البحث الثامن :

المعرفة الإبستمولوجية بالنمذجة العلمية لدى طالبات المرحلة الثانوية: دلالات صدق وثبات النسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم

إعداد :

أ. زهره بنت عبد الرب المصعبي
مرشحة دكتوراة طرق تدريس العلوم، قسم المناهج وطرق التدريس
كلية التربية بجامعة الملك سعود المملكة العربية السعودية
أ. د. نضال بنت شعبان الأحمد
أستاذ تعليم العلوم، قسم المناهج وطرق التدريس
كلية التربية بجامعة الملك سعود المملكة العربية السعودية

المعرفة الإبستمولوجية بالنمذجة العلمية لدى طالبات المرحلة الثانوية: دلالات صدق وثبات النسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم

أ. زهره بنت عبد الرب المصعبي
مرشحة دكتوراة طرق تدريس العلوم، قسم المناهج وطرق التدريس
كلية التربية بجامعة الملك سعود المملكة العربية السعودية
أ. د. نضال بنت شعبان الأحمد
أستاذ تعليم العلوم، قسم المناهج وطرق التدريس
كلية التربية بجامعة الملك سعود المملكة العربية السعودية

• **المستخلص**:

هدفت الدراسة إلى التعرف على دلالات الصدق والثبات للنسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (Students' Understanding of Models in Science - SUMS)، واتبعت الدراسة المنهج الوصفي المسحي، وتمثلت أداة الدراسة في النسخة العربية من استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم، وبعد استكمال إجراءات الترجمة والتأكد من صدق المحتوى، تم تطبيق الاستبانة على عينة بلغت (١٦٢) طالبة من طالبات الصف الثالث الثانوي العلمي في خمس مدارس ثانوية حكومية بمدينة الرياض. كشفت نتائج الدراسة أن الاستبانة تمتع بدرجات ملائمة من الصدق والثبات، حيث أظهرت نتائج التحليل العاملي الاستكشافي عن وجود خمس عوامل تفسر (٧٤.٢٣٨٪) من التباين الكلي للاستبانة، كما ظهرت فروق دالة إحصائيا بين درجات طالبات المجموعتين العليا والدنيا على جميع محاور الاستبانة مما يدل على تمتعها بالصدق التمييزي، وأظهرت نتائج حساب الثبات أن الاستبانة حققت درجات ملائمة للثبات. وأوصت الدراسة بالاستفادة من نتائجها في استخدام النسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم لأغراض قياس وتقويم المعرفة الإبستمولوجية بالنمذجة العلمية لدى الطلبة.

الكلمات المفتاحية: ما وراء المعرفة بالنمذجة، النماذج العلمية، الممارسات العلمية والهندسية، طبيعة العلم.

Epistemological Knowledge of Scientific Modeling Among Secondary School Female Students: Validation of The Arabic- Adapted Version of The Students' Understanding of Models in Science – SUMS

Zahrah A. Almasabi & Nidhal S. Alahmad

Abstract:

The study aimed to identify the indications of validity and reliability of the Arabic-adapted version of students' understanding of models in science (SUMS) questionnaire. The study followed the descriptive method. After completing Translation and content validity procedures. The Arabic-adapted version of SUMS questionnaire was applied to a sample of (162) female students in the 12th grade in the natural sciences track in five government

secondary schools in Riyadh. The study results revealed that the questionnaire showed appropriate degrees of validity and reliability, as the results of the exploratory factor analysis identified five factors that explain (74.238%) of the total variance of the questionnaire. It has high discriminate validity and appropriate degrees of reliability. The study recommended using the Arabic-adapted version of SUMS questionnaire to measure and evaluate students' epistemological knowledge of scientific modeling.

Keywords: Meta-Molding Knowledge, Scientific Models, Scientific and Engineering Practices, Nature of Science.

• مقدمة :

في ظل سعي الدول لتحسين نواتج تعلم العلوم شهد تعليم العلوم إصلاحات وتحولات متعاقبة، من أحدثها المدخل القائم على الممارسة (Practice-Based Approach)، ويأتي التأكيد في هذا المدخل على ممارسات العلماء بتأثيرٍ من الدراسات الاجتماعية، والتي تصور العلم كنشاطٍ يقوم به مجتمع من الممارسين الذين يتشاركون في مجموعة محددة من الممارسات (Kind & Osborne, 2017). وفي ضوء المدخل القائم على الممارسة يتم التركيز على الممارسات العلمية كأهداف تعليمية تعزز تعلم الطلبة لكيفية بناء وتطبيق المعرفة بما ينطوي عليه ذلك من اعتبارات إبستمولوجية، عوضًا عن اكتساب معارف منفصلة ومجزأة (Berland et al., 2015).

