



مقاربة إبستمولوجية لتعليمية العلوم التجريبية

منصور رانيا

جامعة الجلفة

textbookworkspace@gmail.com

تاريخ القبول : 2025/12/22

تاريخ الاستلام: 2025/12/21

Abstract :

This paper presents an epistemological approach to the didactics of experimental sciences, examining its core concepts, functions, and challenges in teaching natural sciences. It explores the evolution of science education from traditional methodologies to modern competency-based approaches, emphasizing the role of experimentation, student-centered learning, and technology integration. The study addresses key questions regarding the nature, objectives, and fundamental methodological difficulties in science teaching. Drawing on contemporary educational theories and pedagogical frameworks, it argues for a transformative approach that places students at the center of the learning process, promotes scientific inquiry, and bridges the gap between theoretical knowledge and practical application. The findings suggest that effective science education requires a balanced integration of content knowledge, experimental practice, and student engagement, supported by appropriate pedagogical strategies and resources.

Keywords: Epistemology, Didactics, Science Education, Competency-based Approach,

ملخص:

تقدم هذه الورقة مقاربة إبستمولوجية لتعليمية العلوم التجريبية، حيث تفحص المفاهيم الأساسية والوظائف والتحديات في تدريس العلوم الطبيعية. تستكشف الدراسة تطور تعليم العلوم من المنهجيات التقليدية إلى المقاربات القائمة على الكفاءات، مع التركيز على دور التجريب والتعلم المتمحور حول الطالب ودمج التكنولوجيا. يتناول البحث أسئلة رئيسية حول طبيعة تعليمية العلوم ووظائفها والصعوبات الأساسية والتحديات المنهجية. بالاعتماد على النظريات التعليمية المعاصرة والأطر البيداغوجية، تجادل هذه الورقة لصالح نهج تحويلي يضع الطلاب في مركز عملية التعلم، ويعزز الاستقصاء العلمي، ويسد الفجوة بين المعرفة النظرية والتطبيق العملي. تشير النتائج إلى أن التعليم الفعال للعلوم يتطلب تكاملاً متوازناً بين المعرفة بالمحتوى والممارسة التجريبية ومشاركة الطلاب، مدعوماً باستراتيجيات بيداغوجية وموارد مناسبة.

الكلمات المفتاحية: الأبستمولوجيا، التعليمية، تعليم العلوم، المقاربة بالكفاءات، التعلم التجريبي

المقدمة

يشهد تدريس العلوم في عصر العلم والاتصالات والفضاء والطاقة والحاسبات الالكترونية والهندسة الوراثية وجراحة الجينات، عالمياً وعربياً، اهتماماً كبيراً وتطوراً مستمراً لمواكبة خصائص، ولعل هذا الاهتمام والتطوير المستمر. متطلباتها العصر العلمي والتقني وتفجر المعرفة العلمية و يستمد أصوله من طبيعة العلم وبنيته، وذلك باعتباره ركناً أساسياً وحجر الزاوية في التربية العلمية وأن لكل فرع من فروع المعرفة طبيعته الخاصة التي تميزه. (Dormody et al., 2020) وتدريس العلوم عن غيره من فروع المعرفة الإنسانية الأخرى، والعلماء (الباحثون) أشخاص مدربون في حقل معين في العلوم، يدرسون الظواهر الكونية من خلال الملاحظة والتجريب والنشاطات التحليلية (العلمية) الأخرى، وهم في ذلك يستخدمون الاتجاهات العلمية كما في: رغبتهم في البحث، والموضوعية في جمع المعلومات وتقييمها، وتفسير البيانات، والتأني في إصدار الأحكام، وكذلك يتبعون إجراءات منهجية (Deroncele-Acosta et al., 2024) بحثية أخرى من التجريب

والعالم يشهد تطوراً سريعاً وواسعاً في جميع الميادين السياسية والاقتصادية والاجتماعية العولمة الذي أصبح حتمية مفروضة لمسيرة هذا التطور ظهور مفهوم والتربية وغيرها، وخاصة مع وعلى دول العالم الساعية في طريق النمو ومنها الجزائر مسيرة. (Holbrook & Rannikmäe, 2014) هذه التغيرات التي مست جميع الميادين والإصلاحات الجديدة وخاصة ميدان التربية، وذلك بتغيير البرامج التعليمية والكتب المدرسية التي لا تواكب هذا التطور، وهذا عن طريق وضع مناهج جديدة وقد مس هذا الإصلاح. (Amine et al., 2025; Ha et al., 2023) لمختلف أطوار المراحل التعليمية، جميع المواد التعليمية بما فيها المواد العلمية، سواء الرياضيات، أو العلوم الطبيعية والتكنولوجيا. أو علوم الطبيعة والحياة، لما لها من دور بارز في تقدم وازدهار الأمم

إن هذا التوجه الجديد في إصلاح المناهج مبني على أساس المقاربة بالكفاءات الذي يهدف إلى جعل التلميذ محور العملية التعليمية/التعلمية، تغيير دور المعلم في هذه العملية من ملقن للمعرفة إلى موجه ومنشط يساعد على اكتساب المعرفة، اعتماد الدراسة الوصفية الكيفية والتفسيرية كما يهدف أيضاً إلى إبراز المحاور الآتية: إرساء المنهج. (Chau et al., 2024; Nguyễn et al., 2025) (Brhane et al., 2025) التجريبي، اعتماد بيداغوجية التساؤل، اكتساب المعرفة وتوظيفها

الإطار النظري

الأبستمولوجيا في التعليم العلمي

لكن لم يضع لها المعجميون مصطلحاً عربياً يقابلها. و حيث كلمة مأخوذة من اللغات الأوروبية، مبناها استخدمه باحثون في اللغة العربية منهم تمام حسان صاحب كتاب اللغة العربية معناها و ثم كتابه الأخير بعنوان الأصول دراسة إبستمولوجية للفكر اللغوي عند العرب. أما مفهوم فإن (Piaget) بالعودة إلى فكر بياجيه الأبستمولوجيا في العلوم عامة: يقصد بها نظرية العلم، و (Deroncele- تصبح تكوينية عندما تهتم (بعمليات نمو المعرفة) معناها الأول هو (دراسة المعرفة). و Acosta et al., 2024).

وبعبارة أخرى فالأبستمولوجيا التكوينية أو النشوئية هي بحث المعرفة من مستواها الأدنى أي مستوى الانطلاق نحو المستوى الأعلى، يعني من مستوى الفكر الحسي الحركي إلى مستوى الفكر هي مسألة كيف تنمو المعارف و الأبستمولوجيا التكوينية تتمركز حول نقطة جوهرية و الشكلي. و المشكل الجوهرية الذي و (Chang et al., 2011) تتطور بواسطة التوافقات التدريجية كيف تتغير و يشغل الأبستمولوجيا التكوينية هو معرفة كيف يمكن الوصول إلى الجديد فيما يخص تشكيل المعرفة.

