جامعة سوهاج
كلية التربية
المجلة التربوية

مقرر في التطور البيولوجي قائم على معايير العلوم للجيل القادم؛ لتنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية بكلية التربية.

إعداد

د. شيماء سعيد سعيد الحديدي
مدرس المناهج وطرائق تدريس العلوم
كلية التربية – جامعة الإسكندرية

تاريخ استلام البحث : ٤ أغسطس ٢٠٢٢م – تاريخ قبول النشر: ١٧ أغسطس ٢٠٢٢م

DOI: 10.12816/EDUSOHAG.2022.

المستخلص:

هدف البحث تقصي فاعلية مقرر في التطور البيولوجي قائم على معايير العلوم للجيل القادم؛ في تنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية. واعتمد البحث على المنهج التجريبي بتصميمه شبه التجريبي ذي المجموعتين: الضابطة، والتجريبية، مستخدمًا الأسلوب الكمي لجمع البيانات (ممثلًا في اختبار التفكير الشجري التطوري من نوع الاختيار من متعدد، والتقدير الكمي لاختبار بناء التفسيرات البيولوجية المفتوح)، وطُبق البحث على عينة قوامها (٣٦) طالبًا، وطالبةً من شعبة العلوم البيولوجية. وأشارت النتائج إلى وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (≤ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختباري: التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية؛ وذلك لصالح متوسط درجات المجموعة التجريبية؛ مما يشير إلى فاعلية مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم في تنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية بكلية التربية – جامعة الإسكندرية.

الكلمات المفتاحية: معايير العلوم للجيل القادم؛ التفكير الشجري التطوري؛ التفسيرات البيولوجية.

Next generation Science Standards- Based Biological Evolution Course For Developing Phylogenetic Tree Thinking and constructing Biological Explanation of Biology Student Teachers at Faculty of Education .

Dr. Shaymaa Said Said El-Hadidi

Abstract:

The target course was utilized a Next generation science standards, and aimed at developing Phylogenetic Tree Thinking and constructing biological explanation of biology student teachers, based on quasi experimental design with two group, to investigate the impact of the proposed course, using quantitative method through multi choice tests for Phylogenetic Tree Thinking and quantify the other open-ended test for constructing biological explanation, applied at (36) biology student teachers. The results showed the effectiveness of the course in developing Phylogenetic Tree Thinking and constructing biological explanation of biology student teachers at faculty of Education- Alexandria University.

Keywords: Next Generation Science Standards; Phylogenetic Tree Thinking; biological explanation.

مقدمة

يُعد مفهوم التطور حجر الزاوية الذي يقوم عليه علم البيولوجي، إذ يساعد في دفع تطور مهنة الطب؛ حيث يمكنه تفسير سبب مقاومة مسببات الأمراض Pathogens البطيئة للأدوية الحالية، كما يشارك – بدور رئيس– في توجيه الأبحاث البيولوجية. ولقد أكد Losos et al (2013, PP. 1-8)؛ Knight (2019, p.1) أن التطور ليس ظاهرة خاصة مقصورة على الماضي فحسب؛ بل عملية مستمرة طوال الوقت؛ فالسلالات الجديدة من فيروسات الأنفلونزا، والفيروسات التاجية، والحشرات المقاومة للمبيدات، والخلايا السرطانية المقاومة للعقاقير تشير إلى أن الطرز الجينية لجماعات الكائنات الحية تتغير مع الوقت عن طريق الانتخاب الطبيعي، كما تمكن العلماء من تطوير الكائنات الدقيقة سريعة التكاثر، قصيرة دورة الحياة؛ كالبكتريا، والفطريات. فالتطور– كمفهوم– يقدم ما هو أكثر من فهم للطبيعة؛ فالكثير من التهجينات المستحدثة في المحاصيل، وأساليب الزراعة تعتمد على مبادئ التطور، كما أن آلية الانتخاب تعلل سبب تحسن مقاومة الآفات الزراعية لمبيداتها؛ فضلًا عن تطبيقات التطور في مجال الحفظ الحيوي، ومجال الطب التطوري.

وأشار American Museum of Natural History (2002, PP. 1-12)؛ Futuyma (2004, P. 26) إلى أن المجتمع البيولوجي العالمي يقوم حاليًا بأعظم مساعيه العلمية؛ ألا وهو بناء شجرة الحياة، وستكون شجرة تطور السلالات والأنساب بمثابة خريطة تنبؤية – بل أقوى الأدوات التنبؤية في علم البيولوجي الحديث– مستندة إلى الأدلة والبراهين؛ لرسم العلاقات التطورية بين جميع الكائنات الحية الموجودة والمنقرضة؛ مما قد يكون له تأثيرات مجتمعية على الصحة، والزراعة، والتكنولوجيا الحيوية.

وتعد الأشجار التطورية – في ضوء ما أورده National Research Council (١٩٩٦)؛ Kozma& Russel (2005, P. 121)؛ Gilbert(2005, PP. 9-10)؛ Matuk (2007, P. 56) – إحدى الطرائق التي يُمثل بها البيولوجيون التطور البيولوجي؛ حيث أشاروا إلى الثقافة العلمية – بوصفها– واحدة من أهم الأهداف الرئيسة للتربية العلمية، وتُعدُّ القدرة على استخدام التمثيلات الشائعة للظواهر هو أحد مكونات الثقافة العلمية؛ مثل: النماذج الجزيئية، والمخططات الفيزيائية المجردة، مربعات بانت Punnett squares، والجزيئات الجينية كمخططات الحمض النووي، ونسب الكائنات الحية Lineage، والأشجار

التطورية phylogenetic trees ، فيسعي البيولوجيون لبناء الأشجار التطورية وتمثيلها بشكل مرئي للتعبير عن فهمهم للعلاقات التطورية بين الكائنات الحية محل البحث، ففي البيولوجيا التصنيفية تُنظم المعلومات البيولوجية باستخدام علم الأنساب (علم تطور السلالات) phylogenetics؛ فلا تعد الأشجار التطورية phylogenetic trees – في ضوء ما تَقَدَّم– أدوات للباحثين البيولوجيين عبر التخصصات فحسب؛ بل تشكل إطارًا رئيسًا تتوافر – من خلاله – الأدلة لتقييم التطور أيضًا. ويحاول علماء البيولوجيا التطورية تفسير تلك الأشجار وفقًا للتاريخ التطوري أو العلاقات التطورية المستدل عليها بين الأصناف، والتفكير في تلك الأشجار، ومحاولة فهمها وهو ما أُطلق عليه " التفكير الشجري التطوري Phylogenetic Tree Thinking".

وفي سياق الإشارة لأهمية التمثيلات البصرية للأشجار التطورية ونسب الكائنات الحية، أكد Halverson& Friedrichsen (2013, P.185)؛ Boyce (2015, P.1) أنها إحدى أهم الأدوات التي تُمكن المتعلمين من فهم الموضوعات المعقدة، كما تؤثر في جوانب متعددة لعملية التعلم متضمنة التفكير في المشكلات، والظواهر، والاستدلال حولها، وتطوير فهم أعمق للعلاقات بين الظواهر، وتحسين الإبداع؛ حيث يمكن استخدام تلك التمثيلات لشرح كيفية فهمنا للظواهر، كما أنها ضرورية للتواصل حول المفاهيم العلمية المجردة، كما يمكنها عرض البيانات، وتنظيم المعلومات المعقدة، وتعزيز الفهم المشترك للظواهر العلمية. كما تعزز تلك التمثيلات المرئية – بشكل أكثر تحديدًا– التعلّم من النصوص، وتسهل حل المشكلات، وتطوير الروابط بين المعرفة السابقة والمعرفة الجديدة؛ فيجب على الطلاب تعلم كيفية استخدام تلك التمثيلات للأشجار التطورية في بناء المعنى من خلال تفسيرات الفِكَر الرئيسة؛ بدلًا من الاعتماد على السمات السطحية للتمثيل لاشتقاق المعنى.

ولقد أكد Baum& Offner (2008, P. 222) – في هذا السياق– أهمية علم تطور السلالات والأنساب Phylogenetic والاعتماد عليه كجزء رئيس في مقررات البيولوجيا التطورية؛ فلا فهم حقيقي لعلم البيولوجي التطوري دون القدرة على تفسير الأشجار التطورية بتدقيق؛ حيث إن التطور –في جوهره– هو ادعاء في أن الأنواع الحية ترتبط ببعضها البعض بانتسابها لسلف مشترك. كما تساعد تلك الأشجار التطورية على دمج المفاهيم التطورية خلال المحتوى البيولوجي؛ فضلًا عن تزويد المتعلمين بإطارٍ تنظيمي

لهيكلة المعرفة فيما يتعلق بالتنوع البيولوجي؛ لذلك تتطلب الثقافة البيولوجية التركيز على التفكير الشجري التطوري، بوصفه قدرةً على التصور المفاهيمي للتطور البيولوجي خلال الأشجار التطورية.

وفي ضوء أهمية التمثيلات المرئية للأشجار التطورية وما أشارت إليه بعض الدراسات؛ مثل: Baum& Offner (٢٠٠٨)؛ Naegle (2009)؛ Cately et al (2010, P. 862)؛ Novick et al (٢٠١٠)؛ Halverson (٢٠١١)؛ Phillips et al (٢٠١٢) ؛ Blacquiere& Hoese (٢٠١٦) بأن التفكير الشجري التطوري مهمة معرفية معقدة يكافح المتعلمون لفهمها؛ نظرًا لتنوع أسلوب التمثيل المرئي؛ فضلًا عن تعدد المفاهيم الخطأ والتصورات البديلة حول المدخل الصواب لتفسير تلك المخططات التمثيلية، وصعوبة ترجمة أي بيانات تجريبية لمخطط تمثيلي مرئي؛ لذلك كانت هناك حاجة لتطوير التفكير الشجري التطوري، وفهم الطلاب للمخططات التمثيلية لأشجار النشوء والتطور؛ من أجل تعظيم إمكانات تعليم التطور، وتطوير الثقافة العلمية

وقد لاقى التفكير الشجري التطوري اهتمامًا بحثيًا في الأدب الغربي، ودراساته؛ منها – على سبيل المثال لا الحصر–: Halverson(٢٠١١)؛ Halverson et al(٢٠١١)؛ Cately et al (2013)؛ Halverson& Friedrichsen (٢٠١٣)؛ Leone (٢٠١٧)؛ والتي أكدت جميعها أهمية التفكير الشجري التطوري، وضرورة تطويره على مستوى المرحلة الجامعية، وما يتبعه من تطوير مقررات البيولوجيا التطورية؛ لتضمين الأشجار التطورية بعلم تطور الأنساب، كما تجدر الإشارة إلى أن تجاهل تطوير استخدام الطلاب لتمثيلات الأشجار التطورية، سيؤثر سلبًا في تطوير خبراتهم في مجال العلوم التطورية؛ بل أكدوا – كذلك– ضرورة تشخيص التحديات التي يواجهها المتعلمون في المرحلة الجامعية في التفكير الشجري التطوري وتحديد المهارات الأساسية اللازمة للتغلب على هذه التحديات، وتطوير نقطة انطلاق لسياق قائم على إطار الكفاءة التمثيلية.

وقد أشار Cately et al (2013, P. 2329) إلى أن مهمة تطوير التفكير الشجري التطوري في مرحلة ما قبل التعليم الجامعي لا تقل أهمية عن المرحلة الجامعية لتعليم الطلاب كيفية بناء الكلادوجرام والأشجار التطورية، وكيفية قراءتها، وتفسيرها، واستخدامها كأداة استدلالية؛ إذ إنها جزء حيوي من معايير مناهج العلوم العالمية التي تغطي وحدة الكائنات الحية، وتنوعها، وتصنيفها؛ مثل: المعايير العالمية بولاية نيوزيلاندا ٢٠٠٧، والمعايير

العالمية بأستراليا ٢٠٠٨، تدريب دراسة المعايير بولاية كارولينا الشمالية North Carolina Standard Course of Study (NCSCS) ٢٠١١، ومعايير المملكة المتحدة UK ٢٠١٢.

وقد أكد – في هذا الصدد– Halverson (2011, P. 96) أن علم تطور الأنساب حديث نسبيًا، ورغم أهمية التفكير الشجري التطوري التي أقرتها الأدبيات الغربية؛ كانت هناك ندرة في البحوث التربوية العربية –في حدود علم الباحثة– التي تناولت التفكير الشجري التطوري؛ سواء كناتج من التعلم في البيولوجيا التطورية، أو كجزء من المناهج والمقررات البيولوجية في التعليم قبل الجامعي، أو التعليم الجامعي على حدٍ سواء، الأمر الذى يدعو لضرورة الاهتمام بتنمية التفكير الشجري التطوري لدي الطلاب معلمي العلوم البيولوجية؛ فيما نتاجه تنمية فهمهم للتطور، والتنوع البيولوجي.

وأشار كل من: Cately et al (2013, P. 2330)، تدريب دراسة المعايير بولاية كارولينا الشمالية North Carolina Standard Course of Study (NCSCS) (٢٠١١) إلى أن الكفاءة في التفكير الشجري التطوري تتطلب معرفة المبادئ الموحدة الخمسة لمجال علم البيولوجي، وفهمها، وتحديدًا تتضمن فهم أن الأدلة في الأشجار التطورية تأتي من السمات المشتقة (التركيب، والوظيفة= التكيف)، كما تتضمن فهم أن أنماط العلاقات التطورية (الثبات، والتغيير، والقياس) تتطلب عمليات التفسير(الأدلة، والنماذج، والتفسير)، وأن هذه العمليات تتطلب آليات التطور الأكبر، والأصغر؛ كالانتخاب الطبيعي، والتنوع (التطور، والاتزان)؛ مما ينتج عنه تصنيفات تنبؤية طبيعية (الأنظمة، والترتيب، والتنظيم)؛ الأمر الذي يشير لارتباط تطوير التفكير الشجري التطوري بالقدرة على بناء تفسيرات بيولوجية مدققة.

وأوضح Potochnik (2013, PP. 52-55) أن التفسيرات البيولوجية تتنوع في طبيعتها بين تفسيرات غائية Teological explanation تنتهى بالتكيف " أو البقاء على قيد الحياة" كغاية؛ فتلك الغاية في جوهرها أحد المفاهيم الرئيسة للتطور؛ فضلًا عن التفسيرات السببية التي تعلل أي ظاهرة بيولوجية نتيجة مجموعتين من الأسباب؛ الأولى: هي أسباب وظيفية سبقت حدوث الظاهرة مباشرة، وتسمى " الأسباب الدنيا" proximal causation، والأخرى: أسباب تطورية تبحث في العلاقات التطورية، وأنماطها، وتاريخ نسبها، وبينها وبين

حدوث الظاهرة فاصل زمني، وتسمى " الأسباب القصوى" ultimate causation، وفي معظم الأحوال تتلازم الأسباب من كلتا المجموعتين؛ لتعليل أي ظاهرة بيولوجيا؛ الأمر الذي يشير لارتباط القدرة على بناء تفسيرات بيولوجية بمفهوم التطور والتفكير الشجري التطوري موضوع البحث.

وأشار كلٌ من: McNeil& Krajcik (2011, P.10)؛ Yang& Wang (2014, P. 531)؛ Hsu et al (2015, P.47) إلى أن التفسير العلمي ليس ناتجًا رئيسًا للعلم فحسب؛ بل يمثل قضية مركزية في التربية العلمية، كما أكدت عدد من الدراسات– أمثال: McNeil& Krajcik (2008, P. 53)؛ Huang et al (2011, P. 1271)– أهمية بناء التفسيرات البيولوجية، وأشارت لدورها في مساعدة المتعلمين في فهم أفضل للمحتوى العلمي؛ فضلًا عن أنها ضرورية للمتعلمين للانخراط في الاستقصاء العلمي. وأكد – في هذا السياق– Zembal-Saul et al (2013, P.6) أن بناء التفسيرات يحفز المتعلمين على المشاركة في الحوار العلمي الأصيل الذي قد يسهم في تنمية بعض المهارات؛ مثل: حل المشكلات، والاستدلال، والتواصل؛ فضلًا عن تعزيز التعلم ذي المعنى. وأشار Berland& (2009, P.27)إلى أنه يمكن النظر للتفسير على أنه بيان للسببية: حول لماذا؟ وكيف حدث شيء ما؟ ؛ بينما يوضح بعض باحثي التربية العلمية مفهوم التفسير بشكل أكبر من خلال تحديد أن البيان السببي يجب أن يكون مرتبطًا بالأدلة.

وأكد Novak& Treagust (2022, PP. 2-3) أن بناء تفسيرات بيولوجية جاء ضمن محاور اهتمام حركات إصلاح التربية العلمية على الصعيد العالمي؛ ومنها: المعايير الوطنية لتعليم العلوم (NSES) التي أطلقها National Research Council (NRC) (1996, P. 145) والتي أشارت إلى أن الطلاب يجب أن يكونوا قادرين على بناء تفسيرات تقدم أسبابًا للنتائج، وتقيم العلاقات على أساس الأدلة، والحجج المنطقية، وإطار العمل الخاص بتعليم العلوم، والتي أطلقها NRC (2012, a, b)، ومعايير العلوم للجيل القادم Next Generation Science Standard التي أُطلِقت في عام ٢٠١٣ والتي عَدَّت بناء التفسيرات العلمية– وبخاصة والبيولوجية – إحدى الممارسات العلمية التي تسعى لتنميتها لدى المتعلمين في القرن الحادي والعشرين؛ فضلًا عن أن بناء التفسيرات أحد الأهداف الرئيسة للعلم التي تسعى لفهم العالم الطبيعي. وهناك عدد من وثائق سياسات

الإصلاح بالدول الأخرى؛ مثل: معايير التربية العلمية الألمانية Kulgemeyer& Schecker (٢٠١٤)؛ المجلس الوطني الفنلندي للتعليم Finnish National Board of Education (٢٠١٥)؛ Organization For Economic Cooperation and Development (٢٠١٧)، والأكاديميات الوطنية للطب والهندسة والعلوم National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine(NASEM) (٢٠١٩) والتي تدعو المتعلمين لاستخدام معرفتهم لتفسير الظواهر، وحل المشكلات، والتعامل مع ما تعلموه في سياق واحد، وتطبيقه في سياقات متعددة؛ فيتطلب التفسير العلمي الكامل للظواهر العلمية فهم تَعقُّد الأفكار العلمية، وربط تلك الفِكَر ببعضها البعض، ومعرفة كيفية استخدامها في مواقف جديدة؛ لتبرير الادعاءات، وتكوين معنى الأدلة؛ حيث تعد عملية تكوين المعنى ضرورية لتعلم العلوم، وإحدى الخطوات الداعمة فهم المتعلمين طبيعة بناء التفسيرات العلمية.

وقد لاقى بناء التفسيرات العلمية (الكيميائية، والفيزيائية، والبيولوجية) اهتمامًا بحثيًا في الأدب الغربي في العقود الماضية وحتى الوقت الحالي؛ حيث أشار عدد من الدراسات؛ مثل: Gilles& Buck (٢٠١٩)؛Amelia et al (٢٠٢٠)؛ Zhao et al (٢٠٢١) إلى ضعف قدرة معلمي العلوم– سواء قبل الخدمة، أو في أثنائها– على بناء تفسيرات علمية دقيقة؛ سواء الكيميائية، أو الفيزيائية أو الكيميائية خاصة في مرحلة الاستدلال حول تلك التفسيرات، ودعت لضرورة الاهتمام بتقييم مستوى المعلمين في بناء تلك التفسيرات؛ فضلًا عن تطوير برامج إعداد معلمي العلوم، أو برامج التنمية المهنية، وتصميم بيئات تعليمية تناسب تطوير قدرة معلمي العلوم على بناء تفسيرات علمية مدققة؛ الأمر الذي يدعو لضرورة الاهتمام بتطوير قدرة الطلاب معلمي العلوم البيولوجية على بناء تفسيرات بيولوجية.

ويتضح مما سبق أهمية معايير العلوم للجيل القادم NGSS في تطوير بناء قدرة المتعلمين على بناء تفسيرات بيولوجية بوصفها إحدى الممارسات العلمية ، وهو ما أكدته دراسات: Fortus& Krajcik (٢٠١٢)؛ Krajcik& Mun (٢٠١٤)؛ De (2019 Andrade et al) ؛ Novak&Treagust (٢٠٢٢)، كما ألقت NGSS الضوء على التطور وضرورة الاهتمام بالنماذج والمخططات الشجرية التطورية كأحد المفاهيم العابرة للتخصصات، والمفاهيم المحورية في مجال تعليم العلوم البيولوجية؛ فضلًا عن الاهتمام بالجوانب التقنية لتصميم المخططات الشجرية كإحدى الممارسات العلمية والهندسية لمعايير العلوم للجيل القادم.

كما أكد Dalvi et al (2021, PP. 123-124) أنه يجب تطوير فهم الطلاب معلمي العلوم للممارسات العلمية والتكنولوجية ضمن التعلم ثلاثي الأبعاد القائمة عليه فكرة معايير العلوم للجيل القادم (المفاهيم المحورية Core Concepts، المفاهيم العابرة Cross-Cutting Concepts، والممارسات العلمية والتكنولوجية Scientific& Engineering Practices)، وكيفية دمجها في البيئة الصفية لخلق فرص تعلم للطلاب، بل أشار Morrell et al (2020, PP. 1-2) إلى تبني كل من: الجمعية الوطنية لتعليم العلوم National Science Teachers Association (NSTA) ؛ وجمعية تعليم معلمي العلوم the Association for Science Teacher Education (ASTE) في عام ٢٠١٥ لمحاور التعلم ثلاثي الأبعاد القائم عليها معايير الجيل القادم للعلوم لصوغ معايير جديدة لإعداد معلم العلوم the new 2020 Standards for Science Teacher Preparation (2020 SSTP)؛ الأمر الذي يجعل معايير الجيل القادم للعلوم لتصميم مقررات البيولوجيا التطورية من أنسب المداخل لتنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية.

وقد أجرت الباحثة دراسة استكشافية؛ للوقوف على مدى امتلاك طلاب الفرقة الرابعة لشعبة العلوم البيولوجية مهارات التفكير الشجري التطوري، وقدرتهم على بناء تفسيرات بيولوجية بشكل علمي مدقَّق، وتألفت العينة الاستكشافية من (٢٥) طالبًا وطالبةً من قسم العلوم البيولوجية. وأعدت الباحثة اختبارًا مبدئيًا؛ لقياس التفكير الشجري التطوري؛ في ضوء مهارات التفكير الشجري التطوري، متضمنًا – الاختبار – (٩) أسئلة؛ فضلًا عن إعداد اختبار مفتوح لبناء التفسيرات البيولوجية متضمنًا (٣) أسئلة؛ للكشف عما يمتلكه الطلاب معلمو العلوم البيولوجية من مهارات التفكير الشجري التطوري، وقدرتهم على بناء تفسيرات بيولوجية بشكل علمي قوي. وطُبق الاختباران في الفصل الدراسي الثاني من العام الجامعي 2022/2021 ، وأثبتت نتائج الدراسة الاستكشافية ما يأتي:

- ✓ اختبار التفكير الشجري التطوري المبدئي: حصل نحو (٢٤) طالبًا معلمًا بنسبة (٩٦%) من بين أفراد العينة الاستكشافية على درجات متدنية (أقل من درجتين)؛ حيث فشلوا في تحديد الهدف من الأشجار التطورية، وتفسيرها، ومقارنتها، وبنائها، بينما حصل طالبٌ واحدٌ على(٤) درجات، وبمناقشته حول إجاباته على الاختبار تبين أنه حددها بشكل

عشوائي؛ الأمر الذى دفع الباحثة لمناقشة جميع الطلاب حول إجاباتهم عن أسئلة الاختبار؛ وتبين للباحثة عدد من التصورات الخطأ حول قراءة الأشجار التطورية، وتفسيرها، فيما يتعلق بارتباط الكائنات الحية ببعضها البعض، ودرجة نَسَبِها؛ يمكن توضيحها فيما يأتي:

أوضح بعض الطلاب تفسير العلاقات التطورية بناء على موقع الكائنات الحية بالنسبة للفرع الرئيس، بينما فسر مجموعة أخرى علاقات الارتباط والنسب؛ في ضوء الموقع السطحي للكائنات الحية، وأنه كلما اقتربت الكائنات الحية من بعضها البعض كلما كانت أكثر ارتباطًا، على حين ركزت مجموعة أخرى على عدد العقد، وأنه كلما زاد عدد العقد كلما كانت أكثر ارتباطًا، وتجاهل جميع الطلاب معلمي العلوم البيولوجية اتجاه التمثيل الشجري، وكيفية هذا التمثيل عند رسم الاستنتاجات ذات الصلة بالعلاقات التطورية بين الكائنات الحية.