وتعد النمذجة العلمية (Scientific Modeling) أحد الممارسات العلمية الأساسية حيث يتم من خلالها بناء النماذج العلمية لتمثيل الظواهر الطبيعية والأنظمة. ونظرًا لدورها المحوري في عمليات الاستقصاء وتوليد المعرفة العلمية؛ فإن فهم هذه الممارسة ببعديها الإجرائي والإبستمولوجي والقدرة على توظيفها في التعلم واتخاذ القرار يعد ضروريًا للثقافة العلمية (Schwartz, 2019; OECD, 2019). لذلك أصبحت تنمية القدرات المرتبطة بها محطًا للاهتمام في معايير وكفايات تعليم العلوم في عدة دول حول العالم، منها على سبيل المثال: الولايات المتحدة الأمريكية (NRC, 2012)، وألمانيا (Upmeier zu Belzen et al., 2019)، والمملكة العربية السعودية (هيئة تقويم التعليم والتدريب، ٢٠١٩)، بالإضافة إلى التأكيد عليها في الأطر المفاهيمية للاختبارات الدولية (PISA: OECD, 2019; TIMSS: Mullis & Martin, 2017).

النموذج العلمي (Scientific Model) هو تمثيل يجرد الظاهرة أو النظام من خلال التركيز على السمات الأساسية بما يجعلها واضحة ومرئية، وتعد النماذج العلمية أدوات للتعبير عن النظريات العلمية في شكل يمكن التعديل عليه، ويمكن استخدامها في الوصف والتفسير والتنبؤ (؛ Rapp & Sengupta, 2012 Schwarz et al, 2009 ; Harrison & Treagust, 2000). وتعتبر النماذج العلمية العنصر

الأساسي لبناء المعرفة العلمية في رأي عديدٍ من العلماء، وفلاسفة العلم، والمتخصصين في تعليم العلوم (Constantinou et al., 2019)؛ إذ يستخدم العلماء النماذج كأدوات إرشادية (Heuristic Devices) تتوسط بين النظرية والظاهرة، ووفقًا لهذا الرأي تصبح النماذج نشاطًا مركزيًا في العلم، ويمكن اعتبارها عوامل مستقلة في إنتاج المعرفة العلمية (فرينش، ٢٠١٢). ويساعد بناء واستخدام النماذج في بناء التفسيرات حول الظواهر الطبيعية وتحليل واختبار الأنظمة، كما تتيح النماذج القيام بالتنبؤات لاختبار الفرضيات، وهي بذلك أداة للتفكير وبناء المعنى (NRC, 2012).

ويؤكد جيلبرت وجستي (Gilbert & Justi, 2016) على أدوار النمذجة العلمية في التعليم من أجل الثقافة العلمية؛ حيث إن ممارسة الطلبة للنمذجة العلمية ستجعلهم يقدرون دورها المركزي في توليد المعرفة العلمية والتحقق من صحتها، الأمر الذي ينمي قدراتهم على تفسير البيانات وتقييم الادعاءات حولها. كما تساعدهم النمذجة العلمية على فهم اللغة المستخدمة من قِبل العلماء، مما يعزز قدراتهم على التفكير والتواصل بشكل عام. وتدعم القدرات المكتسبة من ممارسة النمذجة العلمية التكامل بين العلوم والتقنية والهندسة، حيث تستخدم النماذج العلمية كأساس للتصميم الهندسي.

يتم استخدام النماذج بعدة طرق داخل الفصل الدراسي للعلوم، حيث يستخدم المعلمون النماذج للمساعدة في توضيح الظواهر العلمية، وغالبًا ما تكون النماذج العلمية هي الطريقة الوحيدة لتوضيح وتفسير نظرية علمية مجردة، كما يتم تدريس نماذج إجماع العلماء لكونها النموذج المقبول للنظرية العلمية، على سبيل المثال: نموذج الحمض النووي، وتدعم النماذج العلمية الطلبة في تطوير نماذجهم العقلية الخاصة بالمفاهيم العلمية، وهو ما يتوافق مع النظرية البنائية للتعلم والتي تتطلب من الطلبة استيعاب الأفكار العلمية ومواءمتها والتواصل بها مع الآخرين (Treagust et al., 2002; Park et al., 2017).