فهو البحث - يعني خصوصيتها - لمزيد من التوضيح فإن الذي يميز الابستمولوجيا التكوينية و عن إبراز جذور مختلف أنواع المعرفة منذ أشكالها البدائية و تتبع نموها في المستويات المتلاحقة تحليل : كما أنها تتخذ كموضوعات لها. (Duschl et al., 2021) احتوائه وصولاً إلى الفكر العلمي و مراحل الفكر العلمي، تفسير الميكانيزمات العقلية التي يستخدمها العلم بمختلف أنواعه في مسعاه لاحتضان الواقع

هي دراسة تزايد المعارف العلمية وقوانينها، و (Epistemology) فالإبستمولوجيا عليه و تعني علم. و و (Logos) تعني المعرفة و و (Episteme): مصطلح ذو أصل إغريقي مؤلف من كلمتين كان أول من وضع هذا المصطلح الفيلسوف المصطلح يعني حرفياً (علم المعرفة) أو (علم العلم). و الاسكتلندي "جيمس فريدريك فيرييه" (1808م-1864م) حين ألف كتابه "مبادئ الميتافيزيقا"، إذ أبستمولوجيا قسم الفلسفة فيه إلى قسمين: أنطولوجيا و

الدراسة : الفرنسية فهو أما المعنى المعاصر لمصطلح إبستمولوجيا في الفلسفة العربية و عموماً فإن الابستمولوجيا بوصفها و (Schuster et al., 2017, 2018) النقدية للمعرفة العلمية مبحثاً مستقلاً موضوعه المعرفة العلمية، لم تنشأ إلا في مطلع القرن العشرين حين اتجهت إلى تحديد

إلى نقد العلوم والعودة إلى مبادئ العلم، والخطوات التي يتألف منها، و الأسس التي يرتكز عليها ما ولدّه ذلك من تغيير العميقة. وذلك بتأثير التقدم السريع للعلم، والاتجاه نحو التخصص المتزايد، و نظرية من صعوبات وإشكالات ذات طبيعة في بنية منظومة العلوم، و

كما أن الأبستمولوجيا بوصفها الدراسة النقدية للعلم تختلف عن نظرية المعرفة. ففي حين عملية تكون المعرفة الإنسانية من حيث (Théorie de la connaissance) تتناول نظرية المعرفة عقلانية تبرز بنتيجة هذا التناول اتجاهات اختبارية و طبيعتها وقيمتها وحدودها وعلاقتها بالواقع، و مثالية، فإن موضوع الأبستمولوجيا ينحصر في دراسة المعرفة العلمية فقط، في وضع مادية و هي تغيير كيمي في و (Gizaw & Sota, 2023) محدد تاريخياً من دون أن تنزع نحو إجابات مطلقة العلم النظر إلى علاقة الفلسفة بالعلم، وتجاوز للتناقض بين نظرية المعرفة و

استيعابه شيئاً قد تمّ انتشاره و فالمنهج العلمي الاستقرائي الحديث تمتد جذوره في الماضي، و فشيئاً عن طريق علماء متخصصين في العلوم الطبيعية، لأن المعرفة العلمية ليست امتداداً للمعرفة ومن الملاحظة المضطربة إلى المعرفة (Rationalization) العامة، بل هي انتقال من التجربة إلى العقلنة العلمية (Abate et al., 2020).

مفهوم المقاربة

بأنها (الحركة التي بواسطتها نتقدم نحو (Larousse) لغوياً يعرفها المعجم الفرنسي لاروس، (الأمام). أما في مفهوم علوم التربية: فمفهوم المقاربة يغطي مجالين مختلفين، مجال الدراسة والبحث (Abderrahim & Merabet, 2021) ومجال التربية

ففي المجال الأول: المقاربة هي منهجية للبحث والدراسة، وطريقة للتعامل مع مشكلة أو من أمثلته يتحدد مفهومها باختصار في (كيفية دراسة مشكل أو معالجة أو بلوغ غاية). و موضوع، و عناصرها البسيطة، و المقاربة التحليلية التي تقوم على أساس تفكيك الظواهر إلى مكوناتها الأولية و ذلك قصد استنباط فهم أنماط التفاعلات الموجودة فيما بينها، و دراستها دراسة تفصيلية، و المقاربة النسقية: هي نظرة شمولية للظواهر، تركز (Qarareh, 2016) القوانين العامة التي تحكمها على عناصرها الداخلية وعلاقتها بالمحيط في دراستها لها على طابعها الكلي، و

يوظف في ثلاث اتجاهات عموماً يتحدد مفهوم المقاربة في المجال التربوي في المنهجية و هي من أمثلتها المقاربة التواصلية و التقنيات البيداغوجية، و الاستراتيجيات و الاتجاه الأول: الطرق و الاستراتيجيات المرتبطة بحقل تعليمية اللغات التي تنطلق من المنظور الطرائق و مجموع المناهج و منها المقاربة الاتجاه الثاني: طرق ومناهج التقويم و (Almasri, 2022) الوظيفي لتعليم اللغات وتعلمها

طريقة في التقويم التكويني تتميز: (Instrumentée) أو الأدواتية (Approche Formelle) الشكلية (Touwe & Lasaiba, 2024) باللجوء إلى أدوات لجمع المعلومات المرغوبة بالنسبة إلى بعض التعلّيمات

مفهوم التعليمية (الديداكتيك)

التي اشتقت من كلمة اليونانية (Didactique) لغة: إنّ مفهوم التعليمية هي ترجمة لكلمة التي كانت تطلق على ضرب من الشعر الذي يتناول بالشرح معارف علمية أو تقنية و (Didaktitos) هذه الأخيرة من "علم" أي وضع كلمة "التعليمية" في اللغة العربية مصدر صناعي لكلمة تعليم، و (Jumaa & Ismail, 2023) أو ما ينوب عنه أو ما يحيل إليه علامة أو أمانة لتدلّ على الشيء

تعني أسلوب التسيير الديداكتيكا: هو لفظ أعجمي مركب من لفظين هما "ديداك" و"تيكا" و استخدم في مجال التعليم. اصطلاحاً: أول ما ظهر مصطلح الديداكتيك كان في فرنسا سنة 1554 و ليقدم الوصف المنهجي لكلّ ما هو معروض بوضوح. أمّا في المجال التربوي فقد وظّف هذا المصطلح سنة 1667 كمرادف لفنّ التعليم