- ✓ اختبار بناء التفسيرات البيولوجية المبدئي: حصل نحو (١٠) طلاب معلمين بنسبة (٤٠%) من بين أفراد العينة الاستكشافية على (درجة واحدة)؛ حيث حاولوا التفسير بشكل سطحي جدًا، بينما فشل باقي أفراد العينة الاستكشافية في صوغ تفسير بيولوجي بشكل علمي قوى، بل كانت أفضل الاستجابات تضم إعادة صوغ السؤال باستخدام مصطلحات أخرى.
- ✓ لاحظت الباحثة – خلال الدراسة الاستكشافية– تكرار الطلاب لعبارة " أنهم لم يدرسوا ما جاء في الاختبارات"؛ الأمر الذي دفع الباحثة لعدم الاكتفاء بالدراسة الاستكشافية السابقة، بل حاولت الاطلاع على توصيف جزء مقرر " التطور البيولوجي" كما ورد بلائحة إعداد معلم العلوم البيولوجية، ومسح المحتوى العلمي الذي يدرسه الطلاب بالفعل؛ ولاحظت الباحثة ما يأتي:
  - افتقار أهداف المقرر باللائحة لنواتج التعلم المستهدفة، وتوقعات الأداء التي دعت إلى تحقيقها معايير العلوم للجيل القادم؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية.
  - تكون محتوى مقرر التطور من (١٧) صفحة مختصرة تفتقر لأبعاد معايير الجيل القادم للعلوم، وجاء بيان المحتوى كالآتي:

جدول رقم (١):
محتوى مقرر التطور البيولوجي بالفرقة الرابعة؛ ببرنامج إعداد معلم العلوم البيولوجية.

محتوى مقرر التطور 2021/٢٠٢٢
١. نشأة الحياة من خلال : التوالد الذاتي، والأصل الكوني الحي، والأصل الكيموحيوى للحياة، والأصل المائي للحياة.
٢. تاريخ تطور النظريات التطورية بداية من النظرية اللاماركية، والنظرية الداروينية، والنظرية الطفرية، ونظرية الداروينية الحديثة (وتناول في كل نظرية افتراضاتها، والنقد الموجه إليها).
٣. أدلة حدوث التطور المستمدة من الحفريات، والشكل الخارجي، وعلم الأجنة.

وفي ضوء ما أشارت إليه الأدبيات، ونتائج الدراسة الاستكشافية، ومسح مقرر التطور البيولوجي الذي يدرسه الطلاب، ولائحته ببرنامج إعداد معلم العلوم البيولوجية؛ وجدت الباحثة قصورًا في امتلاك الطلاب معلمي البيولوجية لمهارات التفكير الشجري التطوري، وضعف قدرتهم على بناء تفسيرات بيولوجية بشكل علمي قوى. وأن معايير العلوم للجيل القادم من أنسب المداخل لتصميم مقرر في التطور البيولوجي يحاكي ما دعت إليه وثائق الإصلاح العالمية؛ لتنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية.

مشكلة البحث:

حُدِدَّت مشكلة البحث الحالي في" تدني مهارات التفكير الشجري التطوري، وضعف القدرة على بناء تفسيرات بيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية ".

يمكن التعبير عن مشكلة البحث الحالي في السؤال الرئيس الآتي:

" ما مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم؛ لتنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية؟".

وتفرع عنه الأسئلة الفرعية الآتية:

١. ما مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم؟
٢. ما فاعلية مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم في تنمية التفكير الشجري التطوري؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية؟
٣. ما فاعلية مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم في بناء التفسيرات البيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية؟

أهداف البحث:

هَدَف البحث الحالي إلى:

١. قياس فاعلية مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم في تنمية التفكير الشجري التطوري؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية.
٢. قياس فاعلية مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم في بناء التفسيرات البيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية.

أهمية البحث:

استمد البحث الحالي أهميته مما يأتي:

١. يُعدُّ هذا البحث استجابة لوثائق الإصلاح العالمية المعاصرة للتربية العلمية التي تضمنت الدعوة لتبني معايير العلوم للجيل القادم؛ فضلًا عن ضرورة الاهتمام بالتفكير الشجري التطوري عند دراسة التطور البيولوجي كأحد المفاهيم المحورية في مجال علم البيولوجي؛ فضلًا عن تطوير القدرة على بناء تفسيرات بيولوجية علمي مدقَّق.
٢. من المتوقع أن تُفيد الدراسة كلًا من:
   - القائمين على عملية تطوير برامج كليات التربية الخاصة بشعبة البيولوجي.
   - أعضاء هيئة التدريس بكليات التربية، وكليات العلوم المنوط بها تدريس التطور البيولوجي، والمفاهيم، والآليات، والقوانين الرياضياتية المتعلقة به.
   - القائمين على تصميم برامج إعداد معلم العلوم بصفة عامة.
   - الطلاب معلمي العلوم البيولوجية.
   - القائمين على برامج التنمية المهنية للمعلمين في أثناء الخدمة.

وتأتي هذه الأهمية من خلال:

- تقديم مقرر في التطور البيولوجي، وعلم تطور السلالات والأنساب؛ في ضوء معايير العلوم للجيل القادم، يقوم على التكامل بين الأفكار المحورية، والممارسات العلمية والهندسية، والمفاهيم العابرة للتخصصات.

- طرح محتوى جديد لتدريس التطور البيولوجي، وعلم تطور السلالات من منظور معايير العلوم للجيل القادم.
- محاولة رفع مستوى جودة المتخرجين كعلماء صغار قادرين على فَهْم العلاقة بين كل من: العلوم، والرياضيات، والهندسة؛ مما يمكنهم من الإنتاج، والتفاعل مع المجتمع بإيجابية.
- تقديم أدوات يمكنها تقييم تمكن الطلاب معلمي العلوم البيولوجية من التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية.
- يمكن للبرنامج أن يكون نموذجًا لإعداد برامج تدريبية للتنمية المهنية لمعلمي العلوم البيولوجية في أثناء الخدمة.

فرضا البحث:

ترتيبًا على تحليل الأطر النظرية، والدراسات السابقة؛ صيغ فرضا البحث كما يأتي:

١. لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ≤ (٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار التفكير الشجري التطوري.

٢. لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ≤ (٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار بناء التفسيرات البيولوجية.

حدود البحث:

قُصِر البحث الحالي – في حدوده–على ما يأتي:

- حدود مكانية: كلية التربية– جامعة الإسكندرية
- حدود بشرية: عينة عشوائية من طلاب الفرقة الرابعة–شعبة العلوم البيولوجية–، واستهدفت الباحثة طلاب الفرقة الرابعة خصيصًا؛ نظرًا لأنه موقع دراسة الطلاب معلمي العلوم البيولوجية لمقرر التطور البيولوجي كما ورد بلائحة إعداد معلم العلوم البيولوجية؛ بما يؤهل لإمكانية تطبيق فاعلية مقرر التطور البيولوجي

المقترح في ضوء معايير العلوم للجيل القادم، ومما قد يساعد في تنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية.

- حدود زمنية: طُبقت تجربة البحث الأساسية على مدار فصل دراسي كامل، بدءًا من يوم الأحد الموافق ٢٠/٢/ ٢٠٢٢ م، وحتى الأحد الموافق ٨ /٥/٢٠٢٢ م، وذلك في الفصل الدراسي الثاني " فصل الربيع" للعام الجامعي 2021/ 2022.
- حدود موضوعية: قُصِرَ البحث على جانب الإعداد التخصصي للطلاب معلمي العلوم في مجال علم البيولوجي؛ لتنمية ما يأتي:

مهارات التفكير الشجري التطوري؛ ممثلة في: تحديد تركيب الأشجار التطورية، ومعالجة السمات المشتقة، وتحليل العلاقات التطورية، ومقارنة الأشجار التطورية، والجدل والاستدلال حولها.

أبعاد بناء التفسيرات البيولوجية؛ ممثلة في: الملاءمة، وتحديد الفرضية، والإطار المفاهيمي، والاستدلال.

منهج البحث:

استُخدم – للإجابة عن أسئلة البحث، والتحقق من صحة فرضيه– كلا المنهجين:

- الوصفي: وذلك في:

١) التأطير النظري لمتغيرات البحث (معايير العلوم للجيل القادم، والتفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية).

٢) تحديد قائمتي مهارات التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية.

٣) تصميم مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم.

- التجريبي: وذلك بتصميمه شبه التجريبي ذي المجموعتين: الضابطة، والتجريبية، وبقياسين: قبلي، وبعدي؛ لقياس فاعلية مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم في تنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية؛ نظرًا لدراسة الطلاب معلمي العلوم البيولوجية مقرر التطور البيولوجي الموجود بلائحة إعداد معلم البيولوجي بالفرقة الرابعة؛ مما قد يؤثر على نتائج

المقـرر المقتـرح؛ لـذلك آثـرت الباحثـة اسـتخدام المجموعـة الضـابطة فـي تصـميم المجموعتين؛ لزيادة التأكد والثقة بالنتائج التي سيؤول إليها تطبيق المقرر المقترح.

أداتا البحث، ومادتاه التعليميتان:

تمثلت أداتا البحث في:

١) اختبار التفكير الشجري التطوري. " إعداد الباحثة"

٢) اختبار التفسيرات البيولوجية. " إعداد الباحثة"

تمثلت المادتان التعليميتان في:

١) مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم.

٢) دليل عضو هيئة التدريس.

مصطلحات البحث:

تمثلت التعريفات الإجرائية للمصطلحات الرئيسة لهذا البحث، فيما يأتي:

١) التفكير الشجري التطوري Phylogenetic Tree Thinking:

وتُعرّفه الباحثة– إجرائيًا– في البحث الحالي بأنه: " مجموعة من المهارات العقلية التي تُمَكِّن الطلاب معلمي العلوم البيولوجية من بناء الأشجار التطورية، ووصفها، وتفسيرها، واستخدامها؛ للتحقق من افتراضات العلاقات التطورية؛ لحل المشكلات التطورية، وتفسير ظواهرها؛ ممثلة في تحديد بنية الأشجار التطورية، ومعالجة السمات المشتقة، وتحليل العلاقات التطورية، ومقارنة الأشجار التطورية، والجدل والاستدلال حولها؛ من خلال مقرر قائم معايير الجيل القادم للعلوم". ويقاس –إجرائيًا– بالدرجة التي يحصل عليها الطالب معلم العلوم البيولوجية في اختبار التفكير الشجري التطوري الموضوعي (إعداد الباحثة).

٢) التفسيرات البيولوجية Biological Explanation:

وتعرفها الباحثة– إجرائيًا– في البحث الحالي بأنها: " مجموعة من الفِكَر التي تُشكل نموذجًا يُمكِّن الطلاب معلمي العلوم البيولوجية من الربط بين الظاهرة البيولوجية موضع التفسير، وبين الميكانيكية، أو الأسباب المحتملة لحدوثها على المستوى الميكرسكوبي؛ ممثلة في ملاءمة الظاهرة موضع التفسير مع النظريات المقبولة في المجتمع العلمي والسياق الذي تُطرح فيه الظاهرة، وتحديد الفرضية التي تقوم عليها، والإطار المفاهيمي المستندة إليه،

والاستدلال المنطقي الذي يربط الظاهرة موضع التفسير بالظاهرة المُفسرة إياها؛ من خلال مقرر قائم على معايير الجيل القادم للعلوم". وتقاس –إجرائيًا– بالدرجة التي يحصل عليها الطالب معلم العلوم البيولوجية في اختبار التفسيرات البيولوجية المفتوح (إعداد الباحثة).

٣) مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم:

وتعرفه الباحثة– إجرائيًا– في البحث الحالي بأنها:" توقعات الأداء المستهدفة من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية بالفرقة الرابعة بكلية التربية – جامعة الإسكندرية، والمتوقع تحقيقها من خلال تطبيقهم للممارسات العلمية والهندسية عند دراستهم لمقرر في التطور البيولوجي (والممثل لإحدى الفِكَر المحورية في مجال العلوم البيولوجية)، والتكامل بين تلك الممارسات والمحتوى التطوري من خلال المفاهيم العابرة للتخصصات؛ لتنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية".

إجراءات البحث:

اتُبعت – للإجابة عن أسئلة البحث، واختبار صواب فرضيه– الخطوات الآتية:

- ✓ أولًا: التأطير النظري لمتغيرات البحث الرئيسة، والدراسات السابقة ذات الصلة.
- ✓ ثانيًا: إجراءات إعداد أداتي البحث، ومادتيه التعليميتين، وتجربته الميدانية.
- ✓ ثالثًا: نتائج البحث، وتحليلها إحصائيًا، وتفسيرها.
- ✓ رابعًا: توصيات البحث، ومقترحاته.

وفيما يلي وصف هذه الإجراءات بشيءٍ من التفصيل:

أولًا: التأطير النظري لمتغيرات البحث الرئيسة:

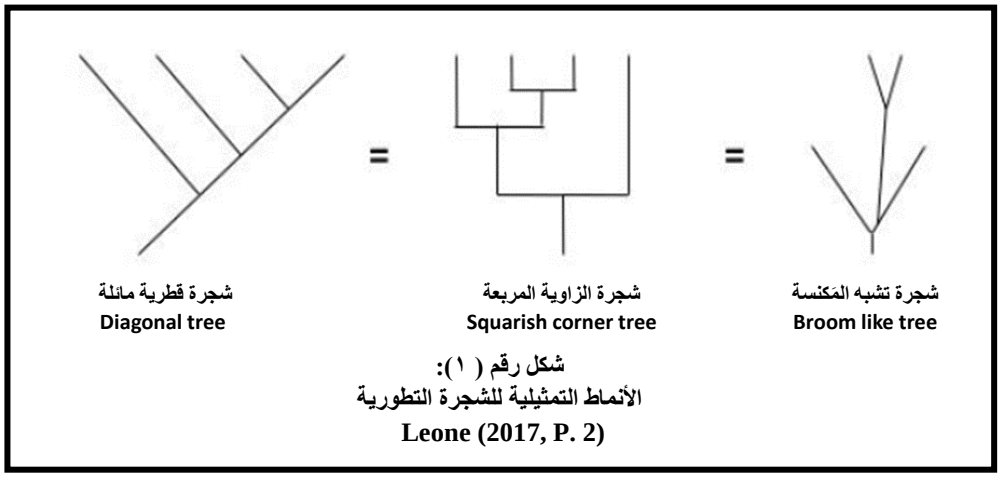
وقد عُني في هذا القسم من البحث الحالي بعرض المتغيرات الثلاثة الرئيسة للبحث؛ وهى: التفكير الشجري التطوري، والتفسيرات البيولوجية، ومعايير الجيل القادم للعلوم. وفيما يأتي عرض مُفصل لتلك المتغيرات:

١. **التفكير الشجري التطوري** Phylogenetic Tree Thinking:

(أ) **طبيعة الأشجار التطورية:**

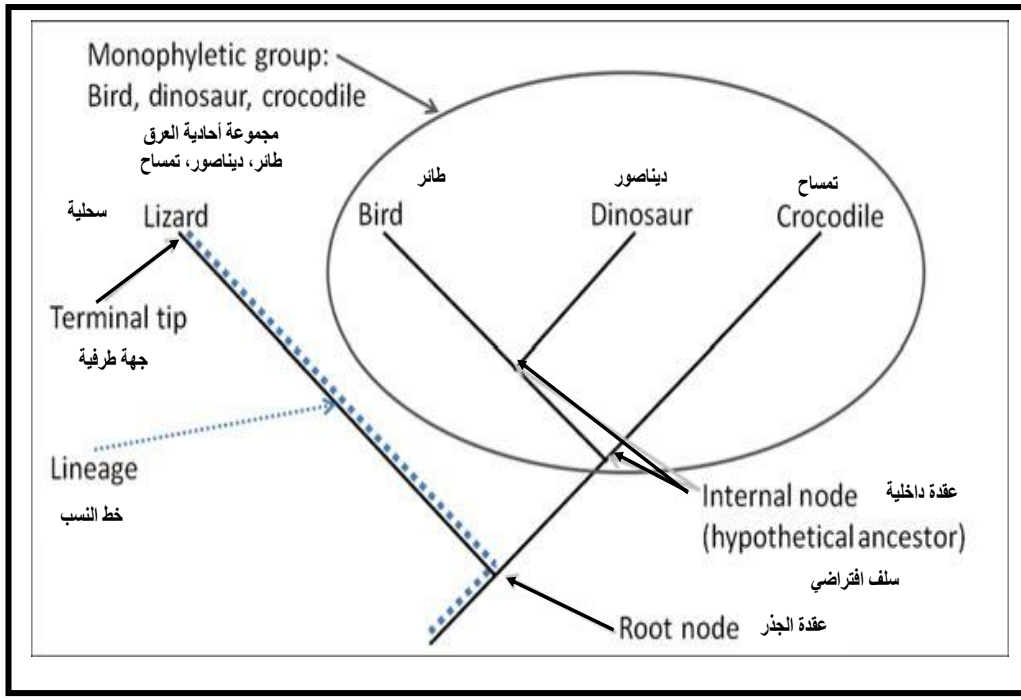
أشار كل من: Novick et al (2010, P. 539)؛ Baum& Smith (2012, P.3)؛ Hinchliff et al (2015, P. 12764) للأشجار التطورية بأنها: "مخططات وتمثيلات بصرية توضح العلاقات بين الأصناف المختلفة taxa، وتنقل الفرضيات التطورية المفترضة لتفسر مفهومات أخرى كتكوين الأنواع speciation، وتاريخ نسب الكائنات الحية؛ فتعد بمثابة فرضيات تستند إليها الدراسات المستقبلية". وقد أطلق العلماء – مؤخرًا– شجرة تطورية تضم (٢.٣) مليون نوع مختلف.

وأكد– في هذا السياق– كل من: Matuk (2007, P. 60)؛ Cately et al (2010, P. 862) تمثيل الأشجار التطورية خلال مجموعة متنوعة من الأنماط البصرية التمثيلية، وبرغم اختلاف أنماط الشجرة في الترتيب البصري؛ فإن العلاقات التطورية التي تنقلها تظل كما هي دون تغيير، وهذا التغيير المادي في نمط الشجرة قد يعوق الطلاب عن تفسير تلك المخططات الشجرية بنجاح، ويعبر الشكل رقم (١) عن الأنماط التمثيلية المختلفة للأشجار التطورية كالآتي:



شكل رقم (١):
الأنماط التمثيلية للشجرة التطورية
Leone (2017, P. 2)

ويمكن توضيح مكونات الشجرة التطورية في الشكل رقم (٢) الآتي:



شكل رقم (٢):
مثال لمكونات شجرة تطورية
Halverson et al (2011, P,796)

(ب) مفهوم التفكير الشجري التطوري:

عرف كل من: Halverson et al (2011, P. 795)؛ Leone(2017, P. 2) التفكير الشجري التطوري بأنه: " القدرة على تفسير الأشجار التطورية بتدقيق، واستخدامها، وإنتاجها".

بينما عرفه Baum& Smith (2012, P.1) بأنه: " القدرة على تمثيل التطور بمخططات شجرية، واستخدامها للتواصل، وتحليل الظواهر التطورية". كما أُشير إليه (2012, P. 7) بأنه: القدرة على تحول المناقشات اللفظية والنصية حول العلاقات التطورية، وتصنيفاتها إلى أشجار تطورية".

كما عرفه Halverson& Friedrichsen (2013, P. 187) بأنه: " مجموعة المهارات المتعلقة بقراءة الأشجار، وبنائها لتوجيه تطوير نموذج للكفاءة التمثيلية حول الأشجار التطورية".

وتُعرّف الباحثة التفكير الشجري التطوري – إجرائيًا– في البحث الحالي بأنه: " مجموعة من المهارات العقلية التي تُمكِّن الطلاب معلمي العلوم البيولوجية من بناء الأشجار التطورية، ووصفها، وتفسيرها، واستخدامها للتحقق من افتراضات العلاقات التطورية؛ لحل المشكلات التطورية، وتفسير ظواهرها؛ ممثلة في تحديد بنية الأشجار التطورية، ومعالجة السمات المشتقة، وتحليل العلاقات التطورية، ومقارنة الأشجار التطورية، والجدل والاستدلال حولها؛ من خلال مقرر قائم معايير الجيل القادم للعلوم". ويقاس –إجرائيًا– بالدرجة التي يحصل عليها الطالب معلم العلوم البيولوجية في اختبار التفكير الشجري التطوري الموضوعي (إعداد الباحثة).

وهناك عدد من الدراسات التي عُنيت بالتفكير الشجري التطوري، واعتمدت على المهارات الرئيسة السابق تحديدها في التعريفات السابقة؛ ومنها: دراسة Halverson& Friedrichsen (٢٠١٣) التي هدفت لتطوير مهارات التفكير الشجري التطوري، لدى (١٥٧) طالبًا وطالبة بقسم العلوم البيولوجية من جامعتين أمريكيتين مختلفتين؛ من خلال تطوير مقرر في البيولوجيا التطورية ودراسته خلال فصل دراسي كامل، واعتمدت الدراسة على الأسئلة مفتوحة النهاية، والمقابلات الشخصية شبه المنظمة semi–structured ، وأشارت النتائج إلى تحسن مهارات التفكير الشجري التطوري المتعلقة بقراءة الأشجار التطورية بشكل أكبر من المتعلقة ببنائها مما يحتاج مزيد من التحسين.

وفي إطار استمرار الاهتمام البحثي بتطوير التفكير الشجري التطوري أجرى Boyce (٢٠١٥) دراسة لتعرُّف تأثير المحاكاة الكمبيوترية على تطوير التفكير الشجري التطوري لدى عينة من طلاب العلوم البيولوجية بالمستوى التمهيدي، قوامها (١٢٨) طالبًا وطالبة بجامعة الميسيسبي الجنوبية، واعتمد البحث –في منهجيته– على المنهج التجريبي بتصميمه شبه التجريبي ذي المجموعات الثلاث؛ الأولى: تعتمد على التعليم المباشر بالمحاضرة، والثانية: على التعليم التكنولوجي، والثالثة :على التعليم التكنولوجي مع التعليم المباشر، واعتمدت الدراسة على المنهج المختلط لجمع البيانات: المنهج الكمي (ممثلًا في اختبار اختيار من

متعدد)، والمنهج الكيفي(ممثلًا في المقابلات الشخصية)، وجاءت النتائج ذات دلالة إحصائية للمجموعة الثالثة أكثر من المجموعتين الأخريين فيما يتعلق تطوير التفكير الشجري التطوري، وفي ضوء ما أسفرت عنه الدراسة من نتائج ؛ أوصت بضرورة دمج التعليم التكنولوجي مع التعليم المباشر؛ لتطوير التفكير الشجري التطوري.