وقد حظيت النمذجة العلمية بالاهتمام من الباحثين في مجال تعليم العلوم على مدى العقدين الماضيين (Lin et al., 2018)، وأوضحت دراسات المراجعة الإسهامات المتنوعة لمجال التعلم القائم على النمذجة في تعليم العلوم فيما يتعلق بكل من: الجوانب الإبستمولوجية لطبيعة العلم عمومًا أو طبيعة النماذج بشكل خاص، والعمليات المعرفية لاسيما تعزيز الاستيعاب المفاهيمي، وإشراك الطلبة في الممارسات العلمية (Campbell et al., 2015; Louca & Zacharia, 2012).

وكأحد النواتج الرئيسة من تعليم العلوم يتطلب تحقيق الأداء الجيد للنمذجة العلمية القدرة على العمل مع النماذج العلمية وتطويرها ومراجعتها والتواصل حولها، والتعبير عن تصورات إبستمولوجية مقبولة عنها من خلال

فهمهم لطبيعتها وأهدافها وقيودها (Oliva & Blanco- López, 2021). وبيّنت الدراسات وجود علاقة متبادلة بين ممارسة النمذجة العلمية والمعرفة الإبستمولوجية بها، حيث توجه المعرفة الإبستمولوجية الممارسة مما يتيح للطلبة تخطيط وتقويم استقصاءاتهم بشكل أكثر فعالية (Cheng & Lin, 2015; Constantinou et al., 2019; Schwarz et al., 2009).

تعرف المعرفة الإبستمولوجية (Epistemic Knowledge) بأنها معرفة البنى وتحديد السمات الأساسية لعملية بناء المعرفة في العلم (مثل: الملاحظات، والافتراضات، والحقائق، والنماذج، والنظريات)، ودورها في تبرير المعرفة التي ينتجها العلم (Duschl, 2008, as cited in OECD, 2019). وتتحدد المعرفة الإبستمولوجية بالنمذجة العلمية في فهم طبيعة النماذج العلمية من حيث خصائصها التمثيلية والتفسيرية والتنبؤية، والغرض من النماذج العلمية واستخداماتها (Constantinou et al., 2019).

وقد سعى الباحثون لوصف المعرفة الإبستمولوجية بالنمذجة العلمية وتطوير أدوات لقياسها، وتعد دراسة جروس لايت وآخرون (Grosslight et al., 1991) من أوائل الدراسات في هذا المجال حيث استكشفت من خلال المقابلات تصورات (٥٥) طالبًا من طلبة الصف السابع والصف الحادي عشر حول النماذج واستخداماتها في العلوم، وتصورات أربعة خبراء متخصصين في العلوم لغرض المقارنة بين تصوراتهم وتصورات الطلبة، أجريت الدراسة في الولايات المتحدة الأمريكية. وتوصلت إلى أن غالبية الطلبة يميلون للتفكير في النماذج كنسخ مطابقة للأصل أكثر من كونها تمثيلات مبنية قد تجسد آراء نظرية مختلفة، وبالتالي تتوافق تصوراتهم مع إبستمولوجيا الواقعية الساذجة (naive realist epistemology). وعندما تصبح أفكار الطلبة حول النماذج واستخدامها أكثر تعقيدًا، فإنها تتضمن بشكل متزايد حقيقة أن النماذج مصممة لأغراض معينة، خاصة تلك التي تساعد على التواصل حول الأفكار العلمية. بينما عبّر جميع الخبراء عن أفكار تتماشى مع الإبستمولوجيا البنائية (constructivist epistemology)، مميّزين بين النماذج المجردة والمادية، ووضحوا الطرق التي تُستخدم بها النماذج لبناء الأفكار واختبارها. وخلصت الدراسة إلى أن الطلبة بحاجة إلى مزيد من الخبرة في استخدام النماذج كأدوات فكرية، والمزيد من الخبرة مع النماذج التي توفر آراء مفاهيمية متناقضة للظواهر، والمزيد من المناقشات حول أدوار النماذج في خدمة الاستقصاء العلمي.

واستفادت دراسة تريجست وآخرون (Treagust et al., 2002) من نتائج دراسة جروس لايت وآخرون (Grosslight et al., 1991) في تطوير استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (Students' Understanding of Models in Science -

SUMS) بهدف التعرف على مدى فهم الطلبة لطبيعة النماذج العلمية والغرض منها، وتكونت الأداة من خمسة محاور، هي: النماذج كتمثيلات متعددة، والنماذج كنسخ طبق الأصل، والنماذج كأدوات تفسيرية، واستخدامات النماذج العلمية، والطبيعة المتغيرة للنماذج.