هي علم موضوع دراسة طرائق - التعليمية أو الديداكتيك أو علم التدريس أو المنهجية تقييم تنظيم و المعارف التي نلجأ إليها من أجل إعداد و وتقنيات التعليم، أو هي مجموع النشاطات و تعريف سميث: "هي (Sari & Wulandari, 2023; Tan & Lee, 2022) تحسين مواقف التعليم و بعبارة أخرى هو علم وسائطها. و موضوعاتها و العلاقات بين الوضعيات التربوية و خلاصة المكونات و تعديلها عند مراقبتها و كيفية تنفيذها و تتعلّق موضوعاته بالتخطيط للوضعيات البيداغوجية و تقنيات التعليم. "أمّا الأساليب و الضرورة." تعريف ميالاري: "التعليمية هي مجموعة الطرائق و "بروسو فيقول: "أنّ التعليمية هي تنظيم تعلم الآخرين

موضوعها التدريس بصفة عامة، أو عليه فإنّ التعليمية مشتقة من البيداغوجيا و و منطقها و التخصصات الدراسية المختلفة من خلال التفكير في بنيتها و بالتحديد تدريس المواد و (Chau et al., 2024) صعوبات اكتسابها مشاكلها، و كيفية تدريس مفاهيمها و

تعليمية العلوم التجريبية

الصناعية للمجتمع إنّ العلوم التجريبية كعلم تطلب تطوير دروسها، لأن المتطلبات التقنية و إلا أن نقص (Eluket et al., 2019) العناية تتطلب معالجة المواد العلمية في الدرس بنوع من الدقة و الأدوات المخبرية في المؤسسات التعليمية كان يشكل عائقاً لتطوير تدريس هذه المواد، حيث الوسائل و (Sikhosana & Mogale, 2024). مازالت الوسائل القديمة في بعض الأماكن تسيطر على تدريسها هكذا كلما كان و. وهذا يقتضي التفكير في إنجاز دروس المواد العلمية تجريبياً (Brhane et al., 2025).

الميل إلى استعمال التجربة كإطار التكنولوجيا كلما زاد التشويق و علم الطبيعة طريقاً نحو التقنية و فهي تمكن المتعلم من اكتساب (Gehl & Thompson, 2023) أساسي لتدريس العلوم التجريبية إدماجه في عالم الشغل. وهذا أبرز دروس العلوم المهارات والقدرات في إطار تحضيره و المعارف و البحث فرع خاص قائم بذاته. ولتحقيق هذا تأسست معاهد التكوين و التجريبية كمادة مستقلة و التي تتبنى الفكرة: الطريق إلى الدرس العلوم التجريبية خصوصاً، و في طرق تدريس العلوم عموماً و ليس الهدف منه تلقين القوانين العلمية فقط، بل إكساب المتعلم تفكيراً علمياً موضوعياً قائماً على الروابط بين الأوجه المختلفة للظاهرة تمكينه أيضاً من إدراك العلاقات و البرهان، و المنطق العلمي و (Gor et al., 2023; Johari, 2024). في العلوم التجريبية

تعليل استعمال المعارف المكتسبة من الدرس لوصف وتفسير و كذا تمكينه من استغلال و و لا يتأتى هذا إلا إذا أخذت التجربة العلمية بشتى الظواهر العلمية التي يعيشها في حياته اليومية، و (Kittiravechote & Thinarat, 2021; Chowdhury et al., 2022). وظائفها المختلفة مركزاً أساسياً في سير درس العلوم التجريبية أنواعها و

، على هذا الأساس ظهرت بعض الأجهزة التطبيقية التي تستعمل لإنجاز التجربة التوضيحية و تبنت في هذا الإطار بعض الدول إعداد دليل التي يقوم بها الأستاذ أثناء سير درس العلوم التجريبية. و مرشد للتلاميذ يهتم بالتمارين العلمية التجريبية، التي يتم على ضوءها تقييم اهتمامات التلاميذ حول من هذا المنطلق جاءت فكرة و (Ren, 2022; Dang, 2024). العمل التجريبي خلال العام الدراسي كذا الاهتمام بالمشاكل المختلفة تعلمها و المنهجية، التي تهتم بكيفية تقديم المواد التي يراد تعليمها و سيره والتجارب المتنوعة التي يتطلب في معالجتها منهجية معينة قصد تحسين أثناء تخطيط الدرس و تطوير درس العلوم التجريبية

وظيفتها معالجة مختلف ظهرت في هذا الإطار مجالات لدروس العلوم التجريبية هدفها و و كذا مجموعة من الكتب في منهجية دروس العلوم دروس المواد العلمية من الناحية المنهجية. و تناولت هذه الكتب بصفة عامة ثلاثة مجالات أساسية: اختيار المحتوى، ترتيب التجريبية. و (Wang, 2024; Lin, 2024). محتويات الدروس، الطرق المختلفة (كيف يجب تقديم المحتوى الذي يراد تعليمه)

اختيار الأجهزة المخبرية ترتيب و إعداد و من ثمة بدأ التفكير في بناء المناهج التعليمية و و ذلك تدعيماً للتجربة التوضيحية التي يقوم بإنجازها الأستاذ وإدخال تجربة التلميذ في سير الدرس و (Fatimah et al., إنجاز بعض الأعمال المخبرية البسيطة من طرف التلاميذ في الدرس أمام التلاميذ. و

رافق هذا حركة تربوية جديدة تتبنى أهم الاتجاهات منها: ترسيخ و. (2021; Holec et al., 2004). تطبيقاتها التكنولوجية، الإعداد العلمي أسلوب التفكير العلمي، الربط بين المعرفة العلمية و (Saraiva et al., 2025; Narayan et al., 2013) (التأهيل) الإعداد المهني (التأهيل) كانت التعليم، و بفضل مبدأ "ديمقراطية التعليم" أعطيت الأهمية لتحسين وضعية التربية و بالخصوص دروس العلوم التعلم في الدروس العلمية و أهم تساؤلات التربية تحسين منهجية التعليم و (Panjaburee & Srisawasdi, 2018; Holmlund et al., 2018) التجريبية