وعُنيت دراسة Leone (٢٠١٧) بتطوير مستوى التفكير الشجري التطوري لدي عينة من الطلاب في المرحلة الجامعية بجامعة ولاية تكساس وجامعة يوتا الجنوبية، قوامها (٨٨٤) طالبًا وطالبةً، كما بحث في علاقة التفكير الشجري التطوري ومدى قبول نظرية التطور؛ فضلًا عن كيفية تفاعل الطلاب بصريًا في أثناء قراءة الشجرة من خلال حركة العين، واعتمد البحث في نتائجه على اختبار من نوع الاختيار من متعدد للتفكير الشجري التطوري، ومقياسٍ لقبول نظرية التطور، وأسفرت النتائج عن تطور مستوى التفكير الشجري التطوري، كما توصل لوجود علاقة بين تطور التفكير الشجري التطوري وبين المستوى النهائي لقبول نظرية التطور ولكنها ضعيفة إلى حد ما، كما أن قبول التطور ليس مؤشرًا قويًا على تغييرات التفكير الشجري التطوري. وأشار أيضًا إلى ضرورة الاهتمام بدراسة العلاقة بين الدين وقبول نظرية التطور؛ نظرًا لأن المعتقدات الدينية تؤثر في فهم نظرية التطور وقبولها؛ فضلًا عن ضرورة الاهتمام بتحليل العوامل المؤثرة على قبول نظرية التطور، وأشار إلى ضرورة اهتمام الدراسات المستقبلية في البحث عن العلاقة بين كيفية تفاعل الطلاب مع المخططات الشجرية وقبول التطور، وهو ما اتفق مع دراستي: Walter et al(٢٠١٣) ؛ Gibson& Hoefnagels (٢٠١٥).

(ج) أهمية التفكير الشجري التطوري:

أشار Baum& Smith (2012, PP. 1-8) لأهمية التفكير الشجري التطوري والتي يمكن إيجازها فيما يأتي:

- ✓ تطوير الكفاءة في التمثيل البيولوجي.
- ✓ توفير الأدلة لفهم التنوع البيولوجي، وتقدير هذا التنوع؛ فضلًا عن تنظيم المعرفة البيولوجية المرتبطة بهذا التنوع.
- ✓ ضروري لتعليم البيولوجيا التطورية كفهم الانتخاب الطبيعي.
- ✓ يلعب دورًا محوريًا في تطوير الخطاب العلمي.

- ✓ يوفر هيكلًا مفاهيميًا؛ لاستكشاف الأنماط المُلاحَظَة في الطبيعة، وتحفيز طرح الفروض حول العمليات الكامنة وراء تلك الأنماط.
- ✓ يجسد فهمًا واضحًا لمبدأ النسب من أصل مشترك؛ حيث يوفر طريقة طبيعية لفهم استمرارية الحياة من الأفراد للأنواع.
- ✓ تمثيل ونمذجة كيفية تطور السمات؛ حيث إن المفهوم المركزي في التطور هو أن السمات تتغير عبر الزمن، فيسمح التفكير الشجري التطوري إعادة بناء التاريخ التطوري للسمات، ودراسة الأنماط الإحصائية في توزيع السمات عبر الأنواع. كما يلعب دورًا بارزًا في معرفة الترتيب الذي نشأت به السمات أو فُقدت؛ مثل: تطور اللغة المنطوقة في أسلاف البشر – من السمات التي تطورت مؤخرًا– توجد في نوع واحد فقط من الكائنات الحية، وامتلاك عمود فقري – من السمات التي تطورت منذ فترة أطول– توجد غالبًا في العديد من الكائنات الحية. فضلًا عن السماح بإعادة بناء التغييرات التطورية التي حدثت في أي نوع من السمات التي تنتقل من جيل لآخر؛ مثل بعض السمات المادية؛ كطول الذيل، أو لون العين إلى التوزيع الجغرافي والسلوك الاجتماعي، بل يُمكِّن من التمييز بين السمات المتشابهة **homologous** ، والسمات المتناظرة **analogous**.

وتستخلص الباحثة مما تقدم أن التفكير الشجري التطوري يتسم بما يأتي:

- ✓ القيام بدور بارز في تنمية الفكر التطوري.
- ✓ عمل مجموعات للعلاقات التطورية في ضوء التاريخ التطوري، والأصل المشترك.
- ✓ جمع جميع الكائنات الحية من خلال تمثيل أحادي.
- ✓ وضع جميع الأصناف في الجانب الطرفي بافتراض وجود أسلاف افتراضية عند العقد.
- ✓ يجب أن يشارك المتعلمون فهمًا مشتركًا لكيفية التمثيلات المرئية بدقة؛ من أجل التواصل بشكل فعال.
- ✓ تمكين الطلاب معلمي العلوم البيولوجية من مهارات التفكير الشجري التطوري، يمكنهم– بلا شك– تطوير الثقافة العلمية.

كما لاحظت الباحثة من العرض النظري السابق:

- ✓ اهتمام الدراسات الغربية ومعايير تصميم المناهج الدراسية بتطوير التفكير الشجري التطوري.
- ✓ أفادت الدراسات الغربية، وما يرتبط بها من كتابات الباحثة، في التحديد المدقق للمهارات الرئيسة للتفكير الشجري التطوري، وما يرتبط بها من مؤشرات فرعية.
- ✓ تنوعت أدوات قياس التفكير الشجري التطوري ما بين الأدوات الكمية (الاختبارات الموضوعية)، والأدوات الكيفية (استجابات الطلاب للأسئلة المفتوحة، والمقابلات الشخصية).
- ✓ لم تُعن أي دراسة عربية– في حدود علم الباحثة– بتنمية التفكير الشجري التطوري في تعليم العلوم؛ سواء في مرحلة التعليم الجامعي، أو قبل الجامعي.

(د) مهارات التفكير الشجري التطوري:

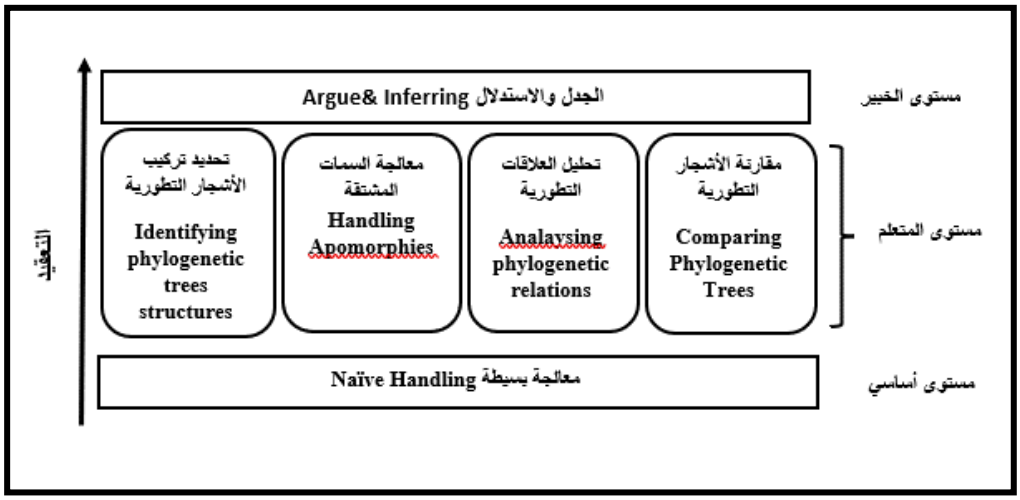
اتفق كل من: Halverson (2011, PP. 101-105)؛ Halverson& Friedrichsen (2013, PP. 190)؛ Boyce (2051, p. 21) على المهارات الرئيسة التي يمكن – من خلالها– تنمية التفكير الشجري التطوري، وقياسها لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية؛ نوجزها على النحو الآتي:

- ❖ مهارة قراءة الأشجار التطورية؛ وتتضمن ما يأتي:
  - الإدراك والفهم Recognition and understanding: وتعنى معرفة العناصر الرئيسة للأشجار التطورية، وفهمها (كالعقد، والفروع، والوقت).
  - التحديد والاستخدام Identification and use: وتعني تحديد واستخدام المداخل العلمية لتفسير أنماط العلاقات التطورية الممثلة (كالمجموعات أحادية العرق monophyletic، وشبه العرق Paraphyletic)، ومقارنتها.
  - دعم الأدلة Evolutionary support: ويعنى استخدام أشجار النشوء والتطور؛ كدليل لدعم الادعاءات، ورسم الاستنتاجات، وعمل التنبؤات حول الأنساب.

❖ **مهارة بناء الأشجار التطورية بتدقيق؛ وتتضمن ما يأتي:**

- **تمييز الأدلة Distinguishing evidence: وتعني التمييز بين الأدلة الصواب والخطأ؛ من حيث صلتها بالعلاقات التطورية.**
- **استخدام الدليل Using evidence: وتعني استخدام هذا الدليل عند بناء تمثيل تفرعي هرمي يهدف لترميز العلاقات التطورية بين الأصناف المحددة.**
- **التواصل Communication: ويعني القدرة على الوصف شفهيًا، والمناقشة، ومعالجة التمثيلات بتدقيق.**

وبالنظر لبعض الدراسات كدراستى: Schramm et al (2019, P.) ؛ Schramm et al (2021, P. 8) نجد أنه يمكن التعبير عن المهارات الرئيسة للتفكير الشجري التطوري – في صورة مستويات– في الشكل رقم (٣) الآتي:



شكل رقم (٣):
مهارات التفكير الشجري التطوري
Schramm et al (2021. P.8)

مما تقدم استخلصت الباحثة المهارات الآتية للتفكير الشجري التطوري، والتي يمكن تنميتها لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية:

- **تحديد تركيب الأشجار التطورية Identifying phylogenetic trees structures، ويمكن قياسها من خلال الوقوف على مدى قدرة الطالب معلمي العلوم البيولوجية على:**
  - **القدرة على تحديد أهمية الأشجار التطورية.**
  - **القدرة على وصف مكونات الأشجار التطورية.**
  - **القدرة على تحديد الاتجاه الزمنى الصحيح للأشجار التطورية.**
  - **القدرة على تفسير أهمية العقد الداخلية في الأشجار التطورية.**
- **معالجة السمات المشتقة Handling Apomorphies، ويمكن قياسها من خلال الوقوف على مدى قدرة الطالب معلمي العلوم البيولوجية على:**
  - **القدرة على تفسير أهمية توريث السمات من أسلاف مشتركة.**
  - **القدرة على تحديد السمات المشتقة لشجرة تطورية معينة.**
  - **القدرة على التمييز بين السمات المشتقة، والسمات الموروثة من السلف المشترك لشجرة تطورية محددة.**
  - **القدرة على استخدام الأشجار التطورية؛ لتحديد سمات مجموعة معينة .**
  - **القدرة على الاستدلال على تصنيف نوع معين من الكائنات الحية من البيانات الخام المقدمة حول مجموعة من السمات لبعض الكائنات الحية.**
  - **القدرة على بناء شجرة التطورية في ضوء الأدلة التطورية المُقدمة.**
- **تحليل العلاقات التطورية Analaysing phylogenetic relations ، ويمكن قياسها من خلال الوقوف على مدى قدرة الطالب معلمي العلوم البيولوجية على:**
  - **القدرة على استنتاج العلاقات التطورية من البيانات.**
  - **القدرة تفسير أحدث سلف مشترك للمجموعات في الأشجار التطورية.**
  - **القدرة على استنتاج موقع العقد الداخلية الصحيح؛ لإضافة خط نسب جديد.**
  - **القدرة على تمييز المجموعات أحادية العرق، وشبه العرق، ومتعددة العرق.**
  - **القدرة على استنتاج علاقات النسب المختلفة بين المجموعات المختلفة.**

- القدرة على تحديد الأدلة؛ لاستنتاج العلاقات التطورية في الأشجار التطورية.
- القدرة على استنتاج حالات التناظر والتشابه من الأشجار التطورية.
- القدرة على استنتاج نوعي عمليات التطور: التقاربى، والتباعدي.

- مقارنة الأشجار التطورية Comparing Phylogenetic Trees ، ويمكن قياسها من خلال الوقوف على مدى قدرة الطالب معلمي العلوم البيولوجية على:
  - القدرة على تحديد أوجه الشبه والاختلاف بين نماذج الأشجار التطورية المختلفة.
  - القدرة على التعبير عن الأشجار التطورية بأكثر من طريقة.
  - القدرة على التمييز بين الأشجار التطورية المختلفة وفقًا؛ لاستدارة العقد الداخلية بأنماط مختلفة.
  - القدرة على التمييز بين المعلومات وفقًا لتعدد نماذج الأشجار التطورية.
- الجدل والاستدلال Argue& Inferring ، ويمكن قياسها من خلال الوقوف على مدى قدرة الطالب معلمي العلوم البيولوجية على:
  - القدرة على استنتاج نموذج شجرة النشوء والتطور المعبر عن درجة ارتباط الأصناف المختلفة.
  - القدرة على استنتاج درجة ارتباط الأنواع المختلفة اعتمادًا على التحليل الجيني.
  - القدرة على تقييم الأشجار التطورية؛ في ضوء مبدأ Parasimony.
  - القدرة على طرح فروض، وتنبؤات تدعمها أدلة تطورية.
  - القدرة على استخدام الأشجار التطورية؛ لحل بعض المشكلات التطورية.
  - القدرة على تفسير بعض الظواهر التطورية.

٢. التفسيرات البيولوجية Biological Explanation:

(أ) مفهوم التفسير البيولوجي:

عرف McNeill & Krajcik (2006, p. 3) التفسيرات البيولوجية بأنها:: تفسيرات مقترحة للظواهر البيولوجية، باستخدام الأدلة والمنطق لدعم تلك التفسيرات".

بينما عرفها National Research Council (2012, P. 67) بأنها:" بيان للأسباب التي تربط النظرية بملاحظات، وظواهر محددة، فهي توضح العلاقات المُلَاحَظَة بين المتغيرات، وتصف الآليات التي تدعم استنتاجات السبب، والنتيجة حولها".

وعرفها Tang (2015, P. 15) بأنها: " تقريرٌ نظريٌ ميكانيكي، أو احتمالي للأسباب الكامنة وراء ظاهرة مُلاحظَة؛ فهي تجاوز لمرحلة الوصف لظاهرة ما إلى البحث في الطبيعة السببية والكيفية لهذه الظاهرة، ويتضمن هذا التفسير القوانين، أو النظريات، والمبادئ القابلة للتعميم؛ فضلًا عن الكيانات الميكروسكوبية المُفسِرة لهذه الظاهرة سواء؛ على الذرات، أو الفوتونات أو الجزيئات، أو الجينات".

وتعرفها الباحثة التفسيرات البيولوجية – إجرائيًا– في البحث الحالي بأنه: مجموعة من الفِكَر التي تُشكل نموذجًا يُمكِّن الطلاب معلمي العلوم البيولوجية من الربط بين الظاهرة البيولوجية موضع التفسير، وبين الميكانيكية، أو الأسباب المحتملة لحدوثها على المستوى الميكرسكوبي؛ ممثلة في ملاءمة الظاهرة موضع التفسير مع النظريات المقبولة في المجتمع العلمي والسياق الذي تُطرح فيه الظاهرة، وتحديد الفرضية التي تقوم عليها، والإطار المفاهيمي المستندة إليه، والاستدلال المنطقي الذي يربط الظاهرة موضع التفسير بالظاهرة المُفسرة إياها؛ من خلال مقرر قائم على معايير الجيل القادم للعلوم". وتقاس –إجرائيًا– بالدرجة التي يحصل عليها الطالب معلم العلوم البيولوجية في اختبار التفسيرات البيولوجية المفتوح (إعداد الباحثة).

(ب) أنواع التفسيرات البيولوجية:

وأشار كل من: Potochnik (2013, PP. 49-65)؛ Yao et al (2016, P. 3) إلى اختلافات في أنواع التفسيرات البيولوجية؛ ويمكن إيجازها كالآتي:

- **التفسير القائم على التشبيه Analogical Explanation:**

ويقوم على تشبيه الظاهرة موضع الدراسة بظاهرة واقعية أو شيء مألوف، ويفترض وجود تشابه بين الظاهرة المشبه بها، والظاهرة الفعلية؛ مثل: تشبيه الحبل الشوكي بكابل الكهرباء المحتوى على أسلاف فردية، غلاف الكابل هو الحبل الشوكي بينما الأسلاك الفردية تشبه الأعصاب الفردية التي تكون الألياف العصبية داخل الحبل الشوكي.

- **التفسير الوظيفي Functional Explanation:**

ويعتمد في تفسير الظاهرة على نتيجتها المباشرة؛ أي: وظيفتها؛ مثل: تعرضنا للبكتريا والفيروسات طوال الوقت ولكننا لا نمرض طوال الوقت؛ نظرًا لأن الأجهزة المناعية بأجسامنا تكافح الأمراض.

- **التفسير الميكانيكي Mechanical Explanation:**

ويعتمد على العلاقات السببية لتوضيح ظاهرة ما، وتتضمن تقريرًا يمثل –بشكل صريح، أو ضمني– قانونًا علميًا، أو إطارًا توضيحيًا تفسيريًا للتعمق في فهم الأجزاء غير المُلاحظَة للظاهرة؛ مثل: تفسير نشأة الأنواع؛ وفقًا لقانون هاردي – وينبرج.

- **التفسيرات الغيبية Metaphysical Explanation:**

وتعتمد على تفسير الظواهر وفقًا لعامل خارق للطبيعة أو للرغبة الآلهية؛ مثل: تفسير الظواهر الكونية؛ من خلال القوة المولدة Eros في الأساطير.

- **التفسير العملي Practical Explanation:**

ويتضمن تعليمات حول كيفية إجراء العمليات الفيزيقية، أو العقلية؛ مثل: كيفية استخدام الميزان لتقدير حجم جسم معين، أو تقدير قيمة الأشياء.

- **التفسير المنطقي Rational Explanation:**

ويتضمن تقديم الأدلة لدعم الادعاءات Claims؛ مما يسهم في محاولة إثبات صدق الادعاء، وقبوله؛ مثل: صناعة مقابض الأواني من المواد البلاستيكية؛ للتأكيد على أنه معدن لا فلزي غير موصل للحرارة.

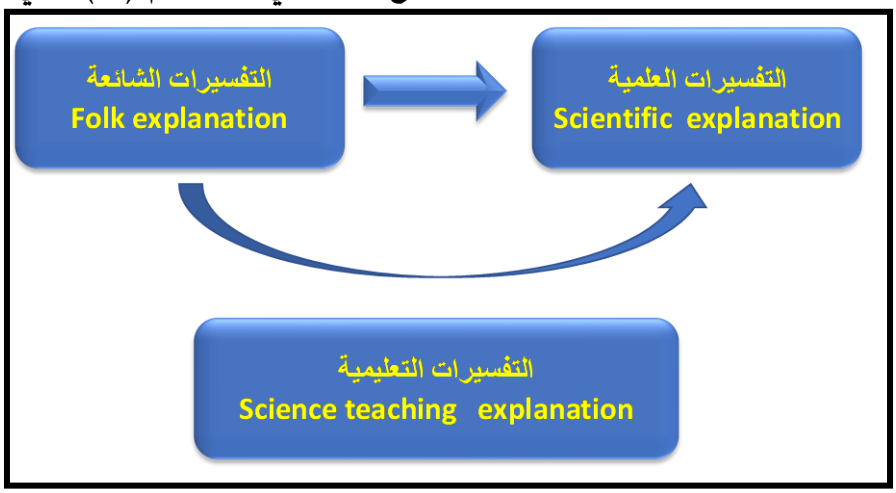
- **التفسيرات الغائية Teleological Explanation:**

والذي يشير إلى غاية أو هدف، وهو: " التكيف" من أجل البقاء على قيد الحياة؛ كانتحاء النبات تجاه الضوء للتكيف، والبقاء على قيد الحياة.

بينما أشار Yao et al (2013, P.3) إلى ثلاثة أنواع أخرى من التفسيرات داخل فصول البيولوجي؛ هي:

- **التفسيرات الشائعة Folk explanation: وهى تمثل نقطة البداية للطلاب عند دخول فصول العلوم.**
- **التفسيرات العلمية Scientific Explanation: وهى هدف التعلم الذي يسعى المعلمون والطلاب – من خلاله–؛ لتحقيق الكفاءة في بناء التفسيرات البيولوجية.**
- **التفسيرات التعليمية Instructional Explanation: وهى التفسيرات التي يقوم بها المعلم؛ لتسهيل الانتقال من التفسيرات الشائعة للتفسيرات العلمية.**

ويمكن التعبير عن الأنواع الثلاثة في الشكل رقم (٤) الآتي:



شكل رقم (٤):
تفسيرات داخل فصول البيولوجي
Yao et al (2016, P. 3)

Print:(ISSN 1687-2649) Online:(ISSN 2536-9091)

(ج) النماذج الفلسفية للتفسيرات البيولوجية:

تُمثل– في كثير من الأحيان– النظرية المفسرة أولًا من خلال نموذج محدد للموقف المعني، ثم يُطَوَّر تفسير قائم على هذا النموذج؛ مثال: فهم نظرية كيفية الحصول على الأكسجين، ونقله، واستخدامه داخل الجسم؛ يترتب عليه تطوير نموذج لجهاز الدورة الدموية، واستخدامه لشرح سبب زيادة معدل ضربات القلب، ومعدل التنفس في التمرينات.

وأشار كل من: Boogerd et al (2007, PP. 12-14)؛ Braaten& Windschitl (2011, PP. 641- 650)؛ Potochnik (2013, PP. 45-55)؛ Kampourakis et al (2016, PP. 1126-1129) ؛ Skow (2016, PP. 526-535) إلى أنه اقتُرِحَت خمسة نماذج فلسفية؛ لتوضيح بنية التفسيرات البيولوجية يمكن إيجازهم فيما يأتي:

١. **نموذج قانون التغطية** Covering Law Model**:**

ويتضمن:

☒ **نموذج التفسير الاستنباطي - النومولوجي** Deductive– Nomological Explanation Model (D–N)**:**

أسس هذا النموذج Hempel and Oppenheim في عام ١٩٤٨، ويعكس الرؤية الوضعية المنطقية للعلم Logical Positivism والتي تشير إلى أن المعرفة العلمية لا تتجاوز الملاحظات، والاستقصاءات التجريبية، ويرى هذا النموذج التفسيرات البيولوجية على أنها حجج استنباطية تفسر الظواهر الطبيعية على أنها نتائج منطقية للانتظام الطبيعي الموصوف في ضوء مقدمات بشروط معينة، ويمكن التعبير عن تلك الانتظامات في صورة قوانين الطبيعة، وتتكون بنية التفسير – في ضوء هذا النموذج– من الظاهرة موضع التفسير كاستنباط منطقي لمجموعة من العبارات (المقدمات)، والعبارات المفسرة إياها وتمثل الشروط الخاصة بحدوث الظاهرة موضع التفسير، والقوانين الطبيعية المستخدمة للتفسير؛ مثل: قانون مندل لتفسير ظاهرة تشابه بعض الصفات الموروثة بين الآباء، والأبناء. ولقد اعتمدت دراسة Yao et al (2016)على هذا النموذج في تطوير بنية التفسيرات العلمية المتضمنة للظاهرة موضع التفسير، وشروط حدوثها، والقوانين العامة للوصول لفهم أعمق للظاهرة.