وبحسب مراجعة أجراها ماثيسيوس وكريل (Mathesius & Krell, 2019) فقد تم تبني استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (SUMS) وتقويمها من قبل عدد من الباحثين في سياقات ثقافية متنوعة ومراحل تعليمية مختلفة، كما أظهرت الدراسات أدلة على صلاحية استبانة (SUMS) استنادًا على العلاقات مع المتغيرات الأخرى، مما يعطيها حسب رأيهما موثوقية علمية مقارنة بالاستبانات الأخرى المعدة لذات الهدف.

- **مشكلة الدراسة**:

بناءً على ما سبق، وانطلاقًا من أهمية ممارسة النمذجة العلمية كأحد الممارسات الأساسية المستهدفة من تعليم العلوم على المستويين العالمي (Mullis & Martin, 2017; NRC, 2012; OECD, 2019; Upmeier zu Belzen et al., 2019)، والمحلي في المملكة العربية السعودية (هيئة تقويم التعليم والتدريب، ٢٠١٩)، إلى جانب التأكيد على أهمية المعرفة الإبستمولوجية بالنمذجة العلمية (NRC, 2012; OECD, 2019)، حيث إن الأداء الجيد لممارسة النمذجة يتطلب فهمًا لطبيعة النمذجة العلمية وأسسها المنطقية (Schwarz et al., 2009). بالتالي، فإن تطوير أدوات التقويم التي تركز على الجوانب المختلفة للنمذجة العلمية هي أحد الأهداف المهمة لبحوث تعليم العلوم (Nicolaou & Constantinou, 2014).

وبناءً على ما أشارت له نتائج دراسة الشمراني (٢٠١٩) من ضعف لدى الطلبة في ممارسة بناء النماذج واستخدامها، ونتائج دراسة أبوعاذرة (٢٠١٩) من ضعفٍ في توفر قيام الطلبة بتطوير أو استخدام النماذج للتنبؤ بالظواهر، أو لتوليد بيانات لدعم التفسيرات، وتحليل الأنظمة في الممارسات التدريسية لمعلمات الفيزياء. مما يظهر الحاجة إلى تقييم الجوانب ذات الصلة بالمعرفة الإبستمولوجية حول النماذج العلمية لدى الطلبة بما يدعم تحقيق أهداف تعليم العلوم (Gobert et al., 2011; Park et al., 2017; Treagust et al., 2002).

ونظرًا لقلة توفر أدوات باللغة العربية تستهدف قياس وتقييم المعرفة الإبستمولوجية حول النماذج العلمية -على حسب ما أسفرت عنه نتائج البحث في قاعدة بيانات دار المنظومة -، تسعى هذه الدراسة إلى التعرف على دلالات الصدق والثبات للنسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (SUMS).

- **أسئلة الدراسة**:

تمثل أسئلة الدراسة فيما يلي:

- ما دلالات الصدق للنسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم؟
- ما دلالات الثبات للنسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم؟

- **أهداف الدراسة**:

هدفت الدراسة إلى:

- ترجمة استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (*SUMS*)، وتكييفها حسب سياق تعليم العلوم في المملكة العربية السعودية.
- حساب دلالات الصدق لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم.
- حساب دلالات الثبات لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم.

- **أهمية الدراسة**:

تسهم هذه الدراسة في توفير أداة لقياس وتقويم المعرفة الإبستمولوجية بالنمذجة العلمية، والتي قد يستفيد منها الباحثون والمعلمون والمهتمون بتعليم العلوم.

- **حدود الدراسة**:

اقتصرت الدراسة على ما يلي:

- الحدود الموضوعية: تكييف النسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم. والتعرف دلالات الصدق والثبات للاستبانة.
- الحدود المكانية: تم تطبيق الدراسة في خمس مدارس ثانوية بمدينة الرياض.
- الحدود البشرية والزمنية: عينة من طالبات الصف الثالث الثانوي العلمي، في العام الدراسي ١٤٤٣هـ.

- **مصطلحات الدراسة**:

المعرفة الإبستمولوجية بالنمذجة العلمية (Epistemological Knowledge of Scientific Modeling): تعرف إجرائيًا على أنها: مستوى فهم الطالبة للمحاور الخمسة التي تقيسها استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم، وهي: النماذج كتمثيلات متعددة، والنماذج كنسخ طبق الأصل، والنماذج كأدوات تفسيرية، واستخدامات النماذج العلمية، والطبيعة المتغيرة للنماذج.