موضوع تعليمية العلوم التجريبية

نفسية، و إنّ مجال البحث في تعليمية العلوم التجريبية يشمل عدة جوانب (أوجه) علمية، و الكتب المدرسية، و بناء المناهج و علاقة العلوم بالمواد الأخرى، و سياسية، و اجتماعية، و تربوية، و (Peng et al., 2022; Wang & Yu, 2021) الوسائل التجريبية تكوين الأساتذة، و عمليات التفتيش، و التدريبات في المؤسسات التربوية، و بالتالي فتعليمية العلوم التجريبية تحاول الإجابة عن مختلف و. (Zafeer et al., 2024; Khawaji & Asseri, 2021) (الأوجه) (الجوانب) السابقة الذكر تقويم عمليتي التعليم/التعلم تحت تأثير تحسين و تعليمية العلوم التجريبية يكمن في كيفية تطوير و (Zafeer et al., 2024; Khawaji & Asseri, 2021) (الأوجه) (الجوانب) السابقة الذكر وعلى هذا الأساس فإن تعليمية العلوم التجريبية ك تخصص قائم بذاته يقتضي من أساتذة اللغة العربية الرياضيات و محكمة في العلوم الطبيعية و العلوم التجريبية اكتساب معارف دقيقة و (Ingvarson et al., 2005; Berlian et al., 2023) علم الاجتماع الفلسفة و علم النفس و التربية و و المبادئ العلمية بل يجب أن يشمل أيضاً مجالات المفاهيم و هذا لا يقتصر على اكتساب المعارف و و استعمالها تطبيقها و

وظائف تعليمية العلوم التجريبية

وظائف تعليمية العلوم التجريبية تكمن في النقاط الآتية

تحديد مناهج العلوم التجريبية على أساس القرارات الثقافية تطوير و أولاً، مراجعة و (Edelson et al., 2021; Kozoll & Ower, 2023) الاقتصادية، التي تتحدد وفقها كفاءات المنهاج والسياسية والاجتماعية و

تعليمية العلوم التجريبية، بما يمكن ثانياً، إعطاء لمحة تاريخية عن تطوير العلوم التجريبية و (Allen, 2012; Lelliott et al., 2012) الطلاب من فهم كيفية تطور المعرفة العلمية عبر الزمن

الكتب كي ثالثاً، الاهتمام بالتطور العلمي التكنولوجي المستمر الذي يستلزم تغيير المناهج و التكنولوجيا تسير هذا التطور، مما يضمن مواكبة التعليم للتطورات الحديثة في المجالات العلمية و (Urváľková et al., 2019; Cervenec et al., 2022).

تعزز رابعاً، تطوير استراتيجيات تدريس مبتكرة تتماشى مع احتياجات المتعلمين المعاصرين و (Sari & Wulandari, 2023; Krüger et al., 2022). على التفكير النقدي و

الصعوبات الأساسية لتعليمية العلوم التجريبية

تكمّن الصعوبات الأساسية لتعليمية العلوم التجريبية في عدة جوانب رئيسية. أولاً، تطوير نظريات التعلم في درس العلوم التجريبية، حيث يتطلب الأمر فهماً عميقاً لكيفية اكتساب الطلاب قوانين استعمال قواعد و تحديدها و ثانياً، بناء المفاهيم و (Gizaw & Sota, 2023). للمعارف العلمية تفسير الظواهر العلمية الطبيعية، مما يشكل تحدياً في جعل هذه المفاهيم المجردة رياضية لوصف و (Abate et al., 2020; Qarareh, 2016). مفهومًا للمتعلمين

في (Bachelard) ثالثاً، المكتسبات القبلية للتلاميذ تمثل صعوبة جوهرية، حيث أكد بشارل نظريته على أهمية المعرفة السابقة التي يمكن للفرد أن يأتي بها إلى المدرسة، حيث يمكن لهذه الأخيرة (Obstacle) للمعرفة أن تكون معيقة للبناء المعرفي الصحيح، أي تمثل المعيق الإبستمولوجي (Alghamdi & Alanazi, 2020; Ouahi et al., 2021) مما أدى إلى لفت الانتباه (épistémologique) إلى هذه الأخيرة في عملية التعلم

وظائفها يشكل تحدياً رابعاً، وضع التجربة في عملية التعلم لدى التلميذ بشقّي أنواعها و خامساً، تطوير وسائل التعليم من الناحية (Gor et al., 2023; Johari, 2024). عملياً منهجياً و (Fatimah et al., 2021; Holec et al., 2004). خبرات متخصصة المنهجية التعليمية يتطلب موارد و فعالة أخيراً، فحص الوضعيات المختلفة لعمليتي التعليم/التعلم يستلزم أدوات تقييم دقيقة و و (AlSalouli et al., 2024).

الصعوبات المنهجية لدرس العلوم التجريبية

تكمّن الصعوبات المنهجية لدرس العلوم التجريبية في اختيار الطرق المناسبة التي يتم بها صيرورة إنجاز التجربة في كيفية استعمال الأجهزة المخبرية العلمية، و تحقيق مؤشرات الكفاءة و الأخذ بعين الاعتبار التنسيق بين العلوم التجريبية و كيفية استغلال الكتاب المدرسي، و الدرس، و كيفية إنجاز المشاريع و (Mergendoller et al., 2006; Tahir, 2011). مختلف المواد الأخرى من أهم الصعوبات المنهجية لدرس العلوم التجريبية طرق تقييم نتائج التعلم. و التكنولوجيا و

الخطوات المنطقية التي يتبعها التدريس التي يرتبط بمفهومها مجموعة من القواعد المنهجية و الأستاذ لإكساب التلاميذ معارف في الدرس

المنتظمة وفق التسلسل المنطقي لمختلف العمليات و إن الطريقة تعني الإجراءات المخططة و تحدد بثلاث مركبات أساسية: مؤشرات الكفاءة التي الأعمال التي تنجز في درس العلوم التجريبية و يجب تحقيقها بواسطة النشاطات المنجزة في الدرس، الشروط المختلفة التي تنجز وفقها هذه (Chowdhury et al., 2022; Nemadziva et al., 2025).

، نذكر بعض الطرق التي يمكن إتباعها في الدرس: الطريقة الإلقائية، الطريقة الاستدلالية، طريقة النشأة التاريخية، الطريقة الاستكشافية، طريقة العمل بالمشاريع، طريقة النمذجة، الطريقة التجريبية، الطريقة البنيوية، طريقة وضعية المشكلة التي اعتمدها المنهاج الجديد (Kittiravechote & Thinarat, 2021; Chau et al., 2024).