كما أن هناك بعض المتطلبات لهذا النوع من التفسير الذي يجب أن يكون:

- **نتيجة منطقية للظاهرة موضع التفسير، ويشمل قوانين عامة ضرورية لاشتقاق التفسير.**
- **إمكانية التحقق التجريبي؛ من خلال التجربة، أو الملاحظة.**
- **يتكون من جمل صحيحة وليس مجرد جمل مؤكدة.**
- **لا بد أن تتسق النتيجة المنطقية (العبارات المفسرة) مع المعرفة العلمية المتفق عليها داخل المجتمع العلمي.**

☒ **نموذج التفسير الاحتمالي -الإحصائي** Statistical-Probabilistic Explanation Model:

طوَّر Hempel and Oppenheim (١٩٦٢) بنية التفسير العلمي للتحول من الفكر الحتمي للفكر الاحتمالي؛ لوجود بعض الظواهر ذات الطبيعة الاحتمالية التي لا تصلح للتفسير وفق النموذج الاستنباطي – النومولوجي، ويرى هذا النموذج التفسيرات البيولوجية أنها حجج استقرائية من بعض الأنماط في البيانات (التي قد تسعى أو لا تسعى للأسباب الكامنة وراء الأحداث). ولهذا النموذج بنية النموذج الاستنباطي النومولوجي نفسها، ولكنه يقوم على فكرة تقديم قانون احتمالى واحد على الأقل؛ مما يسهم في جعل الظاهرة موضع التفسير قابلة للتنبؤ إذا توافرت الحقائق مسبقًا باحتمال استقرائي كبير.

تعقيب على ما سبق:

نجد أن بعض الظواهر البيولوجية لا تتسق – في تفسيرها– مع نموذج القوانين حتمية كانت أو احتمالية؛ نظرًا لأن بعض الظواهر البيولوجية رغم الاعتراف بأنها غير محتملة؛ فإنه يمكن تفسيرها؛ مثل: تفسير بعض الطفرات الجينية من خلال الضرر التأكسدي oxidative damage، رغم ندرة بعض الطفرات الجينية، وكثرة وجود المؤكسدات؛ فضلًا عن أن هناك عديدًا من التفسيرات البيولوجية التي تعلب فيها القوانين دورًا ضئيلًا، أو تعلب فيها أي دور؛ مثل: ظاهرة فقر الدم التي تنتج عن الإصابة بمرض فقر الدم المنجلي؛ حيث يتطرق التفسير إلى خصائص خلايا الدم الحمراء المنجلية غير الطبيعية الموجودة في المصابين بمرض الخلايا المنجلية، دون أن يكون لأى قانون دور في هذا التفسير.

٢. نموذج التفسير السببي Causal Explanation Model:

اقترح هذا النموذج Salmon (1984)، ويرى التفسيرات البيولوجية أنها حجج استقرائية من أنماط البيانات التي تسعى –صراحةً– للبحث عن الأسباب الكامنة وراء الظاهرة. فيجب أن يحدد التفسير الميكانيكي السببي لحدث ما العمليات السببية، وتفاعلاتها التي أدت إلى هذا الحدث؛ فإن تفسير حدث ما يتضمن توضيح كيفية مواءمته في علاقة سببية تنشأ من تفاعلات سببية بين العمليات السببية؛ مثل: بعض التفسيرات التطورية التي تعتمد على الانتقاء الطبيعي؛ كطائر الرمل الأحمر Tringatotanus الذي يتغذى على الديدان في المسطحات الطينية، ويفضل الديدان الكبيرة عن الصغيرة، ويفسر هذا التفضيل بحقيقة أن الانتخاب الطبيعي يفضل عادات البحث عن الطعام التي تُعظم من امتصاص الطاقة، فتزيد الكتلة الحيوية التي يتناولها الطائر. ورغم أن الانتقاء الطبيعي هو سبب التفضيل؛ فإنه ليس السبب الوحيد؛ لذلك يحفز علم البيولوجي التقارير الآلية للتفسير، وتُعرف الآلية بأنها: " الكيانات، والأنشطة المنظمة الناتجة عن التغييرات المنتظمة من البداية للنهاية، أو حتى شروط الإنهاء". فيوفر التفسير من خلال الاستشهاد بآلية معلومات سببية وتنظيمية؛ لذلك يمكن استكمال تفسير طائر الرمل الأحمر من خلال المركبات العضوية المكونَّة في عملية البناء الضوئي، ثم تفاصيل التفاعلات المتتالية بداية من المركبات الكيميائية حتى تكوين المركبات العضوية، وخروج الأكسجين كمنتج ثانوي. فالتفسيرات السببية حاسمة في علم البيولوجي بمجال علم الفسيولوجي، ووظائف الأعضاء.

وقد عُنيت دراسة Kampourakis et al (٢٠١٦) بهذا النموذج في تنمية قدرة (١٣) من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية على تطوير تفسيرات سببية ميكانيكية لأصل السمات البيولوجية، وتحديد الأسباب والعمليات في تفسيراتهم التطورية، وأوصت بضرورة الاهتمام بتطوير بنية التفسيرات البيولوجية لدى معلمي المستقبل.

٣. نموذج التفسير البراجماتي Pragmatic Explanation Model:

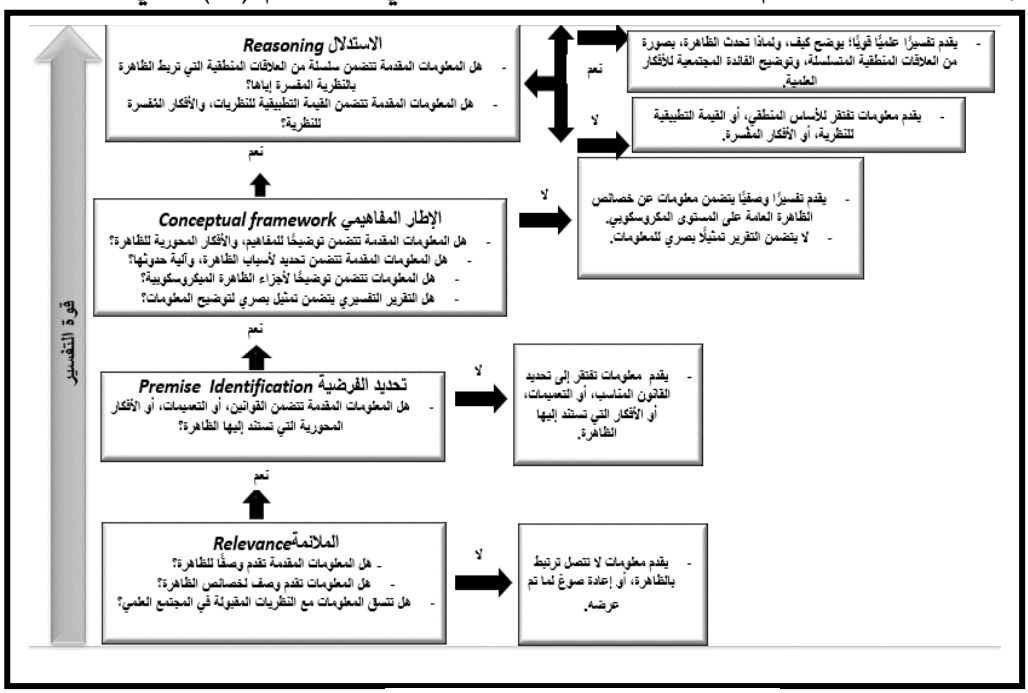
اقترح هذا النموذج Vas Fraassen في عام ١٩٨٠، ويرى التفسيرات البيولوجية في ضوء السياق؛ حيث تربط تلك التفسيرات بين الظاهرة موضع التفسير، وبين النظرية المفسرة إياها، والسياق بما يتضمن تطبيقات المعرفة العلمية في المجتمع، ونفعها، وفائدتها لخدمة

البشرية؛ مثل: تطبيقات الانتخاب الطبيعي في التهجينات المستحدثة في المحاصيل الزراعية، ومقاومة الفيروسات.

٤. **نموذج التفسير التوحيدي** Unification Explanation Model:

اقترح هذا النموذج **Friedman** في عام ١٩٧٤ ، ويرى التفسيرات البيولوجية أنها حجج استنباطية، تربط بين الظاهرة موضع الدراسة، وبين المبادئ والأفكار العلمية الكبرى المُفسرة إياها؛ لتحقيق فهم العالم الطبيعي. فيعتمد هذا النموذج على الانتظامات أو الأنماط المتوافرة في الطبيعة دون الإشارة لأسباب محددة، ولكن على العملية التي أنتجت كل تأثير. فأهم ما يتميز به هذا النوع من التفسيرات البساطة، والتدقيق، والعمومية، والتماسك. ونجد أن النموذج التفسيري التوحيدي ذو أهمية في مجال علم البيولوجي؛ حيث تستند إليه التفسيرات التطورية.

وفي ضوء ما سبق قدمت الباحثة نموذجًا مقترحًا؛ لتقييم جودة التفسيرات البيولوجية التي يقدمها الطلاب معلمو العلوم البيولوجية، يمكن التعبير عنه في الشكل رقم (٥) الآتي:



شكل رقم (٥):
نموذج لتقييم جودة التفسيرات البيولوجية
إعداد الباحثة

ونلاحظ من النموذج السابق؛ اعتماد الباحثة على دمج مجموعة من النماذج الفلسفية للتفسير البيولوجي التطوري– نظرًا لصعوبة تحديد مبدأ واحد تقوم عليه كل التفسيرات التي تقع في نطاق علم البيولوجي–؛ هي:

- نموذج التفسير الاستنباطي– النومولوجي، والنموذج الاستقرائي – الإحصائي؛ لتوضيح النظريات، والقوانين العامة، أو الاحتمالية التي تقوم عليها الظاهرة موضع الدراسة.
- نموذج التفسير السببي؛ لتوضيح المبررات والأسباب التي تقوم عليها الظاهرة.
- نموذج التفسير التوحيدي؛ لتوضيح الأفكار الكبرى، والمبادئ التي تقوم عليها الظاهرة؛ بما يتسق مع الأفكار المحورية التي دعت إليها معايير العلوم للجيل القادم.
- نموذج التفسير البراجماتي؛ لتوضيح القيمة التطبيقية للنظرية المفسرة للظاهرة.

لذلك نجد أن النموذج المقترح يتسم بالخصائص الآتية:

- يسمح للوصول لأجزاء الظاهرة غير المُلاحظة، وكياناتها الميكروسكوبية بما يؤدي لفهم عميق للظواهر البيولوجية.
- الاعتماد على البنية المنطقية للتفسير البيولوجي.
- الاهتمام بالسياق الخاص بالتفسير البيولوجي.
- ملاءمة التفسير المُقدم في بيئة اجتماعية تفاعلية.
- اتساق النموذج مع وثائق الإصلاح العالمية التي عُنيت بالممارسات العلمية، والأفكار المحورية للتخصصات المختلفة.

٣. **معايير العلوم للجيل القادم** Next Generation science standard:

(أ) **نشأة معايير العلوم للجيل القادم:**

شهد العقد الأخير من القرن الماضي ثورة علمية تكنولوجية هائلة؛ الأمر الذي أدى لضرورة صوغ معايير للتربية العلمية مطوَّرة مناسبة متطلبات القرن الحادي والعشرين وذلك في ضوء الهدف العام الذى حدده المجلس القومي للبحوث **National Research Council**، وهو مساعدة المتعلمين في فَهْم العلاقة بين كل من: العلوم، والرياضيات، والهندسة؛ مما يمكنهم من الإنتاج، والتفاعل مع المجتمع بإيجابية.

وقد أشار **National Research Council (2013, P. iv)** إلى صوغ معايير العلوم للجيل القادم المطورة التي أعدها اتحاد (٢٦) ولاية من الولايات المتحدة

الأمريكية بإشراف من شركة Achieve، والتي تعد تتويجًا لعملية استمرت ثلاث سنوات، أُصدِرت –من خلالها– الوثيقة التأسيسية لمعايير العلوم للجيل القادم وهى إطار عمل لتعليم العلوم من مرحلة رياض الأطفال للمرحلة الثانوية: الممارسات، والمفاهيم العابرة، والأفكار المحورية (A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas). ويعد الإطار عملًا مشتركًا بين كل من: المجلس القومي للبحوث National Research Council، والرابطة الوطنية لمعلمي العلوم The National Science Teachers Association، والجمعية الأمريكية لتقدم العلوم The American Association for the Advancement of Science، وشركة Achieve ، بدعم من مؤسسة كارنيجي بنيويورك The Carnegie Corporation of New York.

(ب) مفهوم معايير العلوم للجيل القادم:

عرف المجلس القومي للبحوث National Research Council (2013, P.) معايير العلوم للجيل القادم بأنها: " توقعات أداء Peformance Expectations (PEs) تصف نواتج التعلم المستهدفة، والمطلوب تحقيقها، ويكون المتعلمون قادرين على أدائها؛ لإظهار كفاءتهم في العلوم".[xiv]

وتعرفه الباحثة مقرر في التطور البيولوجي قائم على معايير العلوم للجيل القادم – إجرائيًا– في البحث الحالي بأنها:" توقعات الأداء المستهدفة من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية بالفرقة الرابعة بكلية التربية – جامعة الإسكندرية، والمتوقع تحقيقها من خلال تطبيقهم للممارسات العلمية والهندسية عند دراستهم لمقرر في التطور البيولوجي (والممثل لإحدى الفِكَر المحورية في مجال العلوم البيولوجية)، والتكامل بين تلك الممارسات والمحتوى التطوري من خلال المفاهيم العابرة للتخصصات؛ لتنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية".

(ج) أبعاد معايير العلوم للجيل القادم:

أوضح National Research Council (2012, P. xi-x) قيام المعايير على التكامل بين ثلاثة أبعاد؛ هي: الأفكار المحورية لمجال التخصص Disciplinary Core Ideas (DCIs) للمحتوى العلمي، والممارسات العلمية والهندسية Science

Cross-Cutting Concepts (CCs)، والمفاهيم العابرة **Practices Engineering (SEPs)**. فتعد العلوم والهندسة في الواقع مزيجًا بين المحتوى (الأفكار المحورية) والممارسة (الأنشطة)، ويمكن إيجاز الأبعاد الثلاثة فيما يأتي:

❖ **البُعد الأول: الممارسات Practices:**

ويصف هذا البعد نوعين من الممارسات؛ هما:

- **الممارسات العلمية: وهى تلك الممارسات الرئيسة التي يوظفها العلماء في أثناء استقصاءاتهم، وبناء النماذج والنظريات حول العالم الطبيعي**
- **الممارسات الهندسية: وهي مجموعة رئيسة من الممارسات الهندسية التي يستخدمها المهندسون؛ لتصميم الأنظمة، وبنائها.**

وقد استُخدم مصطلح الممارسات بدلًا من المهارات؛ للتأكيد على أن الانخراط في البحث العلمي لا يتطلب مهارة فقط، ولكن معرفة محددة لكل ممارسة؛ فالممارسات ليست استراتيجيات تدريس؛ بل تعد مؤشرات إنجاز، وأهداف تعلم مهمة في ذاتها.

ويمكن وصف بعض الممارسات العلمية، والتكنولوجية فيما يأتي:

- **طرح الأسئلة في العلوم.**
- **تحديد المشكلة في مجال الهندسة.**
- **تطوير النماذج، واستخدامها.**
- **تخطيط عمليات الاستقصاء العلمي، وتنفيذها.**
- **تحليل البيانات، وتفسيرها.**
- **استخدام التفكير الحاسوبي، والرياضياتي.**
- **بناء التفسيرات العلمية في مجال العلوم.**
- **تصميم الحلول في مجال الهندسة.**
- **بناء الحجج المستندة إلى الأدلة.**
- **استخدام مصادر المعلومات الموثوقة، ومشاركتها، وتقييمها.**

❖ **البعد الثاني: المفاهيم العابرة Cross-Cutting concepts:**

وهو عبارة عن مجموعة من المفاهيم المتداخلة التي تتعدد تطبيقاتها داخل مجالات العلوم المختلفة، بل وتربط بين مجالات العلوم المختلفة؛ فيهدف هذا البُعد لتحقيق التكامل بين الأفكار المحورية للتخصص (المحتوى) وممارساته.

ويمكن وصف المفاهيم العابرة للتخصصات فيما يأتي:

- **الأنماط، والآليات في التفسير.**
- **السبب، والنتيجة.**
- **المقياس، والنسبة، والكمية.**
- **الأنظمة، والنماذج.**
- **الطاقة، والمادة.**
- **الهيكل، والوظيفة.**
- **الثبات، والتغيير.**

❖ **البُعد الثالث: الأفكار المحورية للتخصص Disciplinary Core Ideas:**

مجموعة المفاهيم الكبرى في أربعة مجالات؛ هي: العلوم الفيزيائية، وعلوم الحياة، وعلوم الأرض والفضاء، والهندسة والتكنولوجيا وتطبيقات العلوم؛ لتحقيق الفهم العميق للمحتوى التخصصي. وتنماز الأفكار المحورية بالآتي:

- **لها أهمية واسعة عبر عديد من مجالات العلوم، والهندسة، أو تُمثل مبدأ تنظيميًا رئيسًا في المجال الواحد.**
- **توفير أداة رئيسة للفهم، واستقصاء الأفكار المعقدة، وحل المشكلات.**
- **تتعلق باهتمامات المتعلمين، وخبراتهم الحياتية، أو أن تكون مرتبطة بالأمور الشخصية أو المجتمعية التي تتطلب معرفة علمية، أو تقنية.**
- **أن تكون قابلة للتعليم، والتعلم على مراحل دراسية متعددة، بمستويات متزايدة من العمق، والتطور.**

ويمكن إيجاز الأفكار المحورية فيما يأتي:

- **مجال العلوم الفيزيائية: (المادة وتفاعلاتها، الحركة والثبات: صور القوة، والتفاعلات، الطاقة، الأمواج، وتطبيقاتها التكنولوجية؛ لنقل المعلومات)**

- **مجال العلوم البيولوجية: (من الجزيئات إلى الأعضاء: البنية، والعمليات، النظام البيئي: التفاعلات، والطاقة، والحركة، والوراثة وتنوع الصفات، والتطور البيولوجي: الوحدة والتنوع)**
- **مجال علوم الأرض والفضاء: (موقع الأرض في الكون، وأنظمة الأرض والنشاط البشري)**
- **الهندسة والتكنولوجيا وتطبيقات العلوم: (التصميم الهندسي، روابط التكامل بين الهندسة والتكنولوجيا، والعلم، والمجتمع).**

(د) خصائص معايير العلوم للجيل القادم:

أشار National Research Council (2012, PP. 297- 307) إلى ما يجب أن تتسم به المعايير، ويمكن توضيحها فيما يأتي:

- ✓ **تقديم محتوى علمي صارم، وتعكس تطبيقاته كيفية ممارسة العلوم والهندسة في العالم الحقيقي؛ حيث صُممت الممارسات العلمية والهندسية؛ لتُدرَّس ضمن سياق، وليس في الفراغ.**
- ✓ **تشجع التكامل بين المفاهيم المحورية كل عام.**
- ✓ **تركز على تطور مركز ومتماسك للمعرفة؛ مما يسمح ببناء المعرفة بشكل ديناميكي لتعليم العلوم عبر مرحلة رياض الأطفال وحتى المرحلة الثانوية –K 12.**
- ✓ **رفع التصميم الهندسي لنفس مستوى البحث العلمي في الفصول الدراسية للعلوم من خلال التأكيد على الأفكار الهندسية، والتطبيقات التكنولوجية**
- ✓ **يركز المحتوى على إعداد الطلاب للمهن المستقبلية المتعلقة بالعلوم، والهندسة، والرياضيات، والتكنولوجيا.**
- ✓ **التأكيد على المتعلم كمحور للعملية التعليمية، ومشاركته الفاعلة في تطبيق الممارسات.**
- ✓ **إتاحة الفرصة للمتعلمين لاختيار مصادر المعلومات الموثوقة، وتقييمها.**

ولقد أشار Bybee (2014, P.214) إلى تأثير معايير العلوم للجيل القادم على النظام التعليمي، المناهج، وإعداد المعلم، والتدريس، والتقييم، وتعلم الطلاب، وتحصيلهم؛ ويمكن توضيح أبرز مكوناته في الشكل رقم (٦) الآتي:

شكل رقم (٦):
تأثير معايير العلوم للجيل القادم على النظام التعليمي
Bybee (2014, 214)

وهناك عدد من الدراسات؛ مثل: Friedrichsen &Sickel (2013)؛ Bybee (٢٠١٤) ؛ Johnson& Lark (٢٠١٨)؛ Christensen& Lombardi (2020) ؛ Aminger et al(٢٠٢١) ؛ Ellis et al (٢٠٢١) ؛ Grether (2021) التي أشارت –جميعها– لضرورة تنمية فهم التطور، ومفاهيمه الرئيسة لدى المتعلمين في مرحلة التعليم قبل الجامعي، والطلاب معلمي العلوم البيولوجية في المرحلة الجامعية، بالإضافة لتطوير معرفتهم التربوية لكيفية تدريس التطور وفقًا للمعايير العالمية؛ مثل: معايير العلوم للجيل القادم NGSS؛ نظرًا لأنهم المعنيون بتطوير معرفة طلابهم وفقًا لتلك المعايير؛ لذا من الأولى الاهتمام بتطوير معرفتهم العلمية وممارساتهم التدريسية؛ وفقًا لمعايير العلوم للجيل القادم؛ فضلًا عن اصميم مقرراتهم الجامعية التطورية وفقًا للمعايير نفسها.

ثانيًا: إجراءات إعداد أداتي البحث، ومادتيه التعليميتين، وتجربته الميدانية:

سوف يُقسَم عرض إجراءات إعداد أداتي البحث، ومادتيه التعليميتين، وتجربته الميدانية إلى ثلاثة محاور رئيسة، على النحو التالي:

المحور الأول: إعداد مادتي البحث التعليميتين.

المحور الثاني: إعداد أداتي البحث.

المحور الثالث: إجراءات تجربة البحث.

وفيما يأتي بيان تلك المحاور تفصيلًا:

المحور الأول: إعداد مادتي البحث التعليميتين:

(مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم):

- تنطلق فلسفة بناء هذا المقرر من معايير العلوم للجيل القادم التي طورها المجلس القومي للبحوث في عام ٢٠١٣، والتي تقوم على التكامل بين ثلاثة أبعاد رئيسة؛ هي: المفاهيم المحورية، الممارسات العلمية والهندسية، والمفاهيم عابرة التخصصات. وتهدف هذه الصياغة المطورة لمعايير التربية العلمية إلى مواكبة الثورة العلمية والتكنولوجية التي يشهدها المجتمع العالمي الآن، وتهدف إلى مساعدة المتعلمين في فَهْم العلاقة بين كل من: العلوم، والرياضيات، والهندسة، وإعداد الطلاب للمهن المستقبلية المتعلقة بهم؛ مما يمكنهم من الإنتاج، والتفاعل مع المجتمع بإيجابية؛ فضلًا عن مساعدتهم في فهم طبيعة المعرفة العلمية، وكيف تتطور، وتوضيح الكيفية التي يفكر بها العلماء، وكيفية بناء تفسيرات بيولوجية بصورة علمية دقيقة. كما تساعد معايير العلوم للجيل القادم في تطوير اتجاهاتهم بشكل إيجابي نحو العلوم، والهندسة، والتكنولوجيا؛ مما يؤثر في استمرارهم في المجال العلمي؛ مما ينعكس على تطور المجتمع، ومواجهة تحدياته.