- **الدراسات السابقة**:

فيما يلي عرض لبعض الدراسات التي استخدمت استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (SUMS):

دراسة بارك (Park, 2013) التي هدفت إلى الكشف عن العلاقة بين تصورات الطلبة للنماذج العلمية ومفاهيمهم البديلة لأطوار القمر. وتكونت عينة الدراسة

من (٢٥٢) طالبًا من طلبة الصف العاشر في كوريا الجنوبية. واستخدمت استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (SUMS) لقياس فهم الطلبة للنماذج، ومهام رسم وتفسير سبب حدوث أطوار القمر لقياس المفاهيم البديلة. أشارت النتائج إلى فروق ذات دلالة إحصائية في العلاقة بين التصورات والمفاهيم البديلة، في محاور: النماذج كأدوات تفسيرية، واستخدامات النماذج العلمية، والطبيعة المتغيرة للنماذج. كما بيّنت أن الطلبة الذين لديهم مفهوم علمي لأطوار القمر يميلون إلى فهم أنه يمكن استخدام تمثيلات متعددة للتعبير عن الأبعاد المختلفة للشيء.

واستكشفت دراسة تشنغ ولن (Cheng & Lin, 2015) العلاقة بين آراء الطلبة حول النماذج العلمية وقدرتهم على بناء النماذج، وتكونت عينة الدراسة من (٢٠٤) طالبًا بالصف التاسع في تايوان، وتم جمع البيانات من خلال استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (SUMS)، كما تم تقييم مهام بناء النماذج على تصنيف من خمس مستويات متدرجة، والتي كلف الطلبة فيها بتفسير سبب حدوث ثلاث ظواهر مغناطيسية مختلفة، وبيّنت النتائج وجود ارتباط إيجابي بين فهم الطلبة للنماذج في العلوم والنماذج التي قاموا ببنائها.

وسعت دراسة ديرماناند وكاياكان (Dermanand & Kayacan, 2017) إلى استكشاف العلاقة بين فهم النماذج والتحصيل في موضع الذرة في الكيمياء، وتكونت عينة الدراسة من (٧٦) معلمًا من معلمي العلوم قبل الخدمة في تركيا، وتم جمع البيانات من خلال استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (SUMS)، واختبار تحصيلي لموضوعات الذرة، وأشارت النتائج إلى عدم وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين فهم النماذج والتحصيل لدى المعلمين، بالإضافة إلى أن المعلمين لديهم فهم واضح للطبيعة المتغيرة للنماذج، إلا أنهم لا يمتلكون الفهم المطلوب لكيفية استخدام النماذج العلمية في تطوير المفاهيم والنظريات العلمية.

وهدفت دراسة فيلابلانكا وآخرون (Villablanca et al., 2020) إلى تقنين استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (SUMS) باللغة الإسبانية واستكشاف فهم الطلبة للنماذج العلمية، وتكونت عينة الدراسة من (٢٩٠) طالبًا في ثلاث مدارس في جمهورية تشيلي. وأظهرت النتائج أن الطلبة بحاجة إلى التحسن في محوري النماذج كنسخ طبق الأصل، واستخدامات النماذج العلمية.

يتضح مما سبق أن استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (SUMS) تم تطبيقها بهدف التعرف على فهم الطلبة للنماذج، وقد استخدمت بطرق متعددة في الدراسات، مثل: دراسة العلاقة بين فهم النماذج ومعرفة المحتوى (Derman & Kayacan, 2017;; Park, 2013)، ودراسة العلاقة بين فهم النماذج وممارسات النمذجة (Cheng & Lin, 2015)، وتقنين الاستبانة في سياق اللغة الإسبانية بهدف التعرف على مستوى فهم الطلاب للنماذج (Villablanca et al., 2020).

ويتمثل إسهام الدراسة الحالية في ترجمة استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (SUMS) إلى اللغة العربية، ثم التعرف على دلالات الصدق والثبات تمهيداً لاستخدامها في قياس وتقويم فهم الطلبة للنماذج في العلوم.

- **منهجية الدراسة**:

اتبعت الدراسة المنهج الوصفي المسحي لمناسبته لطبيعة الدراسة وأهدافها.

- **المجتمع والعينة**:

تكون مجتمع الدراسة من جميع طالبات الصف الثالث الثانوي العلمي، في العام الدراسي ١٤٤٣هـ بمدينة الرياض، في حين استخدمت طريقة العينة المتاحة لتطبيق أداة البحث، حيث تم توزيع الاستبانة على خمس مدارس ثانوية حكومية تابعة لإدارة التعليم بمنطقة الرياض، وبلغ عدد المستجيبات (١٦٢) طالبة من طالبات الصف الثالث الثانوي العلمي.