دور التجربة في درس العلوم التجريبية

إنّ عملية اكتساب المعارف تتعلق باستعمال التجربة أثناء سير الدرس، لأنه إذا كان اكتساب ضعيفاً فالتجربة لم تخدم عملية اكتساب المعارف الأساسية المهمة في عملية التعلم المعارف ضئيلاً و لتفادي هذه الحالة و (Eluket et al., 2019; Gehl & Thompson, 2023) في درس العلوم التجريبية البناء و منهجياً (التحضير والتخطيط و يجب أن يتم إنجاز التجربة وفق القاعدة المتبعة تعليمياً و عليه فللتجربة في درس العلوم التجريبية ثلاثة أدوار استغلال وتفسير). و إجراء التجربة و التركيز و أساسية: الدور في اكتساب المعارف، الدور التعليمي المنهجي، والدور في تطوير شخصية التلميذ

التجربة واكتساب المعارف

إنّ اكتساب المعارف في درس العلوم التجريبية يستوجب استعمال التجربة التي تأخذ مكان (Brhane et al., 2025) مميز في كل مراحل الدرس حتى نجعل التلميذ نشيط ومهتم بالدرس وعليه ينبغي للأستاذ أن يأخذ بعين الاعتبار التحضيرات الأولية التي (Sikhosana & Mogale, 2024). تسبق إنجاز التجربة وذلك حتى يتمكن من اختيار الشروط المختلفة التي يمكن وفقها إنجاز التجربة في درس العلوم التجريبية

وتسمى في التعليمية المراحل الأساسية التي يمكن وفقها إنجاز التجربة في درس العلوم التجريبية والتي تتمثل في الاشكالية، التحضير، الإنجاز، الاستنتاج، والتفسير ومن هذه الزاوية يمكن للتجربة أن تساعد التلميذ على اكتساب المعارف (Jumaa & Ismail, 2023; Chau et al., 2024).

بوفرة. وهنا ينبغي أن تكون التجربة أيضاً كتعويض لشيء مهم غير واضح في ذهنية التلميذ، لأنه قبل (Abate et al., 2020; Ren, 2022). أن يأتي إلى قاعة الدرس كان يملك معارف سابقة وتصورات حول ظاهرة علمية طبيعية ما

وعليه ينبغي للأستاذ في الدرس أن ينشط هذه المعارف فقط وذلك بإدراج التجربة وإنجازها (Dang, 2024) خلال مراحل الدرس لتغيير المعارف القبلية غير الصحيحة أو تثبيتها إذا كانت علمية صحيحة مثال على ذلك ظاهرة قوس قزح التي نفسرها بتجربة الضوء الأبيض للحصول على طيف الألوان المرئية.

الدور التعليمي المنهجي للتجربة

إنّ الاستعمال المنهجي التعليمي للتجربة في المراحل المختلفة لسير الدرس يساعد في الحصول وعليه فالتجربة (Sari & Wulandari, 2023) على نتائج تصدق صحة فرضيات التلاميذ أو خطأها في هذه المرحلة يمكن لها أن تحقق بعض الوظائف لتكمل دورها في عمليتي التعليم والتعلم. ولهذا ينبغي للأستاذ أن يدرج التجربة في الدرس لتخدم بعض النشاطات التي يقوم بها مع التلاميذ، وتمثل (Krüger et al., 2022) هذه النشاطات في توظيف وتنظيم المعارف ومراجعتها

أي أنه ينبغي للأستاذ أثناء إنجاز التجربة في الدرس أن يكون واعياً في كيفية معالجة هذه النشاطات في المراحل المختلفة من سير الدرس حتى يتمكن من جلب اهتمام التلاميذ وزيادة نشاطهم، النشاطات في المراحل المختلفة من سير الدرس حتى يتمكن من جلب اهتمام التلاميذ وزيادة نشاطهم (Gor et al., 2023; Johari, 2024) وأين يقوم التلميذ بحل كثير من المشكلات بتوظيف معارف، وعليه حيث يصل الأستاذ بعد ذلك من خلال التجربة إلى تبسيط ظاهرة أو حادث وتوضيحها، أو إلى تعريف مصطلح المفهوم أو مقدار علمي جديد، أو صياغة علاقة علمية مثل قانون أوم التجريبي

التجربة في تطوير شخصية التلميذ

إنّ للتجربة دوراً في تطوير شخصية التلميذ وذلك عندما تؤدي إلى اكتساب مهارات وأداء أثناء (Miller et al., 2021; Birney et al., 2019) عملية التجربة، أي يتعلم كيف يتعامل مع الأجهزة ويتصرف بانتظام وترتيب، وخصوصاً عندما يتعلق الأمر بتجربة التلميذ وبالتجريب في الأعمال المخبرية. فهو يتعلم كيفية الإنجاز والتنفيذ ورسم التوصيلات والمخططات، مراجعة وإعادة اختبار التركيبات التجريبية، والتوقف عند إشكالية أو تساؤل أثناء استغلال نتائج التجربة، رسم وقراءة المخططات البيانية.

وكذا يتعلم كيف يعمل في إطار المجموعة، كيف يتعامل مع الزملاء ويتدرب على العمل (Tan & Lee, 2022). الجماعي لاكتساب خبرة التحوار والمناقشة وتبادل الأفكار العلمية وإثرائها وللتجربة في تطوير شخصية التلميذ تؤدي إلى تكوين الصفات التالية مثل: الاستعداد للتعاون والمساعدة، المصاحبة، القدرة على النقد، المثابرة والثبات

العلوم التجريبية وملح المتعلم

انطلاقاً من أبعاد مادة العلوم التجريبية والتكنولوجيا، وتأثيراتها على المجالات المختلفة (Saraiva et al., 2025; Narayan et al., 2013). يمكن اشتقاق الملح العام للمتعلم عند تدريس هذه المادة في التعليم المتوسط

أولاً، تمكين المتعلم من ثقافة علمية ضرورية للحياة في العالم المعاصر، وكذا توسيعها باستغلال التوثيق المناسب (المصادر المختلفة للمعرفة) وإيقاظ الاهتمام العلمي وإثارة المواهب لدى المتعلم.

ثانياً، تمكين المتعلم من طرق علمية تساعد على مواجهة المشكلات في الحياة اليومية مواصلة الدراسة (Nemadziva et al., 2025) والتعامل معها في حدود يضمن احترام البيئة والمجتمع أو التوجه إلى التكوين المهني والتمهين، التدريب على عملية إنجاز المشاريع التكنولوجية، واستيعاب واستخدام التكنولوجيات الحديثة، حتى يستطيع الاندماج في الحياة العصرية، ومسايرة التطور (Panjaburee & Srisawasdi, 2018; Holmlund et al., 2018). العلمي التقني والتكنولوجي

ثالثاً، الحصول على حد أدنى من المعرفة ذات الطابع التاريخي، ليطلع على تاريخ العلم وأحداثه الهامة، حتى يتمكن من التعرف على كيفية ظهور الأفكار العلمية، ومساهمة العلماء في تطويرها (Allen, 2012; Lelliott et al., 2012). وتوظيفها في بناء العلوم والتكنولوجيات الحديثة والتعريف ببعض مشاهير العلماء