وقد اتُبع –في بناء المقرر – الإجراءات الآتية:

١. مصادر اشتقاق المقرر:

اعتمدت الباحثة – في بناء المقرر– على ما يأتي:

- **قراءة تحليلية ناقدة للمراجع البيولوجية الحديثة؛ لتحديد أبرز المفاهيم التطورية التي يجب تضمينها في تدريس التطور البيولوجي خلال المرحلة الجامعية.**
- **الاطلاع على معايير العلوم للجيل القادم NGSS الذي أطلقها المجلس القومي للبحوث؛ فضلًا عن معايير المحتوى لدى بعض الجامعات الأجنبية؛ مثل: جامعة هارفارد Harvard University، وجامعة تكساس Texas University، وجامعة أوميا بالسويد Umea Univirsity، وجامعة تنيسي The University of Tennessee، وجامعة بيرجن Bergen University، وجامعة أديلاديا بأستراليا الجنوبية The University of Adelaide؛ لتعرُّف أبرز المفاهيم التطورية التي يجب تضمينها في تدريس التطور البيولوجي خلال المرحلة الجامعية، بالإضافة للاطلاع على توصيفات مقررات التطور البيولوجي بالجامعات الأجنبية.**

٢. صوغ الأهداف العامة للمقرر:

هدف المقرر – بصفة عامة– إلى:

- ✓ **تطوير المعرفة بأهم المفاهيم، والنظريات التطورية.**
- ✓ **تطوير الفهم بطبيعة علم البيولوجي المرتبطة بالأشجار التطورية.**
- ✓ **تفسير أهمية العمليات التطورية لكل المجالات البيولوجية.**
- ✓ **استخدام الجزيئات الجينية لفهم شجرة الحياة.**
- ✓ **تحليل التباين الجيني؛ لفهم العلاقات بين الأنواع المختلفة.**
- ✓ **تصميم نماذج لتمثيل علاقة النسب بين الأنواع المختلفة.**
- ✓ **تفسير النماذج التطورية.**
- ✓ **بناء التفسيرات البيولوجية بشكل علمي دقيق.**
- ✓ **تطبيق بعض المفاهيم الإحصائية، والاحتمالية الرياضياتية الداعمة بناء التفسيرات البيولوجية.**

- ✓ تحديد طبيعة التطور بوصفه عملية مستمر، غير غائية.
- ✓ استخدام الأدلة لتفسير الظواهر البيولوجية المختلفة.
- ✓ استخدام الوسائل التكنولوجية، والمعامل الافتراضية؛ لفهم التطور، والأشجار التطورية.
- ✓ استخدام الأشجار التطورية لحل بعض المشكلات التطورية.
- ✓ تفنيد الأخطاء الشائعة المصاحبة لفهم نظرية التطور.

٣. **صوغ الأهداف الإجرائية للمقرر(نواتج التعلم المستهدفة من تدريس المقرر):**

صنفت الباحثة نواتج التعلم المستهدفة لأربعة مجالات رئيسة حددتها الهيئة القومية لضمان الجودة والاعتماد، والمتضَّمنَة بنموذج توصيفات المقررات المعتمدة؛ وبيانها كالآتي:

أ. المعرفة والفهم:

يتوقع أن يصبح الطالب معلم العلوم البيولوجية – بعد دراسة المقرر– قادرًا على أن:

- ✓ يحدد سمات علم دراسة الحياة.
- ✓ يعدد خصائص شجرة الحياة
- ✓ يُعرِّف الأشجار التطورية بدقة.
- ✓ يحدد الهدف من الأشجار التطورية.
- ✓ يحدد المكونات الرئيسة للشجرة التطورية.
- ✓ يتتبع الاتجاه الزمنى الصحيح للأشجار التطورية.
- ✓ يحدد السمات المشتقة لشجرة تطورية معينة.
- ✓ يُعرِّف التطور المحدود (التطور الأصغر).
- ✓ يُعرِّف التطور غير المحدود (التطور الأكبر).
- ✓ يصف آليات التطور المحدود.
- ✓ يُعرِّف السجل الحفري.
- ✓ يصف خصائص السجل الحفري.
- ✓ يحدد أهمية السجل الحفري.

- ✓ يحدد دور الانقراض، والتشعب التكيفي في التطور الأكبر.
- ✓ يصف العوامل المؤثرة في التشعب التكيفي.
- ✓ يحدد مراحل نشأة الأنواع الجديدة.
- ✓ يُعرِّف الانقراض.
- ✓ يصف نوعي الانقراض.
- ✓ يُعرِّف المفاهيم الرئيسة للاحتمالات.
- ✓ يُعرِّف مفهوم تجميعة الجينات.
- ✓ يصف المسار التطوري للإنسان في رتبة الرئيسيات.

ب. المهارات الذهنية:

يتوقع أن يصبح الطالب معلم العلوم البيولوجية – بعد دراسة المقرر– قادرًا على أن:

- ✓يستخدم الأشجار التطورية؛ كأمثلة لتعرُّف طبيعة العلوم البيولوجية.
- ✓يُقيم الأدلة التطورية؛ لحسم الجدل حول التطور البيولوجي.
- ✓يطبق معايير قراءة الأشجار التطورية على أشجار تطورية مختلفة.
- ✓يقارن الأشجار التطورية.
- ✓يفسر أهمية توريث السمات من أسلاف مشتركة.
- ✓يميز بين السمات المشتقة، والسمات الموروثة من السلف المشترك لشجرة تطورية محددة.
- ✓يستدل على تصنيف نوع معين من الكائنات الحية من البيانات الخام المقدمة حول مجموعة من السمات لبعض الكائنات الحية.
- ✓يبني شجرة التطورية؛ في ضوء الأدلة التطورية المُقدمة.
- ✓يستنتج موقع العقد الداخلية الصحيح لإضافة خط نسب جديد
- ✓يقارن بين تصنيف لينيوس، والتصنيف التفرعي للكائنات الحية.
- ✓يميز بين الأشجار التطورية المختلفة؛ وفقًا لاستدارة العقد الداخلية بأنماط مختلفة.
- ✓يميز المجموعات أحادية العرق، وشبه العرق، ومتعددة العرق.
- ✓يقارن بين التراكيب المتناظرة، والمتشابهة.
- ✓يستنتج نوعي عمليات التطور: التقاربي، والتباعدي.

- ✓يُبرر – بالأدلة– نشأة الأنواع بالتشعب من سلف مشترك.
- ✓يستنتج درجة ارتباط الأنواع المختلفة اعتمادًا على التحليل الجيني.
- ✓يُقيم الأشجار التطورية؛ في ضوء مبدأ **Parasimony**.
- ✓يستنتج حدود السجل الحفري.
- ✓يناظر الأحداث الكبرى بالحياة على المقياس الجيولوجي الزمني.
- ✓يميز الأدلة على حدوث الانقراض.
- ✓يطبق قوانين الاحتمالات في حساب الطرز الجينية الممكنة.
- ✓يطبق قانون هاردي–وينبرج في حساب تكرار الأليلات.
- ✓يناقش الأدلة المرتبطة بنشأة الإنسان، وتطوره.
- ✓يحلل المجادلات المرتبط بنشأة الإنسان، وتطوره.
- ✓يتخذ قرار تجاه نشأة الإنسان؛ مدعمًا وجهة نظره بالحُجج، والأدلة.

ج. المهارات المهنية/ العملية:

يتوقع أن يصبح الطالب معلم العلوم البيولوجية – بعد دراسة المقرر– قادرًا على أن:

- ✓ يطبق عمليات الاستقصاء العلمي؛ في حل المشكلات البيولوجية.
- ✓ يرسم الأشجار التطورية بتدقيق؛ في ضوء مصفوفة البيانات الخام المتاحة.
- ✓ يرسم الأشجار التطورية بأكثر من طريقة متكافئة.
- ✓ يقرأ الأشجار التطورية بتدقيق.
- ✓ يطرح فروض، وتنبؤات تدعمها أدلة تطورية.
- ✓ يستخدم نماذج المحاكاة التي تحاكي بعض المشكلات التطورية.
- ✓ يرسم خط زمني لتاريخ الحياة على الأرض مشيرًا لأهم الأحداث البيولوجية.
- ✓ يقرأ الرسوم البيانية بتدقيق.

د. المهارات العامة:

يتوقع أن يصبح الطالب معلم العلوم البيولوجية – بعد دراسة المقرر– قادرًا على أن:

- ✓ يُكون اتجاهًا إيجابيًا حول نظرية التطور.
- ✓ يُقيم مصادر المعلومات المختلفة.
- ✓ ينشر مصادر المعلومات الموثوقة، والتواصل حولها.

- ✓ يُقدر دور الاحتمالات الرياضياتية في مجال البيولوجي وبخاصة الوراثة.

٤. تحديد محتوى المقرر:

صممت الباحثة – في ضوء الأهداف المحددة سلفًا– محتوى المقرر في ضوء معايير العلوم للجيل القادم بحيث تتكامل المفاهيم المحورية، والممارسات العلمية والهندسية، والمفاهيم العابرة للتخصصات، وقد حددت الباحثة محتوى المقرر في عدد من المفاهيم الحاكمة للتطور البيولوجي موزعة على أربعة محاور رئيسة؛ كالآتي:

جدول رقم (٢):

محتوى مقرر التطور البيولوجي:

محتوى المقرر	
	المحور الأول: علم دراسة الحياة: **١. خصائص الحياة.** **٢. خصائص شجرة الحياة.** **٣. تاريخ الفكر التطوري.** **٤. ممارسة البيولوجي.** **المحور الثاني: علم تطور الأنساب، وتاريخ الحياة:** **– أدوات دراسة تاريخ الحياة:** **١. الأشجار التطورية:** • **التصنيف التفرعي للكائنات الحية.** • **مفهوم الأشجار التطورية.** • **أهمية الأشجار التطورية.** • **مكونات الأشجار التطورية.** • **قراءة الأشجار التطورية، وتفسيرها.** • **المجوعات أحادية العرق، وشبه عرق، ومتعددة العرق.** • **مبدأ Parasimony.** • **التشابه، والتناظر.** **٢. السجل الحفري.** **٣. التشعب التكيفي.** **٤. الانقراض.** **– التطور الأكبر" غير المحدود"، والتطور الأصغر" المحدود"** **المحور الثالث: الوراثة في المجتمعات:** **١. قوانين الاحتمالات.** **٢. قانون هاردي وينبرج.** **المحور الرابع: نشأة الإنسان، وتطوره.**

٥. تحديد استراتيجيات التعليم، والتعلم:

اعتمدت الباحثة – في ضوء ما وُضع للمقرر من أهداف– على مجموعة من الاستراتيجيات المتنوعة؛ أبرزها: حل المشكلات، والمناقشة وطرح الأسئلة، والعصف الذهني، ودورة التعلم 5E'S، وخرائط المفاهيم.

٦. تحديد أنشطة التعليم، والتعلم:

تضمن المقرر مجموعة من الأنشطة؛ موزعة على موضوعاته؛ سواء كانت الأنشطة المتضمنة داخل المرجع العلمي للطالب، أو التكليفات المُرفقة بدليل عضو هيئة التدريس، وقد روعي– عند اختيار تلك الأنشطة– أن:

- ✓ **ترتبط بأهداف المقرر، ومحتواه، ومصادره التعليمية، وأساليب تقييمه.**
- ✓ **تتيح الفرص لجميع المعلمين المشاركة الإيجابية، والفعالة في أداء النشاط المطلوب.**
- ✓ **تتنوع الأنشطة؛ لتشمل أنشطة يؤديها الطلاب المعلمون في أثناء اللقاءات مع المرشد التدريسي داخل قاعة الدراسة، أو في المكتبة، أو في المنزل.**

٧ -تحديد المواد، والمصادر التعليمية:

وتضمنت تلك المصادر ما يأتي:

- ✓ **شبكة الإنترنت (فيديوهات تعليمية على Youtube، مواقع الإنترنت ذات الصلة بموضوع الدراسة، نماذج المحاكاة الكمبيوترية التي توفرها المعامل الافتراضية المتخصصة بالتطور البيولوجي؛ مثل:Biomed التابع لجامعة Brown University، ومعامل نوفا للتطور Nova Evolutionary Lab).**
- ✓ **الكتب، والمراجع العلمية المتخصصة المُلحقة بالبرنامج؛ لإثراء معرفة الطلاب.**
- ✓ **عروضًا تقديمية؛ لتقديم محتوى البرنامج.**

٨ -تحديد أساليب التقييم:

ارتبط تنفيذ البرنامج بثلاثة أشكال للتقويم؛ هى:

- ✓ **تقييم أولي "Pre " : في بداية المقرر بعد أول لقاء؛ لتعرف إمكانات الطلاب، وقدراتهم، والمستوى المبدئي لمعارفهم فيما يخص متغيري البحث.**

- ✓ **تقييم تكويني " formative assessment ": في أثناء المقرر؛ من خلال تنفيذ أوراق العمل، والمشاركة في المناقشات والتعليقات؛ فضلًا عن ملف الإنجاز الذى يتضمن أنشطة التعليم، والتعلم التي يؤديها الطالب المعلم، وإنجازاته.**
- ✓ **تقييم نهائي " summative assessment ": في نهاية المقرر، وبعد الانتهاء من تدريس المقرر؛ للحكم على مدى فاعليته، وما حققه من أهداف، وجرى التقويم بواسطة:**
  - **اختبار التفكير الشجري التطوري "اختيار من متعدد".**
  - **اختبار بناء التفسيرات البيولوجية " مفتوح".**

إعداد دليل عضو هيئة التدريس:

أعدت الباحثة دليلًا لعضو هيئة التدريس؛ لإرشاده في أثناء تدريس مقرر التطور البيولوجي؛ وتضمن ما يأتي:

- ✓ **مقدمة المقرر.**
- ✓ **فلسفة بناء المقرر.**
- ✓ **توصيف المقرر:**

اعتمدت الباحثة لتصميم توصيف لمقرر التطور البيولوجي على نموذج التوصيف المعتمد من الهيئة القومية لضمان الجودة والاعتماد، والمتضمن ما يأتي:

- **بيانات المقرر.**
- **الأهداف العامة للمقرر.**
- **المستهدف من تدريس المقرر(نواتج التعلم المستهدفة)؛ ويتضمن:**
  - **المعلومات والمفاهيم.**
  - **المهارات الذهنية.**
  - **المهارات العملية/المهنية.**
  - **المهارات العامة.**
- **محتوى المقرر.**
- **أساليب التعليم والتعلم.**
- **تقويم الطلاب.**
- **قائمة الكتب، والمراجع.**

- ✓ خطة توزيع محتوى المقرر على الفصل الدراسي.
- ✓ نماذج إرشادية من تدريس بعض الأنشطة؛ وفقًا لاستراتيجيات التدريس المختلفة.
- ✓ مصادر تعليمية مقترحة لتنفيذ المقرر.
- ✓ دليل تقييمي إضافي للمقرر.

٥. التحقق من صلاحية المقرر:

عُرض المقرر بكل ما يتضمنه – للتحقق من صلاحيته– على مجموعة من المُحكَّمين المختصين في مجال العلوم البيولوجية، وتعليمها، وطُلب إليهم إبداء الرأي في درجة:

- ✓ ارتباط المحتوى بنواتج التعلم المستهدفة من المقرر.
- ✓ كفاية المحتوى؛ لتحقيق الأهداف.
- ✓ صحة المحتوى العلمي، ووضوحه.
- ✓ مناسبة المحتوى خصائص عينة الدراسة.
- ✓ كفاية عناصر الدليل بالنسبة للهدف المرجو منها.
- ✓ التسلسل المنطقي في عرض عناصر الدليل.

وفيما يلي ملخص ما أبداه المحكمون من آراء:

- ✓ موضوعات المحتوى مرتبطة بأهداف المقرر.
- ✓ ضرورة إعادة صوغ بعض فقرات المحتوى؛ لتصبح أكثر وضوحًا، وأيسر فهمًا.
- ✓ ضرورة حذف بعض فقرات المحتوى؛ نظرًا لعدم جدواها بالنسبة للطلاب دارسي البيولوجي؛ مما يعد تطويلًا زائدًا.
- ✓ إعادة ترتيب عرض بعض الموضوعات؛ بما يتناسب مع التسلسل المنطقي للمحتوى المتضمن فيها.
- ✓ صلاحية الدليل للغرض الذى أُعدت من أجله.

وبمراعاة ما أوصى به المحكمون من ملاحظات، يكون قد تحقق صدق محتوى المقرر، والدليل.

المحور الثاني: إعداد أداتي البحث، وضبطهما:

تمثلت أداتا الدراسة في:

١) اختبار التفكير الشجري التطوري.

٢) اختبار بناء التفسيرات البيولوجية.

وفيما يلي وصف الإجراءات المتبعة في إعداد كل أداة من كلتا الأداتين تفصيلًا، وكيفية ضبطهما:

١) اختبار التفكير الشجري التطوري

أعدت الباحثة اختبارًا موضوعيًا من نوع الاختيار من متعدد، متضمنًا(٣١) سؤالًا موزعين على خمس مهارات رئيسة؛ لقياس مدى تمكن الطلاب معلمي العلوم البيولوجية من مهارات التفكير الشجري التطوري.

واتُبعت – في إعداد اختبار التفكير الشجري التطوري – الخطوات الآتية:

١ –تحديد الهدف من الاختبار:

هدف الاختبار الموضوعي إلى تعرف مدى تمكن الطلاب معلمي العلوم البيولوجية من مهارات التفكير الشجري التطوري.

تحديد مهارات اختبار التفكير الشجري التطوري:

أعدت الباحثة– في ضوء ما رُوجع من أدبيات، ودراسات ذات صلة بالتفكير الشجري التطوري– قائمة مبدئية صيغت بنودها في استبانة؛ لتحديد القائمة النهائية لمهارات التفكير الشجري التطوري، ومؤشراتها الفرعية، ومر إعدادها بالخطوات الآتية:

- **بناء الاستبانة: مر بناء الاستبانة بخطوات عدة يمكن توضيحها فيما يأتي:**

تحديد الهدف من الاستبانة:

- **هدفت الاستبانة إلى إعداد قائمة ثابتة، وصادقة لمهارات التفكير الشجري التطوري، ومؤشراتها الفرعية المتضمنة بكل مهارة.**

تحديد أبعاد الاستبانة، ومفرداتها الفرعية:

تُوصِّل – في ضوء المصادر السابقة– إلى قائمة مبدئية لمهارات التفكير الشجري التطوري، ومؤشراتها الفرعية البالغ عددها (٢٨) مؤشرًا فرعيًا وُزعوا على خمس مهارات رئيسة.

صوغ مفردات الاستبانة:

بعد تحديد المهارات الرئيسة، وما تضمنته من مؤشرات فرعية؛ صاغت الباحثة عبارات الاستبانة في صورة مفردات إجرائية، ورُوعِي فيها ما يأتي: عدم تضمن المفردة أكثر من استجابة، ووضوح المفردة، وتدقيقها، وتحديدها، وانتماء المفردة للمهارة الرئيسة للتفكير الشجري التطوري.

وضع نظام تقدير الدرجات:

طُلب من مجموعة من المُحكَّمين إبداء الرأي في هذه الاستبانة؛ من حيث: مدى انتماء المؤشرات الفرعية لكل مهارة من المهارات الرئيسة، ومدى مناسبتها للطلاب معلمي العلوم البيولوجية، واقتراح أي مفردات لم ترد في الاستبانة؛ فضلًا عن أي مقترحات حول صوغ المفردات لغةً. وَقُدِّرَتْ درجة أهمية كل مؤشر مندرج في كل ممارسة وفق مقياس ليكرت الثلاثي الذي يوضح درجة انتماء المفردة على النحو الآتي: (تنتمي، إلى حد ما، لا تنتمي)، وأُعطيت القيمة الرقمية التالية لكل استجابة: تنتمي (٣) درجات، إلى حد ما (درجتان)، لا تنتمي (درجة واحدة)، وقد سَمَحَ هذا الأسلوب بحساب المتوسط الحسابي لكل استجابة، واستخراج النسب المئوية، وبالتالي التوصل – في ضوء آراء السادة المُحكَّمين– إلى مهارات التفكير الشجري التطوري، وما تتضمنه كل مهارة من مؤشرات تعبر عنها.

صوغ تعليمات الاستبانة:

جاءت تعليمات الاستبانة واضحة ومعبرة عما يأتي: الهدف من الاستبانة، موضحة كيفية وضع العلامات في المكان المناسب لدرجة الانتماء، وتوزيع الدرجات حسب درجة الانتماء.

ضبط الاستبانة:

عُرِضَتْ الاستبانة – في صورتها الأولية– على مجموعة من المحكمين بعد تحديد ممارساتها العلمية، وصوغ مؤشراتها، ووُضِعَتْ تعليماتها بصورة مبدئية، ثم عرضت عليهم بوصفهم مختصين في مجال المناهج، وتعليم العلوم؛ لمراجعة عباراتها؛ في ضوء المعايير الآتية: مدى انتماء المفردة الفرعية للبُعد الرئيس المقترح (تنتمي / إلى حد ما/ لا تنتمي)، وإضافة أي مفردة، أو حذفها، أو تعديلها.

وعُدِّلت القائمة؛ في ضوء آراء المحكَّمين، ومقترحاتهم، وصولًا إلى صورتها النهائية المتضمنة (٢٨) مؤشرًا فرعيًا موزعين على خمس مهارات رئيسة.

صدق الاستبانة:

اعتمدت الباحثة – في حساب صدق الاستبانة– على صدق المحتوى؛ من خلال عرض الاستبانة على مجموعة من المختصين في العلوم، وتدريسها، وحُذِفَتْ العبارات التي أجمع المحكمون على استبعادها، وتعديل العبارات موضع الاختلاف.

وتُوصِّل– في ضوء نتائج الاستبانة– إلى قائمة مهارات التفكير الشجري التطوري، ومؤشراتها الفرعية، التي تمثل مدى امتلاك الطلاب معلمي العلوم البيولوجية من مهارات التفكير الشجري التطوري، وتتمثل هذه المهارات في:

- **تحديد تركيب الأشجار التطورية.**
- **معالجة السمات المشتقة.**
- **تحليل العلاقات التطورية.**
- **مقارنة الأشجار التطورية.**
- **الجدل والاستدلال حول الأشجار التطورية.**

٢ – صوغ مفردات الاختبار:

صيغت مفردات الاختبار في نمط الاختيار من متعدد؛ لما لها من مميزات سيكومترية، وإحصائية، وما تتسم به من قدرة على تحقيق درجة عالية من تغطية جوانب التعلم المستهدفة، وتضمن الاختبار – في صورته الأولية – (٣١) سؤالًا يقيس مستوى التفكير الشجري التطوري؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية.

٣–إعداد جدول توزيع أسئلة الاختبار على مهارات التفكير الشجري التطوري الرئيسة للاختبار:

تضمن الاختبار (٣١) سؤالًا موزعين – في ضوء آراء المُحَكَّمين– على خمس مهارات رئيسة؛ وقد أُعِدَّ الاختبار، وحُدد عدد الأسئلة لكل مهارة من مهارات الاختبار كما هو موضح في الجدول رقم (٣) الآتي:

جدول رقم (٣):

توزيع أسئلة اختبار التفكير الشجري التطوري على المهارات الرئيسة للاختبار، وأرقام الأسئلة التي تقيسها:

مهارات الاختبار	عدد الأسئلة لكل مهارة	أرقام الأسئلة التي تقيسها كل مهارة	نسبة تمثيل كل مهارة رئيسة في الاختبار	مجموع الدرجات
١. حديد بنية الأشجار التطورية.	٦	١، ٢، ٣، ٤ ، ٥، ١١	%١٩	٦
٢. عالجة السمات المشتقة.	٦	٦، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١٢	%١٩	٦
٣. تحليل العلاقات التطورية.	٨	١٣، ١٤، ١٥، ١٦، ١٧، ١٨، ١٩، ٢٠	%٢٦	٨
٤. مقارنة الأشجار التطورية.	٤	٢١، ٢٢، ٢٣، ٢٤	%١٣	٤
٥. الجدل، والاستدلال	٧	٢٥، ٢٦، ٢٧، ٢٨، ٢٩، ٣٠، ٣١	%٢٣	٧
المجموع	٣١	٣١	%١٠٠	٣١

٤ –صوغ تعليمات الاختبار:

صيغت تعليمات الاختبار مع مراعاة الإيجاز والوضوح، وأن تؤدي إلى فهم الهدف من الاختبار، وطريقة الإجابة عنه، مع ذكر مثال يوضح كيفية الإجابة، وكيفية استخدام ورقة الإجابة المخصصة لذلك.