- **أداة الدراسة**:

تمثلت أداة الدراسة في استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (Students' Understanding of Models in Science - SUMS) التي تم تطويرها من قبل تريجست وآخرون (Treagust et al., 2002)، وتهدف الاستبانة إلى التعرف على مدى فهم الطلبة لطبيعة النماذج العلمية والغرض منها، وتتكون من (٢٧) عبارة موزعة على خمسة محاور على مقياس ليكرت الخماسي (من أوافق بشدة إلى لا أوافق بشدة)، كما يلي:

- النماذج كتمثيلات متعددة (*Models as Multiple Representations - MR*): يستكشف هذا المحور تصورات الطلبة حول استخدام مجموعة من التمثيلات في الوقت نفسه، ويتكون من ثماني عبارات.
- النماذج كنسخ طبق الأصل (*Models as Exact Replicas - ER*): يستكشف هذا المحور تصورات الطلبة حول مدى مطابقة النموذج للأصل الذي يمثله، ويتكون من ثماني عبارات.
- النماذج كأدوات تفسيرية (*Models as Explanatory Tools - ET*): يستكشف هذا المحور تصورات الطلبة حول دور النموذج في تفسير الأحداث او الظواهر العلمية، ويتكون من خمس عبارات.
- استخدامات النماذج العلمية (*The Uses of Scientific Models - USM*): يستكشف هذا المحور تصورات الطلبة حول كيفية استخدام النماذج في العلوم، ويتكون من ثلاث عبارات.
- الطبيعة المتغيرة للنماذج (*The Changing Nature of Models - CNM*): يستكشف هذا المحور تصورات الطلبة حول ديمومة النماذج، ويتكون من ثلاث عبارات.

- **إجراءات إعداد الأداة**:

اتُبعت الإجراءات الآتية لإعداد الاستبانة للتطبيق على عينة البحث:

- الحصول على إذن استخدام الأداة: تواصلت الباحثة الأولى مع ديفد تريجست أستاذ تعليم العلوم بجامعة كيرتن الأسترالية والمؤلف الأول للورقة البحثية التي نشرت بها استبانة (*SUMS*) (*Treagust et al., 2002*). وذلك لطلب الإذن لاستخدام الأداة وقد أفاد بإمكانية ذلك، كما أشار إلى عدم وجود ترجمة للأداة باللغة العربية في حدود علمه (د. تريجست، تواصل شخصي، أغسطس ٢٣، ٢٠٢١).
- ترجمة الاستبانة من اللغة الإنجليزية إلى اللغة العربية، ومن ثم ترجمتها عكسيًا للتأكد من اتساق النسخة العربية مع النسخة الإنجليزية.
- التحقق من صدق المحتوى من خلال عرض الصورة الأولية للاستبانة باللغتين العربية والإنجليزية على مجموعة من المحكمين من ذوي الاختصاص في الترجمة وتعليم العلوم؛ لإبداء آرائهم في المحتوى والصياغة اللغوية وملائمتها للتطبيق في سياق تعليم العلوم في المملكة العربية السعودية، وفي ضوء ملحوظات المحكمين أجريت عدة تعديلات على الترجمة والصياغة اللغوية، ومن أبرزها ما يلي:
  - ✓ تعديل العبارة رقم (٨) من" النموذج لديه ما هو مطلوب لإظهار أو تفسير ظاهرة علمية" إلى " يمتلك النموذج ما يتطلبه عرض أو تفسير الظاهرة العلمية".
  - ✓ تعديل العبارة رقم (١١) من" يحتاج النموذج أن يكون قريبًا من الشيء الحقيقي من خلال كونه دقيقا جدًا، بحيث لا يمكن لأحد دحضه" إلى " يحتاج النموذج أن يكون مشابهًا للشيء الحقيقي عبر كونه مطابقا تمامًا، بحيث لا يمكن لأحد الاعتراض عليه".
  - ✓ تعديل العبارة رقم (١٧) من " تُستخدم النماذج لتمثيل شيء ما ماديًا أو بصريًا" إلى " تُستخدم النماذج لتمثيل شيء ما بصورة بصرية أو مجسمة".
  - ✓ استبدال مفردة "كائن/كائنات" بـ "شيء/أشياء" في عدة عبارات.
  - ✓ استبدال "قريبًا من الشيء الحقيقي" بـ "مشابهًا للشيء الحقيقي" في عدة عبارات.
- عرض الاستبانة بعد التعديل على ثلاثة محكمين وقد أفادوا بملائمتها.
- الحصول على الموافقة لتطبيق أداة البحث من اللجنة الدائمة لأخلاقيات البحث العلمي بجامعة الملك سعود.
- عرض الاستبانة على عدد من طالبات المرحلة الثانوية (١٠ طالبات) للتأكد من وضوح عبارات الاستبانة لهن، وبذلك أصبحت الاستبانة جاهزة للتطبيق على عينة البحث.

