض الأمينية

هي عملية معقدة ، حيث أن عضية الريبوسوم تعمل على وضع جميع الجزيئات المرتبطة بهذه العملية معاً .

الجزيئات مثل : mRNA - tRNA - rRNA - أحماض أمينية "

الريبوسوم يتكون من وحدتين كبيرة وصغيرة وإنها تتكون من rRNA وبروتين .

يجب أن يوجد في عملية الترجمة كلا من : عضية الريبوسوم - mRNA - tRNA

ملحوظة : الذي يجعل شكل tRNA منتظم هي الروابط الهيدروجينية بين أزواج القواعد .

تابع الدرس ٤ :-

لـ tRNA : تتضمن الترجمة النوع الثالث من RNA وهو tRNA ، ووظيفته نقل الأحماض الأمينية إلى الرايبوسوم

لـ tRNA يتكون من : شريط مفرد ينثني على نفسه مكونا شكل ورقة البرسيم ، يرتبط الحمض الأميني بأحد طرفه ، بينما الطرف الآخر كودون مضاد (يكون الشريط 3' → 5')

لـ كيف يعمل : ١- يمثل tRNA رابطاً بين mRNA وتتابع الأحماض الأمينية في البروتين

لـ ٢- كل حمض أميني يرتبط tRNA معين يحمله .

لـ ٣- يرتبط الحمض الأميني بأحد طرفي الفرع وعلى الطرف من الفرع تبرز ثلاث قواعد تشكل الكودون المضاد .

لـ وهي مكملة للكودون على mRNA ، والإنزيمات مسئولة عن التأكد من العمل الصحيح (يقل tRNA)

لـ خطوات عملية الترجمة :- ١- تبدأ الترجمة بارتباط الريبوسوم بجزيء mRNA الذي يحمل بين وحدتي الريبوسوم وجاهزاً للاستقبال tRNA .

لـ ٢- يدخل إلى الريبوسوم tRNA الأول به الكودون المضاد المكمل لأول كودون من mRNA ويرتبط برابطة هيدروجينية معه .

لـ ٣- يمكن أن يستقبل الريبوسوم جزيئين من tRNA في الوقت نفسه هناك خانتان [P , A] ، لذا فإن tRNA الثاني يدخل الريبوسوم

لـ والذي يحتوي على الكودون المضاد الذي يطابق الكودون الثاني mRNA . أول كودون هو AUG المشفرين

لـ ٤- تتكون رابطة ببتيدية بين الحمضان الأمينيان على جزئي tRNA .

لـ ٥- يغادر أول tRNA ، ويتقدم الرايبوسوم كودون واحد إلى الأمام ويدخل tRNA الثالث تاركاً الحمض الأميني التالي .

لـ ٦- تتكرر العملية إلى حين الوصول لكودون الإيقاف والذي يرتبط بكودون الإيقاف هو بروتين خاص .

لـ ٧- يغادر البروتين المكتمل الرايبوسوم ، ينطوي ليشكل التركيب الثانوي والثالثي والرابعي وتساعد بروتينات خاصة في عملية الطي .

لـ ٨- قد يدخل البروتين إلى الشبكة الإندوبلازمية الخشنة ← لماذا ؟ ليتنقل إلى جزء آخر في الخلية .

---

الدرس ٥ :-

لـ ١- الطفرات الجينية : جينية ، تغير في تتابع النيوكليوتيدات وبالتالي تغيرف في تتابع القواعد في جزيء DNA وبالتالي تغير البروتين

لـ كروموسومية : تغير عشوائي غير متوقع في تركيب أو عدد الكروموسومات في الخلية .

لـ أسباب حدوث الطفرات الجينية :- ١- تحدث الطفرة عندما يتم إستبدال أو حذف أو إدخال نيوكليوتيدة .

لـ ٢- بسبب الأخطاء التي تحدث أثناء تضاعف DNA . ← أي لا يتم إصلاحه في الطور S بعد الطور G2

لـ ٣- تلف في DNA بفعل عوامل مثل الإشعاع أو المواد المسرطنة .

لـ ما تأثير تتابع قواعد الـ DNA على البروتين : التغير في تتابع القواعد يؤدي إلى التغير في تتابع الأحماض الأمينية الذي يشفره DNA الطافر

لـ DNA الطافر : الذي حدثت له الطفرة الطفرة : مسبب الطفرة مثل : الأشعة السينية X-Ray .

لـ الطفرات الجينية عشوائية وضارة : ١- التغير في تتابع الأحماض الأمينية [ التركيب الأولي ] يمكن أن يكون ضاراً .

لـ ٢- قد يؤثر التغير في التركيب الأولي على الطريقة التي يطوي بها البروتين [ التركيب الثالثي ] .

لـ مما يؤثر على وظيفة عديد الببتيد أو البروتين

لـ ٣- أن الطفرات في جينات معينة يمكن أن تسبب السرطان .

Nawar

PAGE
DATE

١- أنواع الطفرات :-

١- الاستبدال : هي إستبدال قاعدة بأخرى في DNA مما قد يغير البروتين بالكامل ويقول ليس من الضرورة أن يغير لان الحمض الأميني له أكثر من شفرة

له مثال على الاستبدال : هو فقر الدم المنجلي ، وهي طفرة تؤثر في بروتين الهيموجلوبين .

له الهيموجلوبين : هو الصبغة الحمراء في خلايا الدم الحمراء وهو يعمل الأكسجين في جميع أنحاء الجسم

له يتكون من أربع سلاسل عديد ببتيد ، تحتوي كل سلسلة على مجموعة هيم [حديد] ، سلسلتان ألفا α ، سلسلتان بيتا β

له الطفرة التي تحدث في الهيموجلوبين : تبدأ سلسلتا بيتا β لدى معظم الأشخاص بتتابع الأحماض الأمينية نفسه .

له ولكن في بعض الأشخاص المصابين بفقر الدم المنجلي يتم إستبدال القاعدة T بـ A في الشفرة CTT المعبرة عن حمض

له أميني Glu ليصبح CAT تعبر عن الحمض الأميني Val . وبالتالي يحدث هذا المرض بسبب هذا الفرق البسيط

٢- الحذف والإدخال - الحذف : هو فقدان قاعدة من DNA دون إستبدالها ، الإضافة : إضافة قاعدة إلى تتابع DNA

له قد تكون أخطر من طفرات الاستبدال : لأنها تسبب طفرات إنزياح الإطار .

له طفرة إنزياح الإطار : هي نوع من الطفرات تحدث بسبب إدخال أو حذف نوكليوتيد واحد أو أكثر والذي يؤدي إلى قراءة غير صحيحة

له لتتابع الثلاثيات بسبب إنزياح إطار القراءة .

له عند إضافة أو حذف قاعدة يزاح الإطار بمقدار القاعدة واحدة وبالتالي يزاح الإطار في الاتجاه ← اليمين

له وبالتالي تؤثر على جميع الشفرات أو الثلاثيات والتي بعدها . وبالتالي يمكن أن تكون جميع الأحماض الأمينية

له غير صحيحة وبالتالي يتغير البروتين أو يمكن أن يكون عديم الفائدة أي غير قادر على إظهار الصفات .