٥– وضع نظام تقدير الدرجات:

وُضع نظام تقدير الدرجات في هذا الاختبار؛ بحيث تُعطى (درجة واحدة) فقط حال الإجابة الصواب للسؤال، و(صفر) في حالة الإجابة الخطأ.

٦– تحديد صدق محتوى الاختبار:

تم التحقق من صدق محتوى الاختبار؛ من خلال عرض الاختبار– في صورته الأولية– على مجموعة من المُحكَّمين في مجال تعليم العلوم؛ مصحوبًا بمقدمة تضمنت عناصر محتوى البرنامج، وأهدافه، وجدول مواصفات الاختبار؛ للتأكد من:

- **صدق انتماء أسئلة الاختبار للبعد المناسب.**
- **صدق تمثيل أسئلة للأهداف التي تستهدف قياسها.**
- **ملاءمة اللغة، والرموز المستخدمة في صوغ أسئلة الاختبار.**
- **مناسبة التعليمات الخاصة بالاختبار.**
- **صلاحية النظام المقترح لتقدير الدرجات.**

وقد اتفق المحكمون على مناسبة جميع أسئلة الاختبار، ولم يشر أي محكم من المُحكمين إلى أية تعديلات تذكر على الاختبار، وبالتالي توصلت الباحثة إلى الصورة المبدئية للاختبار، متضمنة (٣١) سؤالًا.

٧–التجريب الاستطلاعي للاختبار:

جُرِّبَ الاختبار – استطلاعيًا– على عينة عشوائية (غير عينة الدراسة) قوامها(٢٥) طالبًا وطالبةً من طلاب الفرقة الرابعة – شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية بكلية التربية – جامعة الإسكندرية، في الفصل الدراسي الثاني من العام الدراسي ٢٠٢١– ٢٠٢٢.

وبعد الانتهاء من إجراء التجربة الاستطلاعية للاختبار صُحِّحَ ورُصِدَتْ درجات الطلاب؛ لتحديد الضبط الإحصائي للاختبار (تحديد معاملات السهولة، والتمييزية لمفردات الاختبار، وحساب ثبات الاختبار، والزمن المناسب للإجابة).

- **٨. الضبط الإحصائي للاختبار:**

٨–١ تحديد معامل السهولة لمفردات الاختبار:

حُسب معامل السهولة لكل مفردة من مفردات الاختبار؛ في ضوء المعادلة الآتية: (أبو حطب، وصادق، ١٩٩١)

$$F.I = \frac{R}{R+W}$$

R: عدد الاستجابات الصواب.

W : عدد الاستجابات الخطأ.

وتعدُّ المفردة التي يزيد معامل سهولتها عن (٠.٩) مفردةً شديدة السهولة، والمفردة التي يقل معامل سهولتها عن (٠.١) مفردة شديدة الصعوبة، وبلغ متوسط معامل السهولة (٠.٤) ؛ مما يدل على أن دلائل السهولة لمفردات الاختبار مقبولة.

٨–٢ تحديد معامل التمييزية لمفردات الاختبار:

حُسب معامل التمييزية باستخدام المعادلة التالية:

$$D.I = \frac{Q\,H - QL}{{}^{1}/_{4}\,N}$$

QH : عدد الإجابات الصواب عن المفردة في الإرباعى الأعلى للطلاب.

QL : عدد الإجابات الصواب عن المفردة في الإرباعى الأدنى للطلاب.

N : عدد أفراد العينة الذين أجابوا عن الاختبار.

وقد تراوحت معاملات التمييزية لمفردات الاختبار بين القيمتين: (٠.٢٥–٠.٧٥)، وبلغ متوسط معامل التمييزية (٠.٣)؛ وهذه النسبة مقبولة في تعبيرها عن قدرة المفردات على التمييز بين طلاب كلا الإرباعيين: الأعلى، والأدنى في الإجابة عن الاختبار.

٨–٣ تحديد ثبات الاختبار:

استُخدمت– لحساب معامل ثبات الاختبار– معادلة كيودر ريتشاردسون Kuder–Richarson$_{20}$

(أبو حطب، وصادق، ١٩٩١)، وهي المعادلة الأكثر تدقيقًا في حساب ثبات الاختبار.

$$R_{KR20} = \frac{K}{K-1}\left(1 - \frac{\sum pq}{s^2}\right)$$

k: عدد مفردات الاختبار.

p: نسبة الذين أجابوا عن المفردة إجابة صوابًا.

q: نسبة الذين أجابوا عن المفردة إجابة خطأ.

S^2: تباين الاختبار.

وقد بلغ معامل ثبات الاختبار (٠.٨٣)؛ وهي قيمة تدل أنه يمكن الوثوق في الاختبار كأداة لقياس مستوى الطلاب في التفكير الشجري التطوري.

٨–٤ تحديد زمن الاختبار:

حُسب الزمن المناسب للإجابة عن أسئلة الاختبار؛ من خلال حساب متوسط زمن إجابة أفراد العينة الذين يمثلون الإرباعى الأقل زمنًا، ومتوسط زمن أفراد العينة الذين يمثلون الإرباعى الأعلى زمنًا، ثم حساب متوسط الزمنين، وفي ضوء ذلك صار الزمن المحدد للاختبار(٦٠) دقيقةً تقريبًا، وهو ما يوضحه الجدول رقم (٤) الآتي:

جدول رقم (٤):
حساب زمن اختبار التفكير الشجري التطوري:

متوسط زمن الأفراد الذين يمثلون		متوسط الزمن
الإرباعي الأقل زمنًا	الإرباعي الأعلى زمنًا	
٤٥ دقيقة	٧٥ دقيقة	٦٠ دقيقة

٩. الصورة النهائية للاختبار:

بعد التأكد من صدق الاختبار، وثباته، والتحقق من مناسبة مفرداته – بعد حساب معاملات السهولة، والتمييزية– صار الاختبار – في صورته النهائية – صالحًا للتطبيق متضمنًا (٣١) سؤالًا.

اختبار بناء التفسيرات البيولوجية

ومرَّ إعداده بالخطوات التالية:

١. تحديد الهدف من اختبار بناء التفسيرات البيولوجية:

هدف هذا الاختبار لتقييم قدرة الطلاب معلمي العلوم البيولوجية على بناء تفسيرات بيولوجية بشكل علمي مدقق؛ فضلًا عن الكشف عن بعض التصورات البديلة لدى الطلاب المعلمين، وذلك من خلال أسئلة مقالية قصيرة.

٢. صوغ مفردات الاختبار:

صيغت مفردات الاختبار المفتوح في (١٢) سؤالًا من نوع المقال القصير؛ لتقييم جودة التفسيرات البيولوجية المُقدَّمَة من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية، ووُزِعت أسئلة الاختبار على المحاور الأربعة الرئيسة التي بُني حولها مقرر التطور البيولوجي؛ وفقًا للوزن النسبي لكل محور من المحاور الأربعة.

٣. وضع تعليمات الاختبار:

روعي – عند صوغ تعليمات الاختبار المفتوح– أن تكون واضحة، ومباشرة، وأن توجه الطلاب إلى كيفية الإجابة عن أسئلة المقال القصيرة، ومن بين التعليمات التي شملها الاختبار المفتوح؛ ما يأتي:

- بيانات خاصة بالطالب.
- الهدف من الاختبار المفتوح.

- **كيفية الإجابة عن مفردات الاختبار المفتوح.**
- **تنبيه الطلاب على قراءة كل سؤالٍ بعنايةٍ، وعدم ترك أيَّ سؤالٍ بدون إجابة.**

٤. <u>تحديد أبعاد النموذج المقترح؛ لتقييم جودة التفسيرات البيولوجية:</u>

أعدت الباحثة– في ضوء ما رُوجع من أدبيات، ودراسات ذات صلة ببناء التفسيرات البيولوجية – قائمة مبدئية صيغت بنودها في استبانة؛ لتحديد القائمة النهائية لأبعاد تقييم جودة بناء التفسيرات البيولوجية، ومهاراتها الفرعية؛ تمهيدًا لإعداد قواعد التقدير المتدرجة المُستخدمة لتصحيح الاختبار المفتوح لبناء التفسيرات البيولوجية؛ لقياس مدى تحقق تلك الأبعاد لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية، ومر إعدادها بالخطوات التالية:

- **بناء الاستبانة: مر بناء الاستبانة بخطوات عدة يمكن توضيحها فيما يأتي:**

<u>تحديد الهدف من الاستبانة:</u>

هدفت الاستبانة إلى إعداد قائمة ثابتة، وصادقة لأبعاد تقييم جودة بناء التفسيرات البيولوجية، ومهاراتها الفرعية المتضمنة بكل بُعد.

<u>تحديد أبعاد الاستبانة، ومفرداتها الفرعية:</u>

تُوصِّل – في ضوء المصادر السابقة– إلى قائمة مبدئية لأبعاد تقييم جودة بناء التفسيرات البيولوجية، ومهاراتها الفرعية البالغ عددها (١٠) مهارات فرعية موزعة على أربعة أبعاد رئيسة.

<u>صوغ مفردات الاستبانة:</u>

بعد تحديد الأبعاد الرئيسة، وما تضمنته من مهارات فرعية؛ صاغت الباحثة عبارات الاستبانة في صورة مفردات إجرائية، ورُوعِي فيها ما يأتي: عدم تضمن المفردة أكثر من استجابة، ووضوح المفردة، وتدقيقها، وتحديدها، وانتماء المفردة للبُعد الرئيس لجودة بناء التفسيرات البيولوجية.

وضع نظام تقدير الدرجات:

طُلب من مجموعة من المحكَّمين إبداء الرأي في هذه الاستبانة؛ من حيث: مدى انتماء المهارات الفرعية لكل بُعد من الأبعاد الرئيسة، ومدى مناسبتها للطلاب معلمي العلوم البيولوجية والجيولوجية بالفرقة الرابعة، واقتراح أي مفردات لم ترد في الاستبانة؛ فضلًا عن أي مقترحات حول صوغ المفردات لغةً. وَقُدِّرَتْ درجة أهمية كل مهارة مندرجة في كل بُعد وفق مقياس ليكرت الثلاثي الذي يوضح درجة انتماء المفردة على النحو الآتي: (تنتمي، إلى حد ما، لا تنتمي)، وأُعطيت القيمة الرقمية التالية لكل استجابة: تنتمي (٣) درجات، إلى حد ما (درجتان)، لا تنتمي (درجة واحدة)، وقد سَمَحَ هذا الأسلوب بحساب المتوسط الحسابي لكل استجابة، واستخراج النسب المئوية، وبالتالي التوصل – في ضوء آراء السادة المُحكَّمين– إلى أبعاد تقييم جودة بناء التفسيرات البيولوجية، وما يتضمنه كل بُعد من مهارات تعبر عنه.

صوغ تعليمات الاستبانة:

جاءت تعليمات الاستبانة واضحة ومعبرة عما يأتي: الهدف من الاستبانة، موضحة كيفية وضع العلامات في المكان المناسب لدرجة الانتماء، وتوزيع الدرجات حسب درجة الانتماء.

ضبط الاستبانة:

عُرِضَتْ الاستبانة – في صورتها الأولية– على مجموعة من المحكَّمين بعد تحديد أبعادها، وصوغ مهاراتها، ووُضِعَتْ تعليماتها بصورة مبدئية، ثم عرضت عليهم بوصفهم مختصين في مجال المناهج، وتعليم العلوم؛ لمراجعة عباراتها؛ في ضوء المعايير الآتية: مدى انتماء المفردة الفرعية للبُعد الرئيس المقترح (تنتمي / إلى حد ما/ لا تنتمي)، وإضافة أي مفردة، أو حذفها، أو تعديلها.

وعُدِّلت القائمة؛ في ضوء آراء المحكَّمين، ومقترحاتهم، وصولًا إلى صورتها النهائية المكونة من (١٠) مهارات فرعية موزعة على أربعة أبعاد رئيسة.

صدق الاستبانة:

اعتمدت الباحثة في حساب صدق الاستبانة على صدق المحتوى؛ من خلال عرض الاستبانة على مجموعة من المتخصصين في العلوم، وتدريسها، وحُذِفَتْ العبارات التي أجمع المحكمون على استبعادها، وتعديل العبارات موضع الاختلاف.

وتُوصِّل– في ضوء نتائج الاستبانة– إلى قائمة أبعاد تقييم جودة بناء التفسيرات البيولوجية، ومهاراتها الفرعية؛ التي تمثل مدى قدرة طلاب الفرقة الرابعة شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية بناء تفسيرات بيولوجية بشكل علمي مدقق، وتتمثل هذه الأبعاد في:

- الملاءمة.
- تحديد الفرضية.
- الإطار المفاهيمي.
- الاستدلال المنطقي.

٥. إعداد مقياس الأداء المتدرج Rubrics، وضبطه:

أُعد مقياس الأداء المتدرج؛ للمساعدة في التوصل لتقدير كمي دقيق لاستجابات الطلاب المتعلقة بـ(١٢) سؤالًا بالاختبار، وعُرض مقياس الأداء المتدرج على مجموعة من المُحكَّمين في مجال التربية العلمية؛ للتأكد من شموليته، ووضوحه، وتعديله في صورته النهائية.

٦. <u>تقدير درجات الاختبار وطريقة التصحيح:</u>

صُحِّحَ الاختبار المفتوح باستخدام قواعد التقدير المتدرجة Rubrics، التي وُضعت في ضوء قائمة أبعاد تقييم جودة التفسيرات البيولوجية التي صممتها الباحثة، والتي تمثل دليلًا استرشاديًا لتصحيح الاختبار المفتوح مع مراعاة ما يأتي:

- يحصل الطالب على (٤) درجات إذا كان مستوى التفسير البيولوجي عميقًا، ويحصل على (٣) درجات إذا كان مستوى التفسير البيولوجي مميزًا، أما إذا كان مستوى التفسير البيولوجي سطحيًا فيحصل الطالب على درجتين، أما إذا كان التفسير خطأ فذلك يشمل احتمَالين؛ إما أن يحصل الطالب على درجة واحدة إذا بدأ الإجابة ولكنه فشل في الاستمرار، أو صفر إن لم يُجب.
- تكون الدرجة الكلية للاختبار المفتوح= (١٢ سؤالًا x ٤)؛ فتكون الدرجة الكلية للاختبار المفتوح (٤٨) درجة.

ويمكن توضيح درجات التقدير الكمي للاختبار المفتوح لتقييم قدرة الطلاب معلمي العلوم البيولوجية على بناء تفسيرات بيولوجية من خلال الجدول رقم (٥) التالي:

جدول رقم (٥):
مجموع درجات التقدير الكمي للاختبار المفتوح:

محاور الاختبار	رقم السؤال	مجموع الدرجات
المحور الأول: علم دراسة الحياة.	٧، ٨	٨
المحور الثاني: علم تطور الأنساب، وتاريخ الحياة.	١، ٢، ٦، ١٠، ١١، ١٢	٢٤
الوراثة في المجتمعات.	٣، ٤، ٥	١٢
نشأة الإنسان، وتطوره.	٩	٤
المجموع .	١٢ سؤال	٤٨

٧. ضبط الاختبار:

٧–١ التحقق من صدق الاختبار:

تمَّ التحقق من مدى تمثيل مفردات الاختبار للأهداف المحددة له؛ عن طريق صدق المحتوى؛ بعرض الاختبار المفتوح – في صورته المبدئية – على المُحكَّمين المتخصصين في مجال التربية العلمية؛ للتأكد مما يلي:

- تمثيل كل سؤال للهدف الذي وضع لقياسه.
- التدقيق العلمي لأسئلة الاختبار المفتوح.
- وضوح تعليمات الاختبار المفتوح.

٧–٢ ثبات الاختبار المفتوح:

لحساب ثبات الاختبار المفتوح؛ استخدمت الباحثة:

- اتفاق المصححين في حساب الثبات:

وحُدِّدَ عدد مرات الاتفاق بين المصححين، وعدد مرات عدم الاتفاق، ثم حساب نسبة الاتفاق بين الملاحظين؛ باستخدام المعادلة التي وضعها Fiendley &Cooper (١٩٨٧)؛ لحساب نسبة الاتفاق؛ وهي :

$$\text{Agreement Ratio} = \frac{AF}{AF+DF}$$

Af= تكرار عدد مرات الاتفاق.

Df= تكرار عدد مرات الاختلاف.

وقد حدد Cooper& Fiendley مستوى الثبات بدلالة نسبة الاتفاق؛ بأنها إذا كانت أقل من (٧٠%)؛ فهذا يعبر عن انخفاض ثبات الاختبار المفتوح، وإذا كانت نسبة الاتفاق (٨٥%)فأكثر؛ فهذا يدل على ارتفاع ثبات الاختبار المفتوح.

وبِناءً على ذلك، قدرت الباحثة درجات (١٠) من أوراق الاختبار المفتوح – مستعينةً بأحد الزملاء معها – وبعد تطبيق المعادلة المذكورة كانت نسبة الاتفاق بين المصححين؛ كما يوضحها الجدول رقم (٦) الآتي:

جدول رقم (٦):
نسبة الاتفاق بين المصححين

الطالب	الأسئلة	عدد مرات الاتفاق	عدد مرات الاختلاف	النسبة المئوية
الأول	١٢	١٢	٠	%١٠٠
الثاني	١٢	١١	١	% ٩١.٦
الثالث	١٢	١٢	٠	%١٠٠
الرابع	١٢	١٢	٠	%١٠٠
الخامس	١٢	٩	٣	%٧٥
السادس	١٢	١٠	٢	%٨٣.٣
السابع	١٢	١٠	٢	%٨٣.٣
الثامن	١٢	١٠	٢	%٨٣.٣
التاسع	١٢	١٠	٢	%٨٣.٣
العاشر	١٢	١٢	٠	%١٠٠

ويتضح من الجدول السابق أن متوسط نسبة الاتفاق بين المصححين كانت (٨٩.٩%)، وتدل هذه النسبة على درجة معقولة لثبات الاختبار المفتوح.

معادلة ألفا كرونباخ Alpha Coronbach:

حُسب معامل الثبات مرة أخرى من خلال استخدام معادلة ألفا كرونباخ، وقد بلغ معامل الثبات للاختبار ككل (٠.٨٧)؛ ومن ثَمَّ يعد الاختبار على درجة مقبولة من الثبات.

٨. **حساب زمن الإجابة عن الاختبار المفتوح:**

يوضح الجدول رقم(٧) الآتي كيفية حساب زمن الإجابة عن الاختبار المفتوح لبناء التفسيرات البيولوجية:

جدول رقم (٧):

حساب زمن الإجابة عن الاختبار المفتوح لبناء التفسيرات البيولوجية

متوسط زمن الأفراد الذين يمثلون		متوسط الزمن
الإرباعي الأقل زمنًا	الإرباعي الأعلى زمنًا	
٥٠ دقيقة	٧٠ دقيقة	٦٠ دقيقة

٩– الصورة النهائية للاختبار:

بعد التأكد من صدق الاختبار، وثباته، صار الاختبار – في صورته النهائية – صالحًا للتطبيق متضمنًا (١٢) سؤالًا من نوع المقال القصير.

المحور الثالث: إجراءات التجربة الميدانية:

بعد تصميم البرنامج، وإعداد أداتي البحث في صورتيهما النهائيتين؛ أمكن البدء في تنفيذ تجربة البحث؛ وشمل ذلك:

١. **تحديد الهدف من تجربة البحث.**
٢. **اختيار التصميم التجريبي البحث.**
٣. **اختيار عينة البحث.**
٤. **التطبيق القبلي لأداتي البحث.**
٥. **تطبيق المقرر المقترح.**
٦. **التطبيق البعدي لأداتي البحث.**
٧. **تحديد أساليب المعالجة الإحصائية للبيانات.**

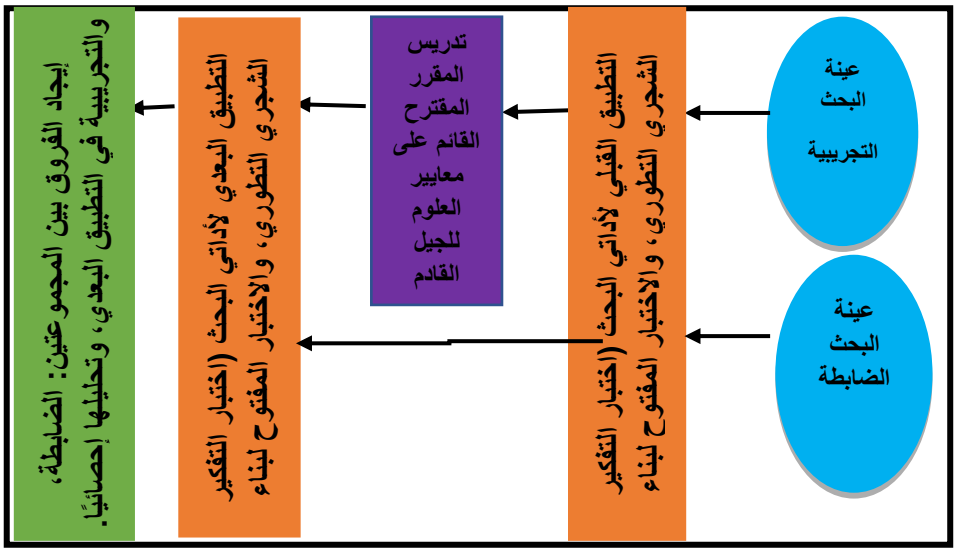
وفيما يلي وصف تفصيلي لكل إجراء من تلك الإجراءات:

١. تحديد الهدف من تجربة البحث:

استهدفت تجربة الدراسة الحالية التعرف على فاعلية المقرر المقترح في تنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء تفسيرات بيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية بكلية التربية– جامعة الإسكندرية.

٢. اختيار التصميم التجريبي للبحث:

استخدمت الباحثة التصميم شبه التجريبي Qusai experimental ذا المجموعتين؛ نظرًا لدراسة الطلاب معلمي العلوم البيولوجية مقرر التطور البيولوجي الموجود بلائحة إعداد معلم البيولوجي بالفرقة الرابعة؛ مما قد يؤثر في نتائج المقرر المقترح؛ لذلك آثرت الباحثة استخدام المجموعة الضابطة في تصميم المجموعتين؛ لزيادة التأكد والثقة بالنتائج التي سيؤول إليها تطبيق المقرر المقترح، ويوضح الشكل رقم (٧) الآتي التصميم التجريبي لتجربة البحث:



٣. اختيار عينة البحث:

اختيرت عينة من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية بالفرقة الرابعة بكلية التربية– جامعة الإسكندرية في الفصل الدراسي الثاني من العام الجامعي ٢٠٢١/٢٠٢٢، وقد بلغ عدد الطلاب المعلمين (٣٦) طالبًا وطالبة للمجموعة التجريبية، و(٣٦) طالبًا وطالبة للمجموعة الضابطة.