- **الأساليب الإحصائية**:

تم تحليل البيانات الكمية باستخدام برنامج (SPSS)، باستخدام الأساليب الإحصائية الآتية:

- معامل ارتباط بيرسون معامل ارتباط بيرسون لحساب ارتباط فقرات كل محور من محاور الاستبانة مع الدرجة الكلية للمحور.
- اختبار كايزر واختبار برتليت لحساب مؤشرات ملائمة العينة لإجراء تحليل عاملي.
- تحليل عاملي استكشافي من الدرجة الأولى بطريقة تحليل المكونات الأساسية لهوتلينج (*Hotelling*) لاستخلاص العوامل الأساسية التي تتوزع عليها عبارات الاستبانة.
- اختبار "ت" للتعرف على دلالة الفروق بين درجات طالبات المجموعتين العليا والدنيا بعرض حساب الصدق التمييزي.
- معادلة ألفا كرونباخ لحساب ثبات محاور استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم.

معامل ارتباط بيرسون ومعادلة سبيرمان وبراون، ومعادلة جتمان لحساب ثبات محاور استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم

- **نتائج الدراسة**:

- **الإجابة عن السؤال الأول: ما دلالات الصدق للنسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم؟**

- **الصدق العاملي** (Factor Validity):

قبل الشروع في التحليل العاملي الاستكشافي، تم استخدام معامل ارتباط بيرسون لحساب ارتباط فقرات كل محور من محاور الاستبانة مع الدرجة الكلية للمحور، بعد تطبيقها على عينة البحث، ويوضح جدول (١) معاملات ارتباط فقرات كل محور من محاور الاستبانة مع الدرجة الكلية للمحور.

جدول ١: معاملات ارتباط فقرات كل محور من محاور الاستبانة مع الدرجة الكلية للمحور (ن=١٦٢)

المحور الأول: النماذج كتمثيلات متعددة		المحور الثاني: النماذج كنسخ طبق الأصل		المحور الثالث: النماذج كأدوات تفسيرية		المحور الرابع: استخدامات النماذج العلمية		المحور الخامس: الطبيعة المتغيرة للنماذج	
رقم الفقرة	معامل الارتباط	رقم الفقرة	معامل الارتباط	رقم الفقرة	معامل الارتباط	رقم الفقرة	معامل الارتباط	رقم الفقرة	معامل الارتباط
١	٠.٨٣٩**	٩	٠.٨٧٨**	١٧	٠.٧٠٧**	٢٢	٠.٩٢٦**	٢٥	٠.٩٦٦**
٢	٠.٩٦٢**	١٠	٠.٩٠٨**	١٨	٠.٦٥٣**	٢٣	٠.٨٩٥**	٢٦	٠.٩٢١**
٣	٠.٩٢٦**	١١	٠.٨٣٩**	١٩	٠.٦٤٨**	٢٤	٠.٩١٩**	٢٧	٠.٩٢٢**
٤	٠.٧٩٠**	١٢	٠.٨٥٥**	٢٠	٠.٧٠٠**				
٥	٠.٩٣١**	١٣	٠.٦٩٤**	٢١	٠.٦١٤**				
٦	٠.٨٤٠**	١٤	٠.٩٥٦**						
٧	٠.٩٦٣**	١٥	٠.٨٢٤**						
٨	٠.٩٠٧**	١٦	٠.٨١٦**						

** دال إحصائيًا عند مستوى ٠.٠١

يتضح من جدول (١) أن معاملات الارتباط لفقرات كل محور من محاور الاستبانة مع الدرجة الكلية للمحور تراوحت ما بين (٠.٦١٤ -٠.٩١٠) وجميعها دالة إحصائيًا عند مستوى دلالة (٠.٠١).