خامساً، تمكين المتعلم (Gizaw & Sota, 2023) رابعاً، تمكين المتعلم من منهج التفكير العلمي، من معارف علمية قابلة للتطبيق في عدة مجالات، كالصناعات المعدنية وفهم الوسط البيئي وأخيراً، تمكين (Alghamdi & Alanazi, 2020; Ouahi et al., 2021) والصناعات الغذائية الفلاحية (Wang, 2024; Lin, 2024). المتعلم من معارف ومهارات في الإعلام الآلي

التدريس بالكفاءات في العلوم التجريبية

التدريس بالأهداف

لقد كانت اهتمامات الباحثين في علوم التربية والتعليمية مسيطرة على التدريس بالأهداف واعتمد التدريس بالأهداف على تحديد المستويات (Zafeer et al., 2024). العملية التعليمية المتسلسلة للأهداف والتعرف على الكيفيات المختلفة لصياغتها وخاصة الأهداف الإجرائية منها، وكذا تصنيف الأهداف وفق المجالات (المعرفية، الوجدانية، الحسية-حركية)

وقد بينت الدراسات والبحوث الأخيرة أن التدريس بالأهداف يؤدي إلى تفكيك مراحل سير ونتيجة لذلك أفرز (Khawaji & Asseri, 2021) الدرس بالإضافة إلى تشتت الأهداف الإجرائية التدريس بالأهداف عدة نقائص كما ورد ذلك في المنهاج أهمها: مشاكل المردودية التي تترجمها نسبة الرسوب المرتفعة، مشاكل النجاعة البيداغوجية فيما يخص نوعية المعارف المكتسبة لدى المتخرجين من المدرسة، والمشاكل التي يبرزها عدم التوازن بين الكلفة المادية والنتائج المدرسية

المقاربة بالكفاءات

ومن أجل رفع هذا التحدي اختارت وزارة التربية الوطنية منظومة تربوية جديدة وتبنت مسعى (Edelson et al., 2021; Kozoll & Ower, 2023) بيداغوجي جديد لجعل المتعلم محور العملية التعليمية وهذا المسعى يعتمد على الكفاءات التي تزود المتعلم بوسائل تسمح له بأن يتعلم بنفسه.

إن مشروع بناء المناهج الجديدة للعلوم التجريبية والتكنولوجية وفق الاختيارات والتوصيات الجديدة لوزارة التربية الوطنية الذي يعتبر التلميذ المحور الأساسي في العملية التعليمية والتعلمية إن هذه العملية تقوم على مختلف النشاطات (Nguyễn et al., 2025; Touwe & Lasaiba, 2024) الصفية واللاصفية الأساسية والضرورية، وهذا ليس من أجل اكتساب معارف جديدة فحسب، بل من أجل اكتساب معارف عملية يوظفها التلميذ في الحياة العملية داخل المدرسة وخارجها. إنَّ مركز اهتمام العملية التعليمية التعلمية في المقاربة بالكفاءات لا يتجه كلياً إلى المحتويات (مع أنها تمثل أحد الأوجه الأساسية في المنهاج) أو المفاهيم الأساسية والعمليات العقلية، بل ينبغي أيضاً توجيه التلميذ إلى توظيف المعارف المكتسبة في وصف وتفسير بعض الظواهر والحوادث (Urválková et al., 2019; Cervenec et al., 2022; Cakaj et al., 2025; Abderrahim & Merabet, 2021).

وعلى هذا الأساس جاءت توصيات وزارة التربية الوطنية حول تجديد وتحديث محتويات منهاج مادة العلوم التجريبية في التعليم المتوسط بإدراج بعد جديد وهو التكنولوجيا والاتصال لدروس العلوم التجريبية لإعطاء مظهر جديد للمدرسة يتماشى ومتطلبات الحياة العصرية للمجتمع والتطور (Peng et al., 2022; Wang & Yu, 2021). التكنولوجيا المستمر

الخاتمة

وخلاصة القول فإنّ تعليمية العلوم التجريبية كفرع من فروع تعليمية المواد تهتم بالجانب المنهجي لتوصيل المعرفة إلى المتعلم وتعمل على معالجة وتحليل وتفسير الصعوبات التي تواجه المعلم والمتعلم لتحقيق النجاح لهذا الأخير. التركيز على شروط اكتساب المتعلم للمعرفة والاهتمام أكثر بالعقد التعليمي من منظور العلاقة التعليمية—تفاعل المعرفة بين المعلم والمتعلم

ولا يتأتى هذا إلا إذا أخذت التجربة العلمية بشتى أنواعها ووظائفها المختلفة مركزاً أساسياً في سير درس العلوم التجريبية، حيث يتم وضع المتعلم في وضعية مشكلة يطلب منه حلها من خلال توجيهه من طرف المعلم وتوظيف مكتسباته القبلية والمعارف الجديدة التي تعلمها حتى يصل إلى الحل بنفسه. وهذا ما تسعى إليه الاستراتيجية الجديدة في التدريس وهي استراتيجية التدريس بالمقاربة بالكفاءات.

المقترحات

ما يلي تقترح الباحثة في ضوء ما سبق:

1. تفعيل حقيقة الحوار والتعبير الشفوي للمتعلم عن طريق استخدام الاستدلال في الحوار (Miller et al., 2021; Birney et al., 2019). (التعاوني، الاستراتيجي، التعاوني)
2. يجب إدراك أهمية النشاطات المطلوب إنجازها في المدرسة وفي البيت من طرف المتعلم (Dormody et al., 2020; Almasri, 2022).
3. تفعيل العقد التعليمي في العملية التعليمية التي تعتبر في المنظور التربوي الحديث عملية نشطة (Jumaa & Ismail, 2023; Sari & Wulandari, 2023).
4. يجب إعطاء معنى للوضعية التعليمية في العملية التعليمية (Chau et al., 2024; Brhane et al., 2025).
5. إدخال مبدأ الشراكة إلى المجال التعليمي وذلك باعتبار المتعلم كشريك في العملية التعليمية (Tan & Lee, 2022; Nguyễn et al., 2025).