٤. التطبيق القبلي لأداتي البحث:

طُبقت أداتا البحث (اختبار التفكير الشجري التطوري، واختبار بناء التفسيرات البيولوجية) على عينة البحث قبل إجراء التجربة؛ للكشف عن المستوى المبدئي للطلاب فيما يخص امتلاكهم مهارات التفكير الشجري التطوري، وقدرتهم على بناء تفسيرات بيولوجية دقيقة، وذلك قبل البدء في تدريس المقرر القائم على معايير العلوم للجيل القادم، وطُبقتا – قبليًا– في يوم السبت الموافق ٢٠٢٢/٢/١٩، وقَدَّرت الباحثة متوسط الدرجات لكل بُعد من أبعاد الاختبارين، ورُصِدت في جداول؛ لمعالجتها إحصائيًا؛ بهدف التأكد من تكافؤ مجموعتي البحث.

4–1 التأكد من تكافؤ مجموعتي البحث في مهارات التفكير الشجري التطوري:

للتأكد من تكافؤ مجموعتي البحث في مهارات التفكير الشجري التطوري قبل التعرض للمعالجة التجريبية؛ حسبت الباحثة دلالة الفروق بين متوسطي المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس القبلي لاختبار مهارات التفكير الشجري التطوري؛ حيث حُسبت قيمة " t " للمتوسطات المستقلة، ويوضح الجدول رقم (٨) قيمة" t "، ودلالتها للفروق بين المتوسطات:

جدول رقم (٨):

قيمة t، ودلالتها للفرق بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس القبلي لاختبار التفكير الشجري التطوري:

اختبار التفكير الشجري التطوري	الدرجة الكلية	المجموعة التجريبية (n=36)		المجموعة الضابطة (n=36)		قيمة t	مستوى الدلالة
		المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري		
الاختبار ككل	٣١	٢.٤٤	1.25	٢.٨٣	١.٥٢	*١.٨٤	٠.٣٠٠

$*p < 0.05$

يتضح من الجدول السابق أن قيمة " t " بلغت (١.٨٤)، وهى غير دالة؛ مما يشير إلى تكافؤ مجموعتي البحث في التفكير الشجري التطوري، وأن أي فروق ستظهر بعد إجراء التجربة تُعزى إلى أثر المتغير المستقل.

٢– ٤ التأكد من تكافؤ مجموعتي البحث في اختبار بناء تفسيرات بيولوجية:

للتأكد من تكافؤ مجموعتي البحث في بناء تفسيرات بيولوجية قبل التعرض للمعالجة التجريبية؛ حسبت الباحثة دلالة الفروق بين متوسطي المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس القبلي؛ لاختبار التفسيرات البيولوجية؛ حيث حُسبت قيمة "*t*" للمتوسطات المستقلة، ويوضح الجدول رقم (٩) قيمة "*t*"، ودلالتها للفروق بين المتوسطات:

جدول رقم (٩):

قيمة "*t*"، ودلالتها للفرق بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس القبلي لاختبار التفسيرات البيولوجية:

اختبار التفسيرات البيولوجية	الدرجة الكلية	المجموعة التجريبية (n=36)		المجموعة الضابطة (n=36)		قيمة *t*	مستوى الدلالة
		المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري		
الاختبار ككل	٤٨	٤.٤٤	٢	٤.٦١	١.٨٥	*٠.٣٦	٠.٦٩

$*p < 0.05$

يتضح من الجدول السابق أن قيمة" *t*" بلغت (٠.٣٦)، وهى غير دالة؛ مما يشير إلى تكافؤ مجموعتي البحث في بناء التفسيرات البيولوجية، وأن أي فروق ستظهر بعد إجراء التجربة تُعزى إلى أثر المتغير المستقل.

٥. تطبيق المقرر المقترح:

بعد الانتهاء من التطبيق القبلي لأداتي البحث على عينة الدراسة؛ طُبق المقرر بواسطة الباحثة؛ وذلك في الفترة ما بين: (٢/٢٠ –٨ /٥/ ٢٠٢٢ م)؛ بواقع (١١) لقاءً؛ بدءًا باللقاء التمهيدي والذي استغرق ساعتين، ثم التطبيق الفعلي للمقرر (١٠) لقاءات بإجمالي (٣٠) ساعة، وكانت تلك اللقاءات بمثابة حلقات نقاشية يتم فيها تبادل الآراء، والأسئلة حول المحتوى العلمي لموضوعات المقرر، كما تُؤدَّى فيها الأنشطة، والمهام المختلفة الخاصة بكل موضوع، وتُقيَّم، فضلًا عن الأنشطة التي يؤديها المتدربون في المنزل، ويوضح الجدول رقم (١٠) الخطة الزمنية لتنفيذ المقرر:

جدول رقم (١٠):
الخطة الزمنية لتنفيذ المقرر:

الموضوعات	الزمن	اليوم والتاريخ	مكان التطبيق
اللقاء التمهيدي؛ وتضمن: -تحفيز أفراد العينة لدراسة المقرر المقترح. -عرض فكرة المقرر على أفراد العينة. -تعريف الطلاب بتوصيف المقرر، والخطة الزمنية لتدريس المقرر. -إمداد أفراد العينة "بالمرجع العلمي للطالب"؛ بما يتضمنه من محتوى، وأنشطة، ومهام.	10 – ١٢ ظهرًا	الأسبوع الأول الأحد ٢٠٢٢/٢/٢٠.	مدرج (١)
المحور الأول: علم دراسة الحياة: - خصائص الحياة. - خصائص شجرة الحياة.	10 – 1 ظهرًا	الأسبوع الثاني الأحد ٢٠٢٢/٢/27	مدرج (١)
المحور الأول: علم دراسة الحياة: - تاريخ الفكر التطوري. -ممارسة البيولوجي.	10 – 1 ظهرًا	الأسبوع الثالث الأحد ٢٠٢٢/٣/٦	مدرج (١)
المحور الثاني: علم تطور الأنساب، وتاريخ الحياة: -أدوات دراسة تاريخ الحياة: ١. الأشجار التطورية.	10 – 1 ظهرًا	الأسبوع الرابع الأحد ٢٠٢٢/٣/١٣	مدرج (١)
المحور الثاني: علم تطور الأنساب، وتاريخ الحياة: -أدوات دراسة تاريخ الحياة: - المجموعات أحادية العرق، وشبه عرق، ومتعددة العرق. - مبدأ Parasimony. - التشابه، والتناظر.	10 – 1 ظهرًا	الأسبوع الخامس الأحد ٢٠٢٢/٣/٢٠	مدرج (١)
المحور الثاني: علم تطور الأنساب، وتاريخ الحياة: -أدوات دراسة تاريخ الحياة: ٢. السجل الحفري.	10 – 1 ظهرًا	الأسبوع السادس الأحد ٢٠٢٢/٣/٢٧	مدرج (١)
المحور الثاني: علم تطور الأنساب، وتاريخ الحياة: -أدوات دراسة تاريخ الحياة: ٣.التشعب التكيفي.	10 – 1 ظهرًا	الأسبوع السابع الأحد ٢٠٢٢/٤/٣	مدرج (١)

الموضوعات	الزمن	اليوم والتاريخ	مكان التطبيق
المحور الثاني: علم تطور الأنساب، وتاريخ الحياة: -أدوات دراسة تاريخ الحياة: ٤.الانقراض الجماعي. - التطـــور المحـــدود" الأصـغر"، والتطـور غيـر المحدود " الأكبر".	10 – 1 ظهرًا	الأسبوع الثامن الأحد ٢٠٢٢/٤/١٠	مدرج (١)
المحور الثالث: الوراثة في المجتمعات: - قوانين الاحتمالات.	10 – 1 ظهرًا	الأسبوع التاسع الأحد ٢٠٢٢/٤/١٧	مدرج (١)
المحور الثالث: الوراثة في المجتمعات: -قانون هاردي وينبرج.	10 – 1 ظهرًا	الأسبوع العاشر الأحد ٢٠٢٢/٤/٢٤	مدرج (١)
أجازة عيد الفطر السبت ٣٠-٤ إلى الخميس ٥-٥			
المحـــور الرابـــع: نشـــأة الإنسان، وتطوره.	10 – 1 ظهرًا	الأسبوع الحادي عشر الأحد ٢٠٢٢/٥/٨	مدرج (١)
المجموع	٣٢ ساعة		

٦. التطبيق البعدي لأداتي البحث:

طُبِقتَ – بعد الانتهاء من تدريس المقرر –أداتا البحث (اختبار التفكير الشجري التطوري، والاختبار المفتوح لبناء التفسيرات البيولوجية) بعديًا على مجموعة البحث؛ وذلك في يوم الأحد الموافق ٢٠٢٢/٥/١٥، وقدرت الباحثة متوسط الدرجات لكل بُعد من أبعاد الاختبارين، ورُصدت في جداول؛ لمعالجتها إحصائيًا.

٧. تحديد أساليب المعالجة الإحصائية للبيانات:

استُخدمت – لاختبار صحة فرضي البحث– الأساليب الإحصائية الآتية:

- اختبار **t– test**؛ للفروق بين المتوسطات المرتبطة؛ للتحقق من مدى صحة فرضي البحث.
- حساب حجم تأثير المقرر η^2 .

وقد اعتمدت الباحثة – في إجراء المعالجات الإحصائية– على البرنامج الإحصائي " SPSS ٢٦" .

ثالثًا: نتائج البحث، وتحليلها إحصائيًا، وتفسيرها:

يتضمن هذا القسم عرضًا لنتائج البحث، وتحليلها إحصائيًا، وتفسيرها، والتحقق من صحة فرضي البحث بالاعتماد على الإحصاء البارامتري Parametric، حيث استُخدِمَ ما يأتي:

- اختبار(ت) *t*- test لمتوسطي عينتين مستقلتين -independent samples *t* test"؛ لحساب دلالة الفرق بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية والضابطة في القياس البعدي لاختباري: التفكير الشجري التطوري، وبناء تفسيرات بيولوجية.
- حجم التأثير" Effect Size" باستخدام مربع إيتاη^2 (Eta-squared)؛ لتحديد حجم تأثير المتغير المستقل (مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم) تحديدًا كميًا في تنمية مهارات التفكير الشجري التطوري، بناء تفسيرات بيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية.

(أبو حطب، وصادق، ١٩٩١، ص. ٤٣٩)

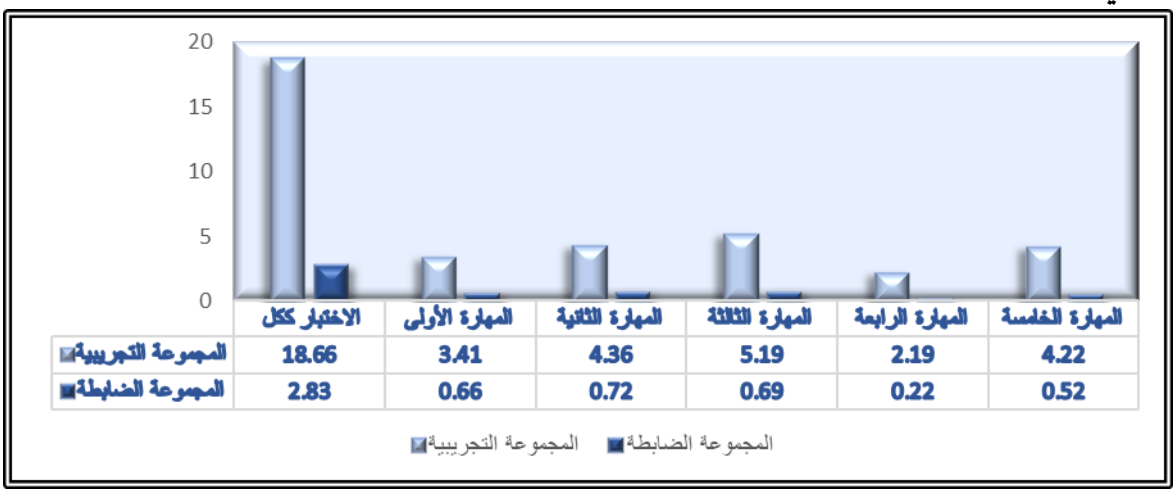
وفيما يلي عرضٌ تفصيلي للإجابة عن أسئلة البحث:

نتائج الإجابة عن السؤال البحثي الأول، ونصه: "ما مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم؟ أُجيب عن هذا السؤال آنفًا بالقسم الثاني من البحث، والخاص بإجراءات إعداد مواد البحث، وأداتيه تفصيلًا؛ حيث تضمَن:

- مكونات مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم..
- خطة تنفيذ مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم.
- صلاحية المقرر.
- تنظيم المقرر في صورته النهائية " المرجع العلمي للطالب".
- إعداد دليل عضو هيئة التدريس.

نتائج الإجابة عن السؤال البحثي الثاني؛ ونصه: " ما فاعلية مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم في تنمية التفكير الشجري التطوري؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية؟

وللإجابة عن السؤال البحثي الثاني تم التحقق من صحة الفرض الأول، ونصه: " لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى ≤ (٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار التفكير الشجري التطوري." وبناء عليه حُسب متوسطي درجات كلتا المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي للاختبار ككل، ولكل مهارة من مهاراته، ويوضح الشكل رقم (٨) التمثيل البياني للمتوسطات:



شكل رقم (٨):
التمثيل البياني لمتوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار التفكير الشجري التطوري ككل، ولكل مهارة من مهاراته على حدة.

ويتضح من الشكل السابق:

- وجود فروق بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار التفكير الشجري التطوري ككل.
- وجود فروق بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار التفكير الشجري التطوري؛ وذلك لكل مهارة من مهاراته على حدة.

ولتحديد دلالة هذه الفروق حُسبت قيمة "t" للمتوسطات المستقلة، ويوضح الجدول رقم (١١) الآتي قيمة "t " ودلالتها للفروق بين المتوسطات:

جدول رقم (١١):

قيمة " t"، ودلالتها للفرق بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار التفكير الشجري التطوري:

مهارات اختبار التفكير الشجري التطوري	الدرجة الكلية	المجموعة التجريبية (n=40)		المجموعة الضابطة (n=40)		قيمة "t"	حجم التأثير مربع إيتا μ^2
		المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري		
-تحديد تركيب الأشجار التطورية	٦	٣.٤١	١.١	٠.٦٦	٠.٦٧	١٢.٧	٠.٦٩
-معالجة السمات المشتقة	٦	٤.٣٦	١.٠١	٠.٧٢	٠.٧	١٧.٦	٠.٨٢
- تحليل العلاقات التطورية	٨	٥.١٩	١.٣	٠.٦٩	٠.٨٧	١٧.٥	٠.٨١
- مقارنة الأشجار التطورية	٤	٢.١٩	٠.٧٤	٠.٢٢	٠.٤٢	١٣.٧	٠.٧٣
-الجدل والاستدلال حول الأشجار التطورية	٧	٤.٢٢	١.٣٧	٠.٥٢	٠.٦٥	١٤.٥	٠.٧٥
- الاختبار ككل	٣١	١٨.٦٦	٢.٢٤	٢.٨٣	١.٥٢	٣٥	٠.٩٤

ويتضح من الجدول السابق:

- ✓ **وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (≤ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار التفكير الشجري التطوري ككل؛ وذلك لصالح متوسط درجات المجموعة التجريبية؛ وبذلك رُفض الفرض الصفري الأول.**
- ✓ **وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (≤ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار التفكير الشجري التطوري بمهاراته الخمس كل على حدة تحديد تركيب الأشجار التطورية، ومعالجة السمات المشتقة، وتحليل**

العلاقات التطورية، ومقارنة الأشجار التطورية، والجدل والاستدلال حول الأشجار التطورية)؛ وذلك لصالح متوسط درجات المجموعة التجريبية.

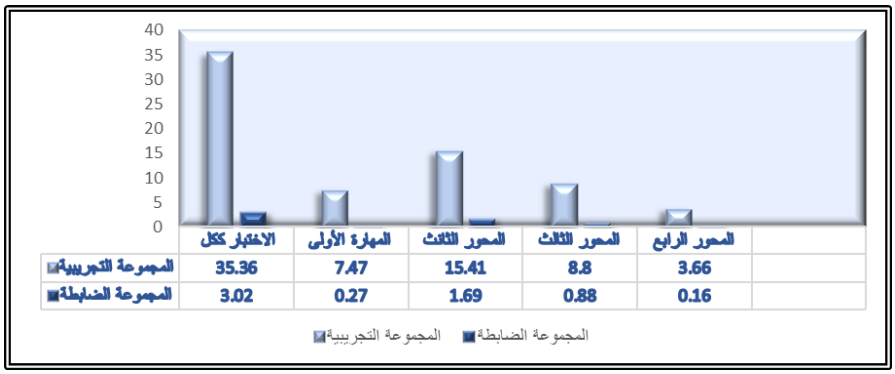
- ✓ أظهرت قيمة η2 (حجم التأثير) أن (٦٩%) من التباين بين درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في مهارة تحديد تركيب الأشجار التطورية، وأن (٨٢%) من التباين في مهارة معالجة السمات المشتقة، كما أن (٨١%) من التباين في مهارة تحليل العلاقات التطورية، وأن (٧٣%) من التباين في مهارة مقارنة الأشجار التطورية، كما أن (٧٥%) من التباين في مهارة الاستدلال حول الأشجار التطورية؛ تُعزى –جميعها– إلى المتغير المستقل (مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم).

- ✓ وبالتالي يلاحظ ارتفاع مستوى التفكير الشجري التطوري لدى مجموعة البحث التجريبية؛ حيث إن متوسط درجاتهم في القياس البعدي لاختبار التفكير الشجري التطوري (١٨.٦٦)، على حين كان متوسط درجات مجموعة البحث الضابطة في القياس البعدي (٢.٨٣)، وتُظهر قيمة (ت) بين المتوسطين (٣٥) أن النتائج جاءت لصالح المجموعة التجريبية. أما حجم تأثير المتغير المستقل (مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم) في المتغير التابع (التفكير الشجري التطوري ككل) فقد كان كبيرًا؛ حيث بلغت قيمة مربع إيتا μ2 (٠.٩٤) وهي أكبر من (٠.١٥)، ومِنْ ثَمَّ فهناك فاعلية لمقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم في تنمية التفكير الشجري التطوري، وتعد هذه النسبة مرتفعة إلى حد كبير، وتدل هذه النتيجة على أن مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم قد أسهم – بدرجة كبيرة– في تنمية التفكير الشجري التطوري؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية مجموعة البحث.

وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه بعض الدراسات؛ مثل: Halverson& Friedrichsen (٢٠١٣)؛ Walter et al (٢٠١٣) ؛ Gibson& Hoefnagels (٢٠١٥)؛ Leone (٢٠١٧).

نتائج الإجابة عن السؤال البحثي الثالث؛ ونصه: " ما فاعلية مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم في بناء التفسيرات البيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية؟".

وللإجابة عن السؤال البحثي الثاني تم التحقق من صحة الفرض الثاني، ونصه: " لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ≤ (٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار بناء التفسيرات البيولوجية " وبناء عليه حُسب متوسطي درجات كلتا المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي للاختبار ككل، ولكل محور من محاوره، ويوضح الشكل رقم (٩) التمثيل البياني للمتوسطات:



شكل رقم (٩):
التمثيل البياني لمتوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار بناء التفسيرات البيولوجية ككل، ولكل محور من محاوره على حدة.

ويتضح من الشكل السابق:

- **وجود فروق بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار بناء التفسيرات البيولوجية.**
- **وجود فروق بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار بناء التفسيرات البيولوجية، وذلك لكل محور من محاوره على حدة.**

ولتحديد دلالة هذه الفروق حُسبت قيمة "t" للمتوسطات المستقلة، ويوضح الجدول رقم (١٢) الآتي قيمة "t " ودلالتها للفروق بين المتوسطات:

جدول رقم (١٢):

قيمة " t" ، ودلالتها للفرق بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار بناء التفسيرات البيولوجية:

مهارات اختبار التفكير الشجري التطوري	الدرجة الكلية	المجموعة التجريبية (n=40)		المجموعة الضابطة (n=40)		قيمة "t"	حجم التأثير مربع إيتا μ^2
		المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري		
-المحور الأول: علم دراسة الحياة	٨	٧.٤٧	٠.٥٥	٠.٢٧	٠.٤٥	٥٩.٨	٠.٩٨
-المحور الثاني: علم تطور الأنساب، وتاريخ الحياة.	٢٤	١٥.٤١	٣	١.٦٩	١.٢١	٢٥.٣	٠.٩
- المحور الثالث: الوراثة في المجتمعات.	١٢	٨.٨	١.١٤	٠.٨٨	٠.٨٢	٣٣.٧	٠.٩٤
- المحور الرابع: نشأة الإنسان وتطوره	٤	٣.٦٦	٠.٧٤	٠.١٦	٠.٣٧	٣٤.٤	٠.٩٤
- الاختبار ككل	٤٨	٣٥.٣٦	٣.٣١	٣.٠٢	١.٦٤	٥٢.٤	٠.٩٧

ويتضح من الجدول السابق:

- ✓ **وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (≤ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار بناء التفسيرات البيولوجية ككل؛ وذلك لصالح متوسط درجات المجموعة التجريبية؛ وبذلك رُفض الفرض الصفري الثاني.**
- ✓ **وجود فرق ذي دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (≤ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في القياس البعدي لاختبار بناء التفسيرات البيولوجية بمحاوره الأربعة كل على حدة (علم دراسة الحياة، وعلم تطور الأنساب، وتاريخ الحياة، والوراثة في المجتمعات، ونشأة الإنسان وتطوره)؛ وذلك لصالح متوسط درجات المجموعة التجريبية.**
- ✓ **أظهرت قيمة η2 (حجم التأثير) أن (٩٨%) من التباين بين درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة لعينة الدراسة الكلية من الطلاب معلمي العلوم البيولوجية في محور علم دراسة الحياة، وأن (٩٠%) من التباين في محور علم تطور الأنساب وتاريخ الحياة، كما أن (٩٤%) من التباين في محور الوراثة في المجتمعات، كما أن (٩٤%) من التباين في محور نشأة الإنسان وتطوره؛ تُعزى –جميعها– إلى المتغير المستقل (مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم).**

- ✓ **وبالتالي يلاحظ ارتفاع مستوى بناء تفسيرات بيولوجية لدى مجموعة البحث التجريبية؛ حيث إن متوسط درجاتهم في القياس البعدي لاختبار بناء التفسيرات البيولوجية (٣٥.٣٦)، على حين كان متوسط درجات مجموعة البحث الضابطة في القياس البعدي (٣.٠٢)، وتُظهر قيمة (ت) بين المتوسطين (٥٢.٤) أن النتائج جاءت لصالح المجموعة التجريبية. أما حجم تأثير المتغير المستقل (مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم) في المتغير التابع (بناء التفسيرات البيولوجية) فقد كان كبيرًا؛ حيث بلغت قيمة مربع إيتا μ2 (٠.٩٧) وهي أكبر من (٠.١٥)، ومِنْ ثَمَّ فهناك فاعلية لمقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم**

للجيل القادم في تنمية بناء التفسيرات البيولوجية، وتعد هذه النسبة مرتفعة إلى حد كبير، وتدل هذه النتيجة على أن مقرر التطور البيولوجي القائم على معايير العلوم للجيل القادم قد أسهم – بدرجة كبيرة– في تنمية القدرة على بناء تفسيرات بيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية مجموعة البحث.

وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه بعض الدراسات؛ مثل: Fortus& Krajcik (٢٠١٢)؛Krajcik& Mun (٢٠١٤)؛ De Andrade et al (2019) ؛ Novak&Treagust (٢٠٢٢).

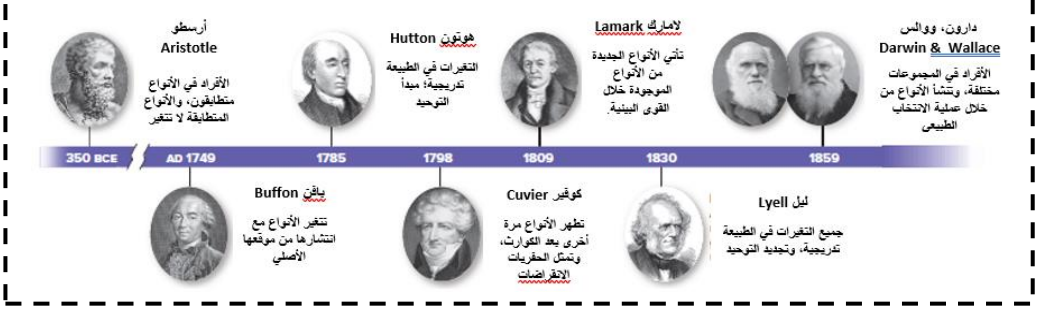
ويمكن إرجاع فاعلية المقرر القائم على معايير العلوم للجيل القادم في تنمية التفكير الشجري التطوري، وبناء تفسيرات بيولوجية إلى ما يأتي:

اعتماد المقرر المقترح على معايير العلوم للجيل القادم والتي تنماز بالآتي:

- تعزيز فكرة التعلم ثلاثي الأبعاد –التي أشار إليها المجلس القومي للبحوث في ٢٠١٣– والقائم على التكامل بين:
  - المفاهيم المحورية: والتي تمركزت حول علم تطور السلالات؛ فضلًا عن دوره في تنظيم المحتوى البيولوجي المتعلق بالتطور؛ وتنمية الفهم العميق للتطور وما يرتبط به من مفاهيم.
  - الممارسات العلمية، والهندسية: ودورها في دمج الطلاب في الأنشطة؛ لتعرُّف على التجارب، والبيانات، والأدلة، والخطاب الاجتماعي، والنماذج، والأدوات؛ فضلًا عن دورها في بناء التفسيرات عن الظواهر الطبيعية التي تعمل على تنمية فهم الطلاب حول ما نعرفه، وكيف عرفناه، وهو ما يمثل هياكل المعرفة الإجرائية، والإبستمولوجية لممارسة العلم.
  - المفاهيم العابرة: والتي تحقق الربط بين التخصصات المختلفة (العلوم، والرياضيات، والتكنولوجيا)؛ مما أسهم في تطوير النماذج واستخدامها في علم تطور السلالات.

اعتماد المقرر على تطوير المهارات البيولوجية Bioskills التي أشار إلى أهميتها مركز التميز للتربية البيولوجية، و Freeman (2017, P, 62)؛ وتتضمن بعض المهارات؛ مثل:

- اعتماد المقرر على التمثيلات البصرية وتطوير نماذج للأشجار التطورية؛ مما يسهم في تطوير فهم أعمق للعلاقات بين الظواهر، وتحسين الإبداع؛ حيث يمكن استخدام تلك التمثيلات لشرح كيفية فهمنا للظواهر، كما أنها ضرورية للتواصل حول المفاهيم العلمية المجردة، كما يمكنها عرض البيانات، وتنظيم المعلومات المعقدة، وتعزيز الفهم المشترك للظواهر العلمية. وبشكل أكثر تحديدًا تعزز تلك التمثيلات المرئية التعلم من النصوص، وتسهل حل المشكلات، وتطوير الروابط بين المعرفة السابقة والمعرفة الجديدة فيجب على الطلاب تعلم كيفية استخدام تلك التمثيلات للأشجار التطورية في بناء المعنى من خلال تفسيرات الفِكَر الرئيسة؛ بدلًا من الاعتماد على السمات السطحية للتمثيل لاشتقاق المعنى.
- الاعتماد على البيولوجية الكمية من خلال دمج بعض مفاهيم الاحتمالات، وقانون هادري وينبرج في دراسة" وراثة المجتمعات"؛ حيث إن ميكانيكية التوارث تتضمن الاحتمالات، ويجب أخذها في الحسبان عند توقع انتقال، وظهور تعبير كل من الجينات السائدة، والمتنحية؛ مما يسهم في تعميق فهم الظواهر البيولوجية بشكل أفضل، وتنمية المهارات الكمية، وتفسير التفاعلات البيولوجية المعقدة بطرية مبسطة.
- الاعتماد على المدخل التاريخي لوصف الأحداث التطورية، وتقديم تفسير تاريخي لها؛ مثل: كيفية تطور البرمائيات، وكيفية تكيف أسلاف الحيتان للعيش في الماء، والتطور التاريخي لتفسير طول عنق الزرافة، والسرد التاريخي لإسهامات العلماء في تقديم تفسيرات للحقائق البيولوجية؛ كانقراض الديناصورات غير الطيرية؛ كل هذا يمكن أن يوفر سياقًا للتفكير في تنوع الكائنات الحية، وخصائصها المشتركة، فالسرد التاريخي لا يوضح فقط كيفية تكيف الكائنات الحية في الماضي مع بيئاتها، بل كيفية تأثير المراحل السابقة على نتيجة التطور الممثلة في الكائنات الحية التي تعيش اليوم.



تنوع المصادر الإثرائية في المقرر؛ وفيما يلي بعض المصادر التي تضمنها المقرر:

فيديوهات تعليمية:

مثل: الفيديو المعبر عن عصافير جزيرة جالاباجوس؛ والمتاح على الرابط الآتي:

- https://www.youtube.com/watch?v=iA0NF41tLn8

روابط مفيدة:

- https://www.phylo.org/index.php
- https://www.phylo.org/index.php/news/detail/announcing-cipres-restful-services-a-new-way-

to-use-cipres

- https://mesquiteproject.org/

Print:(ISSN 1687-2649) Online:(ISSN 2536-9091)

أحداث جارية:

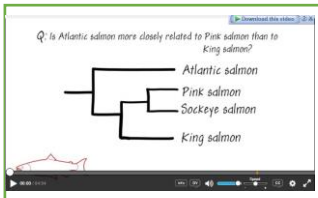
منع تطور سلالة Covid 19 المقاومة للقاحات.

https://evolution.berkeley.edu/evo-news/preventing-the-evolution-of-a-vaccine-/resistant-covid-strain

وذلك لبيان ارتباط مفاهيم التطور بسياق الحياة اليومية، والتطبيقات المجتمعية؛ مما يعزز النموذج البراجماتي للتفسيرات البيولوجية

كتب مصاحبة:

- **Biological Science, Global Edition(2017).**
- **Biology concepts and investigations(2018).**



نماذج محاكاة كمبيوترية computational simulation models:

https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-bio-modelbox-tips-on-drawing-phylogenetic-trees-05l

استخدام المتاحف الافتراضية" متحف التاريخ الطبيعي بكاليفونيا"

https://ucmp.berkeley.edu/

معامـــــــل تفاعليـــــــة (Lab Evolution (NOVA:

https://www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/evolution/research#/chooser

Print:(ISSN 1687-2649) Online:(ISSN 2536-9091)

- ونلاحظ مما سبق وفرة الوسائط المتعددة، وتنوعها؛ لتشمل نصوصًا، ورسومًا، وصورًا ثابتًة، ومتحركًة، وصوتًا؛ مما يستثير دافعية الطلاب المعلمين إلى التعلم وتحقيق التعلم النشط الفعال، وتنظيم التعلم الذاتي، والفهم العميق للمفاهيم البيولوجية، وهو ما أكده Freeman (٢٠١٧) حيث أشار لدور نماذج المحاكاة الكمبيوترية في تطوير الفهم العميق للمفاهيم البيولوجية؛ نظرًا لطبيعة مجال علم البيولوجي المرئية visual discipline التي تُحتم تصور تعلم البيولوجي معتمدًا على النماذج؛ سواء يرسمها الطالب بنفسه (make visual models)، أو يراها كمبيوتريًا computational models؛ الأمر الذي ييسر على الطالب التبسيط، أو استخلاص مفهوم، أو عملية، أو مجموعة علاقات؛ فتهدف النماذج لفهم الأنظمة الحية، وتحليلها بتدقيق؛ فتجعلك تتعلم البيولوجي لتكون عالمًا في البيولوجي .

رابعًا: توصيات البحث، ومقترحاته:

- توصيات البحث:

توصي الباحثة– في ضوء ما أسفر عنه البحث من نتائج– بما يأتي:

١. تطوير برنامج الإعداد الأكاديمي لمعلمي العلوم، وبخاصة معلمو العلوم البيولوجية؛ في ضوء معايير العلوم للجيل القادم؛ بحيث يقوم على التعلم ثلاثي الأبعاد، المتضمن: تكامل المفاهيم المحورية، والممارسات العلمية والهندسية، والمفاهيم العابرة.

٢. تطوير اتجاهات الطلاب معلمي العلوم البيولوجية نحو العلاقة بين المعرفة النظرية المرتبطة بالممارسات العلمية، ولا سيما بناء التفسير العلمية، وتطوير النماذج، وبين الجانب التطبيقي لتلك الممارسات.

٣. إعادة النظر في برامج التنمية المهنية لمعلمي العلوم في أثناء الخدمة؛ لتنظيم دورات تدريبية تتضمن تأهيلهم على تخطيط دروس، وتنفيذها، وتقيمها؛ في ضوء الأبعاد الثلاثة لمعايير العلوم للجيل القادم.

٤. عقد لقاءات دورية بين المعلمين في أثناء الخدمة، وأعضاء هيئة التدريس؛ لتزويدهم بالاتجاهات الحديثة في تعليم العلوم البيولوجية؛ لتنمية أداءاتهم التدريسية؛ لبناء التفسيرات البيولوجية.

٥. تصميم دورات تدريبية لمعلمي العلوم البيولوجية في أثناء الخدمة؛ لتطوير معرفتهم الأكاديمية بعلم تطور السلالات، وبناء الأشجار التطورية، وكيفية قراءتها؛ مما يعزز مهاراتهم في التفكير الشجري التطوري.
٦. إعادة النظر في أهداف تعليم العلوم البيولوجية بالمرحلة الثانوية بحيث تتفق مع معايير العلوم للجيل القادم.
٧. تطوير مناهج العلوم البيولوجية بالمرحلة الثانوية؛ في ضوء معايير العلوم للجيل القادم؛ بحيث يقوم على التعلم ثلاثي الأبعاد، المتضمن: تكامل المفاهيم المحورية، والممارسات العلمية والهندسية، والمفاهيم العابرة.
٨. بداية تعليم مهارات التفكير الشجري التطوري التأسيسية بداية من المرحلة الثانوية؛ نظرًا لصعوبتها.

- مقترحات البحث:

تقترح الباحثة – في ضوء ما أسفر عنه البحث من نتائج– إجراء البحوث الآتية:

١. إجراء دراسة تقويمية لمعلمي العلوم البيولوجية في أثناء الخدمة؛ لتحديد الحاجات التدريبية اللازمة؛ في ضوء معايير العلوم للجيل القادم.
٢. إجراء دراسة تحليلية للتصورات البدلية حول علم تطور الأنساب، ونشأة الحياة؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية.
٣. تطبيق مداخل تعليمية جديدة لتطوير التفكير الشجري التطوري، وبناء التفسيرات البيولوجية؛ لدى طلاب المدارس الثانوية.
٤. إجراء دراسات لتنمية الأداءات التدريسية المرتبطة ببناء التفسيرات البيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجية، أو معلمي العلوم البيولوجية في أثناء الخدمة.
٥. إجراء دراسة طولية؛ لتحديد مدى نمو وتطور القدرة على بناء تفسيرات بيولوجية؛ لدى الطلاب معلمي العلوم البيولوجي.
٦. تطوير مناهج العلوم البيولوجية بالمرحلة الثانوية؛ في ضوء معايير العلوم للجيل القادم.
٧. نموذج مقترح لتقييم جودة التفسيرات البيولوجية؛ لدى طلاب المرحلة الثانوية.

المراجـــع

أولاً: المراجع العربية:

١.أبو حطب، فؤاد، وصادق، آمال. (١٩٩١). *مناهج البحث وطرق التحليل الإحصائي في العلوم التربوية، والاجتماعية*. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

2.Amelia, R., Rofiki, I., Tortop, H. S., & Abah, J. A. (2020). Pre-service teachers' scientific explanation with e-scaffolding in blended learning. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al Biruni*, *9*(1), 33-40.

3.American Museum of Natural History. (٢٠٠٢). *Assembling the Tree of Life: Harnessing Life's History to Benefit Science and Society*. Retrieved from Brochure produced for the National Science Foundation based on three NSF Tree of Life workshops held in 1999 and 2000 at Yale University, the University of California Davis, and the University of Texas Austin.

4.Aminger, W., Hough, S., Roberts, S. A., Meier, V., Spina, A. D., Pajela, H., . . . Bianchini, J. A. (2021). Preservice Secondary Science Teachers' Implementation of an NGSS Practice: Using Mathematics and Computational Thinking. *Journal of Science Teacher Education, 32*(2), 188-209.

5.Baum, D. A., & Offner, S. (2008). Phylogenics & tree-thinking. *The American Biology Teacher, 70*(4), 222-229.

6.Baum, D. A., & Smith, S. D. (2012). *Tree Thinking: An Introduction to Phylogenetic Biology*. Greenwood Village, Colorado: Ben Roberts.

7.Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education, 93*(1), 26-55.

8.Blacquiere, L., & Hoese, W. (2016). A valid assessment of students' skill in determining relationships on evolutionary trees. *Evolution: Education and Outreach, 9*.

9.Boogerd, F. C., Bruggeman, F. J., Hofmeyr, J.-H. S., & Westerhoff, H. V. (2007). 1 - Towards philosophical foundations of Systems Biology: introduction. In F. C. Boogerd, F. J. Bruggeman, J.-H. S. Hofmeyr, & H. V. Westerhoff (Eds.), *Systems Biology* (pp. 3-19). Amsterdam: Elsevier.

10.Boyce, C. J. (2015). *Investigating how students communicate tree-thinking.* (Doctor of Philosophy), The University of Southern Mississippi.

11.Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education, 95*(4), 639-669.

12.Bybee, R. W. (2014). NGSS and the Next Generation of Science Teachers. *Journal of Science Teacher Education, 25*(2), 211-221.

13.Catley, K., Phillips, B., & Novick, L. (2013). Snakes and Eels and Dogs! Oh, My! Evaluating High School Students' Tree-Thinking Skills: An Entry Point to Understanding Evolution. *Research in Science Education, 43*.

14.Catley, K. M., Novick, L. R., & Shade, C. K. (2010). Interpreting evolutionary diagrams: When topology and process conflict. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(7), 861-882.

15.Christensen, D., & Lombardi, D. (2020). Understanding Biological Evolution Through Computational Thinking. *Science & Education, 29*(4), 1035-1077.

16.Dalvi, T., Silva Mangiante, E., & Wendell, K. (2021). Identifying pre-service teachers' conceptions about the NGSS practices using a Curriculum Critique and Revision (CCR) Task. *Journal of Science Teacher Education, 32*(2), 123-147.

17.De Andrade, V., Freire, S., & Baptista, M. (2019). Constructing Scientific Explanations: a System of Analysis for Students' Explanations. *Research in Science Education, 49*.

18.Ellis, R., Reichsman, F., Mead, L. S., Smith, J. J., McElroy-Brown, K., & White, P. J. T. (2021). ConnectedBio: An Integrative & Technology-Enhanced Approach to Evolution Education for High School. *The American Biology Teacher, 83*(6), 362-371, 310.

19.Finnish National Board of Education (FNBE)(٢٠١٥). National core curriculum for general upper secondary schools 2015. Helsinki, Finland: Finnish National Board of Education (FNBE). Retrieved from: https://www.oph.fi/en/statistics-and-publications/publications/core-curriculum-general-upper-secondary-schools-nutshell

20.Fortus, D., & Krajcik, J. (2012). Curriculum Coherence and Learning Progressions. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 783-798). Dordrecht: Springer Netherlands.

21.Futuyma, D. J. (٢٠٠٤). The fruit of the tree of life. In J. Cracraft & M. J. Donoghue (Eds.), *Assembling the tree of life* (pp. 25-39). New York, NY: Oxford University Press.

22.Gibson, J., & Hoefnagels, M. (2015). Correlations Between Tree Thinking and Acceptance of Evolution in Introductory Biology Students. *Evolution: Education and Outreach, 8*.

23.Gilbert, J. K. (2005 a). Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Dordrecht: Springer Netherlands.

24.Gilles, B., & Buck, G. (2019). Considering Pedagogical Practices in Higher Education: How Science Methods Instructors Influence Scientific Argumentation Construction. *International Journal of Research in Education and Science, 5*(2), 744-757.

25.Grether, G. F. (2021). Developing & Testing Curricula for Teaching Evolutionary Concepts at the Elementary School Level. *The American Biology Teacher, 83*(2), 96-103.

26.Halverson, K. L. (2011). Improving tree-thinking one learnable skill at a time. *Evolution: Education and Outreach, 4*(1), 95-106.

27.Halverson, K. L., & Friedrichsen, P. (2013). Learning Tree Thinking: Developing a New Framework of Representational Competence. In D. F. Treagust & C.-Y. Tsui (Eds.), *Multiple Representations in Biological Education* (pp. 185-201). Dordrecht: Springer Netherlands.

28.Halverson, K. L., Pires, C. J., & Abell, S. K. (2011). Exploring the complexity of tree thinking expertise in an undergraduate systematics course. *Science Education, 95*(5), 794-823.

29.Hinchliff, C. E., Smith, S. A., Allman, J. F., Burleigh, J. G., Chaudhary, R., Coghill, L. M., . . . Cranston, K. A. (2015). Synthesis of phylogeny and taxonomy into a comprehensive tree of life. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112*(41), 12764-12769.

30.Hsu, C.-C., Chiu, C.-h., Lin, C.-H., & Wang, T.-I. (2015). Enhancing skill in constructing scientific explanations using a structured argumentation scaffold in scientific inquiry. *Computers & Education, 91*, 46-59.

31.Huang, C.-J., Wang, Y.-W., Huang, T.-H., Chen, Y.-C., Chen, H.-M., & Chang, S.-C. (2011). Performance evaluation of an online argumentation learning assistance agent. *Computers & Education, 57*(1), 1270-1280.

32.Johnson, W., & Lark, A. (2018). Evolution in Action in the Classroom: Engaging Students in Science Practices to Investigate and Explain Evolution by Natural Selection. *The American Biology Teacher, 80*, 92-99.

33.Kampourakis, K., Silveira, P., & Strasser, B. J. (2016). How Do Preservice Biology Teachers Explain the Origin of Biological Traits?: A Philosophical Analysis. *Science Education, 100*(6), 1124-1149.

34.Knight, K. (2019). Unintentionally evolved fruit flies show how insects survive CO2 knockout. *Journal of Experimental Biology, 222*(14).

35.Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representationl Competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-145). Dordrecht: Springer Netherlands.

36.Krajcik, J. S., & Mun, K. (2014). Promises and challenges of using learning technologies to promote student learning of science *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 351-374): Routledge.

37.Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2014). Research on Educational Standards in German Science Education – Towards a model of student competences. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 10*(4), 257-269.

38.Leone, E. A. (2017). *An investigation of relationships between student acceptance of evolution, tree-thinking, and eye movement among different instructional interventions.* (Master of Science), Texas State University, the United States.

39.Losos, J. B., Arnold, S. J., Bejerano, G., Brodie, E. D., 3rd, Hibbett, D., Hoekstra, H. E., . . . Turner, T. L. (2013). Evolutionary biology for the 21st century. *PLoS biology, 11*(1), e1001466-e1001466.

40.Matuk, C. (2007). Images of Evolution. *The Journal of biocommunication, 33*(3), 54-61.

41.McNeill, K., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching, 45*(1), 53-87.

42.McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2006). *Supporting students' construction of scientific explanation through generic versus context-specific written scaffolds.* Paper presented at the annual meeting of the American educational research association, San Francisco.

43.McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2011). Supporting Grade 5-8 Students in Constructing Explanations in Science: The Claim, Evidence, and Reasoning Framework for Talk and Writing. *Pearson*.

44.Morrell, P. D., Park Rogers, M. A., Pyle, E. J., Roehrig, G., & Veal, W. R. (2020). Preparing Teachers of Science for 2020 and Beyond: Highlighting Changes to the NSTA/ASTE Standards for Science Teacher Preparation. *Journal of Science Teacher Education, 31*(1), 1-7.

45.Naegle, E. (2009). *Patterns of thinking about phylogenetic trees: A study of student learning and the potential of tree thinking to improve comprehension of biological concepts.* (Doctor of Philosophy), Idaho State University.

46.National Academies of Sciences Engineering Medicine. (2019). *Science and Engineering for Grades 6-12: Investigation and Design at the Center*. Washington, DC: The National Academies Press.

47.National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press.

48.National Research Council. (2012a). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

49.National Research Council. (2012b). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington, DC: The National Academies Press.

50.Next Generation Science Standards Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

51.Naegle, E. (2009). *Patterns of thinking about phylogenetic trees: A study of student learning and the potential of tree thinking to improve comprehension of biological concepts.* (Doctor of Philosophy), Idaho State University.

52.Novak, A. M., & Treagust, D. F. (2022). Supporting the development of scientific understanding when constructing an evolving explanation. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 4*(1), 1-22.

53.Novick, L., Catley, K., & Funk, D. (2010). Characters Are Key: The Effect of Synapomorphies on Cladogram Comprehension. *Evolution: Education and Outreach, 3*, 539-547.

54.Organization For Economic Cooperation and Development (OECD). (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD.

55.Phillips, B., Novick, L., Catley, K., & Funk, D. (2012). Teaching Tree Thinking to College Students: It's Not as Easy as You Think. *Evolution: Education and Outreach, 5*, 595-602.

56.Potochnik, A. (2013). Biological Explanation. In K. Kampourakis (Ed.), *The Philosophy of Biology: A Companion for Educators* (pp. 49-65): Springer.

57.Schramm, T., Jose, A., & Schmiemann, P. (2021). Modeling and Measuring Tree-Reading Skills in Undergraduate and Graduate Students. *CBE life sciences education, 20*(٣), 1-11.

58.Schramm, T., Schachtschneider, Y., & Schmiemann, P. (2019). Understanding the tree of life: an overview of tree-reading skill frameworks. *Evolution: Education and Outreach, 12*.

59.Sickel, A. J., & Friedrichsen, P. (2013). Examining the evolution education literature with a focus on teachers: major findings, goals for teacher preparation, and directions for future research. *Evolution: Education and Outreach, 6*(1), 23.

60.Skow, B. (2016). Scientific explanation. *The Oxford handbook of philosophy of science*, 524-543.

61.Tang, K.-S. (2015). The PRO instructional strategy in the construction of scientific explanations. *Teaching Science, 61*, 14-21.

62.Walter, E., Halverson, K., & Bucklin nee Boyce, C. (2013). Investigating the relationship between college students' acceptance of evolution and tree thinking understanding. *Evolution: Education and Outreach, 6*, 26.

63.Yang, H.-T., & Wang, K.-H. (2014). A Teaching Model for Scaffolding 4th Grade Students' Scientific Explanation Writing. *Research in Science Education*, *44*(4), 531-548.

64.Yao, J.-X., Guo, Y.-Y., & Neumann, K. (2016). Towards a hypothetical learning progression of scientific explanation. *Asia-Pacific Science Education*, *2*(1), 4.

65.Zembal-Saul, C., McNeill, K. L., & Hershberger, K. (2013). *What's Your Evidence?: Engaging K-5 Students in Constructing Explanations in Science*: Pearson.

66.Zhao, G., Zhao, R., Li, X., Duan, Y., & Long, T. (2021). Are preservice science teachers (PSTs) prepared for teaching argumentation? Evidence from a university teacher preparation program in China. *Research in Science & Technological Education*, 1-20.