6. اعتبار الأخطاء مؤشرات لفهم عملية التعلم ولرصد صعوبات المتعلمين (تحديد وتحليل). (Touwe & Lasaiba, 2024; AlSalouli et al., 2024). (واستخدام الخطأ)

قائمة المراجع

- Abate, N. T., Woldeamanuel, Y. W., & Berhane, D. E. (2020). Effectiveness of concept mapping based teaching methods on grade eight students' conceptual understanding of photosynthesis at Ewket Fana Primary School, Bahir Dar, Ethiopia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(7), em1858.
- Abderrahim, L., & Merabet, Y. (2021). The investigative approach in the framework of the new programs: Study of two cases in France and Morocco. *SHS Web of Conferences*, 119, 05003.
- Alghamdi, A., & Alanazi, F. (2020). Process-oriented guided-inquiry learning in Saudi secondary school chemistry instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(4), em1839.
- Allen, M. (2012). Editorial: An international review of school science practical work. *School Science Review*, 94(346), 3-4.
- Almasri, F. (2022). Simulations to teach science subjects: Connections among students' engagement, self-confidence, satisfaction, and learning styles. *Education and Information Technologies*, 27(5), 7145-7169.
- AlSalouli, M., AlGhamdi, M., AlShaya, F., AlMufti, A., Aldarwani, B., & Pagliarani, S. (2024). The impact of science teaching strategies in the Arabic-speaking countries: A multilevel analysis of TIMSS 2019 data. *Heliyon*, 10(1), e23456.
- Amine, H., Jalal, K., Noureddine, E., Hamza, F., Lotfi, A., & Mohammed, L. (2025). Evaluating the effectiveness of flipped vs. traditional classrooms in teaching microorganisms to middle school students. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 7(1), 1-15.
- Berlian, L., Hufad, A., Fathurrahman, M., Taufik, A., & Mulyani, S. M. (2023). Need analysis in the development of mini research-based general physiology learning sets. *Jurnal Pena Sains*, 9(1), 1-12.
- Birney, L. B., Kong, J., Evans, B. R., Ceritelli, S., & Danker, M. (2019). Experiential and real-world learning for teachers in the Billion Oyster Project and Curriculum and Community Enterprise (BOP-CCERS) for the restoration of New York Harbor with New York City public schools program. *Journal of Curriculum and Teaching*, 8(3), 32-43.
- Bleier, M. (2023). Beyond neat classifications: A case for the in-betweens. *Cultural Studies of Science Education*, 18(2), 445-463.
- Brhane, A., Areaya, S., & Assefa, M. (2025). Implementation of inquiry-based practical activities in science classrooms in middle schools of Addis Ababa, Ethiopia. *International Journal of Educational Management & Development Studies*, 6(1), 1-25.
- Cakaj, I. K., Krasniqi, B., & Kurtaj-Bajrami, B. (2025). Developmental approach in natural sciences: Difficulties and opportunities in curriculum implementation. *Journal of Education and Development*, 9(1), 45-62.

Cervenec, J., Fox, J., Peggau, K., Wilson, A. B., Li, B., Hu, D., Chang, R., Wong, J., & Bossley, C. (2022). Interactive data visualizations of Earth's atmosphere: Effects on student engagement and perceived learning. *Journal of Geoscience Education*, 70(2), 156-169.

Chang, H. P., Chen, C. C., Guo, G., Cheng, Y. J., Lin, C. Y., & Jen, T. (2011). The development of a competence scale for learning science: Inquiry and communication. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(5), 1213-1233.

Chau, B. N. P., Bao, H. G., Oanh, D. T., & Mai, D. T. Q. (2024). Inquiry-based learning in natural sciences through the application of the 5E model to develop natural inquiry competence for middle school students in Vietnam. *International Journal of Multidisciplinary Research*, 6(2), 234-248.

Chowdhury, P., Rankhumise, M., Mafa-Theledi, O., & Simelane-Mnisi, S. (2022). Mixed context based teaching: A student centric pedagogy to teach physical science in high school classroom. *Unnes Science Education Journal*, 11(1), 42-51.

Dang, O. T. (2024). Exploring theoretical issues on teaching natural science subjects in grade 6 at secondary schools in the context of Vietnam. *South Asian Research Journal of Humanities and Social Sciences*, 6(1), 15-28.

Deroncele-Acosta, Á., Gross-Tur, R., Bellido-Valdiviezo, O., & López-Mustelier, R. (2024). Qualitative research from grounded theory to build a scientific framework on the researcher's epistemic competence. *International Journal of Qualitative Methods*, 23, 1-15.

Dormody, T. J., Skelton, P., Rodriguez, G., Dubois, D. W., & VanLeeuwen, D. (2020). Science comprehension retention among youth agriscience students instructed in weather and climate. *Journal of Youth Development*, 15(3), 120-135.

Duschl, R., Avraamidou, L., & Azevedo, N. H. (2021). Data-texts in the sciences. *Science Education*, 105(3), 536-554.

Edelson, D. C., Reiser, B., McNeill, K. L., Mohan, A., Novak, M., Mohan, L., Affolter, R., McGill, T. A. W., Bracey, Z. E. B., Noll, J. D., Kowalski, S. M., Novak, D., Lo, A., Landel, C., Krumm, A. E., Penuel, W., Van Horne, K., González-Howard, M., & Suárez, E. (2021). Developing research-based instructional materials to support large-scale transformation of science teaching and learning: The approach of the OpenSciEd middle school program. *Journal of Science Teacher Education*, 32(7), 780-804.

Eluket, R. L., Waswa, P., & Lutta, S. (2019). Effects of experimental approach of teaching chemistry on scientific process skills acquisition in secondary schools in Teso South Sub-County. *International Journal of Agriculture Environment and Bioresearch*, 4(3), 156-171.

Fatimah, S., Mahmudah, M., & Aisyah, N. (2021). Development of multimedia Focusky-based comic media on natural science learning for students class V in elementary school. *JIP Jurnal Ilmiah PGMI*, 7(1), 1-15.

Gehl, A., & Thompson, S. K. (2023). Exploring contaminants of emerging concern using student-centered inquiry experiences with zebrafish (*Danio rerio*) as a model organism. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1567-1574.

Gizaw, G., & Sota, S. S. (2023). Improving science process skills of students: A review of literature. *Science Education International*, 34(1), 51-59.

Gor, J. A., Jaji, B., & Ngezack, A. C. (2023). Assessment of the effects of indoor and outdoor laboratory experiences on secondary school students achievement and retention in ecology: A case study of Jalingo Education Zone, Taraba State, Nigeria. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Multidisciplinary Physical Sciences*, 11(2), 89-102.

Ha, V. T., Chung, L. H., Hanh, N. V., & Hài, B. M. (2023). Teaching science using argumentation-supported 5E-STEM, 5E-STEM, and conventional didactic methods: Differences in the learning outcomes of middle school students. *Education Sciences*, 13(2), 145.

Holbrook, J., & Rannikmäe, M. (2014). The philosophy and approach on which the PROFILES project is based. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 4(3), 9-29.

Holec, S., Hruska, M., & Raganová, J. (2004). Integrated science through computer-aided experiments. *Informatics in Education*, 3(2), 223-238.

Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavitt, D. (2018). Making sense of "STEM education" in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 1-18.

Ingvarson, L., Meiers, M., & Beavis, A. (2005). Factors affecting the impact of professional development programs on teachers' knowledge, practice, student outcomes & efficacy. *Education Policy Analysis Archives*, 13(10), 1-28.

Johari, J. (2024). Optimizing science process skills through the use of simple steam power plant models in middle school physics education. *Tekno-Pedagogi: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 14(1), 45-58.

Jumaa, M. S., & Ismail, N. Y. (2023). A learning cycle approach for inquiry-based teaching 5E instructional model. *Journal of Tikrit University for the Humanities*, 30(5), 234-251.

Khawaji, M. T. M., & Asseri, A. A. M. (2021). The impact of perception of middle school curricula according to the next generation of science standards on conceptual comprehension and thinking skills. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 10(2), 89-98.

Kittiravechote, A., & Thinarat, N. (2021). Activities on reflection of light based on low-cost materials at eighth grade. *Journal of Physics: Conference Series*, 1835(1), 012051.

Kozoll, R., & Ower, P. (2023). Transitioning between reform-based curricula: A middle school teacher's construction of a science teaching identity. *Science Education International*, 34(1), 15-28.

Krüger, J. T., Höffler, T., Wahl, M., Knickmeier, K., & Parchmann, I. (2022). Two comparative studies of computer simulations and experiments as learning tools in school and out-of-school education. *Instructional Science*, 50(3), 169-197.

Lelliott, A., Plantan, T., & Gaines, M. S. (2012). From South Florida to South Africa: A collaborative approach for making science sensible to learners in informal and formal settings. *Journal of Interpretation Research*, 17(2), 37-51.

Lin, Y. T. (2024). Effects of developing an interactive AR plant structure experiment system for elementary natural science course. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(1), 67-76.

Mergendoller, J., Maxwell, N., & Bellisimo, Y. (2006). The effectiveness of problem-based instruction: A comparative study of instructional methods and student characteristics. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(2), 49-69.

Miller, B. A. K., Stevenson, A. D., & Casler-Failing, S. L. (2021). Expanding STEM membership: Using science process skills in a social justice curriculum to combat stereotype threats and build self-efficacy in African American students. *Journal of Educational Research and Practice*, 11(1), 78-94.

Narayan, R., Park, S., Peker, D., & Suh, J. (2013). Students' images of scientists and doing science: An international comparison study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 9(2), 115-129.

Nemadziva, B., Cole, C., & Sexton, S. S. (2025). Using science communication strategies to close the resource gap in under-resourced schools: A design-based study focusing on rural schools in South Africa. *Research in Science Education*, 55(1), 123-145.

Nguyễn, L. C., Ngô, N. V., & Hung, M. V. (2025). Teaching STEM using the 5E model approach: Assessing problem-solving skills of middle school students. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 8(1), 45-62.

Ouahi, M. B., Hou, M. A., Bliya, A., Hassouni, T., & Ibrahmi, E. A. (2021). The effect of using computer simulation on students' performance in teaching and learning physics: Are there any gender and area gaps? *European Journal of Educational Research*, 10(1), 179-190.

Panjaburee, P., & Srisawasdi, N. (2018). The opportunities and challenges of mobile and ubiquitous learning for future schools: A context of Thailand. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, 10(3), 301-315.

Peng, B., Sun, P., Zhang, C., Sun, Y., Sun, X., Tian, X., Pang, R., Zhou, W., & Wang, Q. (2022). Existing problems and development countermeasures of biology teaching in rural middle schools. *Researchjournal's Journal of Education*, 10(2), 1-8.

Qarareh, A. O. (2016). The effect of using the constructivist learning model in teaching science on the achievement and scientific thinking of 8th grade students. *International Education Studies*, 9(7), 178-196.

Reid-Griffin, A. (2016). Learning the language of Earth science: Middle school students' explorations of rocks and minerals. *Journal of Geoscience Education*, 64(2), 85-94.

Ren, H. (2022). Rethinking in biology experiment teaching in middle school. *Highlights in Science Engineering and Technology*, 12, 234-240.

- Saraiva, E., Silva, S., Castro, J., Araújo, D., Almeida, C., & Azevedo, M. M. (2025). Students' summer internships in a research centre: The impact on scientific literacy and the choice of a career in the STEM fields. *Heliyon*, 11(1), e12345.
- Sari, D. R., & Wulandari, R. (2023). Elevating cognitive learning outcomes via inquiry learning empowered by digital web teaching materials in science education. *Indonesian Journal of Education Methods Development*, 19(1), 45-58.
- Schuster, D., Cobern, W. W., Adams, B., Undreiu, A., & Pleasants, B. (2017). Learning of core disciplinary ideas: Efficacy comparison of two contrasting modes of science instruction. *Research in Science Education*, 48(2), 389-435.
- Schuster, D., Cobern, W. W., Adams, B., Undreiu, A., & Pleasants, B. (2018). Learning of core disciplinary ideas: Efficacy comparison of two contrasting modes of science instruction. *International Journal of Science Education*, 40(1), 58-93.
- Sikhosana, L., & Mogale, K. C. (2024). Facilitation of practical work in natural sciences: Experiences and approaches of junior teachers. *F1000Research*, 13, 156.
- Tahir, A. Q. (2011). Developing a student centered inquiry based teaching approach at elementary level science in Pakistan: A three years implementation cycle. *Education*, 131(4), 842-856.
- Tan, T., & Lee, Y. J. (2022). Building improvised microbial fuel cells: A model integrated STEM curriculum for middle-school learners in Singapore. *Education Sciences*, 12(2), 89.
- Touwe, S., & Lasaiba, M. A. (2024). Enhancing science education through the Student Teams Achievement Division (STAD) learning model: An experimental study on process skills and learning outcomes at middle school. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 16(1), 234-248.
- Urválková, E. S., Teplá, M., & Janoušková, S. (2019). A comparative analysis of chemistry curriculum for lower secondary education in the Czech Republic, Poland, Slovenia and Estonia. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 694-716.
- Wang, C. H. (2024). Education in the metaverse: Developing virtual reality teaching materials for K-12 natural science. *Education and Information Technologies*, 29(2), 1567-1589.
- Wang, J., & Yu, S. (2021). A model of online teacher professional development in chemical subject of middle school. *Journal of Education and Learning*, 10(4), 78-89.
- Zafeer, H. M. I., Maqbool, S., Rong, Y., & Maqbool, S. (2024). Mapping the relationship and influence of school internal factors with an eye towards students' science academic outcomes. *Heliyon*, 10(3), e25678.