- **التحليل العاملي الاستكشافي** (Exploratory Factor Analysis):

تم إجراء التحليل العاملي الاستكشافي لعبارات الاستبانة وعددها (٢٧) عبارة؛ حيث تم اتخاذ بعض الاجراءات لمعرفة قابلية الاستبانة للتحليل العاملي الاستكشافي، وبإجراء الإحصاءات تبين أن معظم الارتباطات أكبر من (٠.٤٠)، وأن القيمة المطلقة لمحدد مصفوفة الارتباطات جاءت أكبر من (٠.٠٠٠٠١)، وبالنسبة لاختبار كايزر لكفاءة عدد أفراد العينة يساوي (٠.٨٧٠)، كما أن قيمة اختبار برتليت دالة إحصائيًا وقيمته (٤٠٨٩.٥٩٢)، وهو قيم ملائمة لإجراء التحليل العاملي كما يوضح جدول (٢).

جدول ٢: مؤشرات ملائمة العينة لإجراء تحليل عاملي (ن=١٦٢)

المؤشر	القيمة
قيمة معامل كايزر- ماير- أوكلين لملائمة العينة	٠.٨٧٠
قيمة اختبار برتليت	٤٠٨٩.٥٩٢
درجة الحرية	٣٥١
مستوى الدلالة	٠.٠١

وبناء على ما سبق تم اجراء تحليل عاملي استكشافي من الدرجة الأولى بطريقة تحليل المكونات الأساسية لهوتلينج (Hotelling) لاستخلاص العوامل الأساسية التي تتوزع عليها عبارات الاستبانة، واستخدام محك الجذر الكامن لاستخراج العوامل، مع تدوير متعامد بطريقة الفاريماكس (Varimax)، وكان محك التشبع للعبارة هو ($\leq$ ٠.٤٠)، ويوضح جدول (٣) تشبعات كل عبارة على العامل الخاص بها في استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم. وبناءً على نتائج التحليل العاملي الاستكشافي الموضحة بجدول (٣) تم الإبقاء على جميع العبارات حيث كانت تشبعاتها أعلى من (٠.٤٠)، وكشفت نتائج التحليل العاملي عن وجود خمس عوامل تفسر (٧٤.٢٣٨٪) من التباين الكلي في فهم الطلبة للنماذج في العلوم، ويمكن تفصيل هذه العوامل كما يلي:

- النماذج كتمثيلات متعددة: ويفسر (٢٨.٢٦٪) من التباين في فهم الطلبة للنماذج في العلوم، وتبلغ قيمة الجذر الكامن له (٧.٦٣١)، وتألف من (٨) عبارات تراوحت تشبعاتها من (٠.٨١١ إلى ٠.٩٦٨)، وتعبر الدرجة المرتفعة على هذا العامل عن مستوى مرتفع من فهم النماذج كتمثيلات متعددة.
- النماذج كنسخ طبق الأصل: ويفسر (٢١.٩٨٪) من التباين في فهم الطلبة للنماذج في العلوم، وتبلغ قيمة الجذر الكامن له (٥.٩٣)، وتألف من (٨) عبارات تراوحت تشبعاتها من (٠.٥٨٢ إلى ٠.٩٦٥)، وتعبر الدرجة المرتفعة على هذا العامل عن مستوى مرتفع من فهم النماذج كنسخ طبق الأصل.
- الطبيعة المتغيرة للنماذج: ويفسر (٩.٧٨٪) من التباين في فهم الطلبة للنماذج في العلوم، وتبلغ قيمة الجذر الكامن له (٢.٦٤٣)، وتألف من (٣) عبارات تراوحت

تشبعاتها من (٠.٩٠٩ إلى ٠.٩٦٣)، وتعبر الدرجة المرتفعة على هذا العامل عن مستوى مرتفع من فهم الطبيعة المتغيرة للنماذج.

جدول ٣: تشبعات كل عبارة على العامل الخاص بها في استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (ن=١٦٣)

	تشبعات العامل (Factor Loadings)					
رقم العبارة	النماذج كتمثيلات متعددة	النماذج كنسخ طبق الأصل	النماذج كأدوات تفسيرية	استخدامات النماذج العلمية	الطبيعة المتغيرة للنماذج
١	٠.٨١٤				
٢	٠.٩٥٠				
٣	٠.٩٢٤				
٤	٠.٨١١				
٥	٠.٩٢٢				
٦	٠.٨٦٢				
٧	٠.٩٦٨				
٨	٠.٨٩٧				
٩		٠.٨٨٢			
١٠		٠.٩٣٣			
١١		٠.٨٥٧			
١٢		٠.٧٩٩			
١٣		٠.٥٨٢			
١٤		٠.٩٦٥			
١٥		٠.٨٤٣			
١٦		٠.٨٢٣			
١٧			٠.٧٤٠		
١٨			٠.٦٠٩		
١٩			٠.٦٠٩		
٢٠			٠.٦٦٨		
٢١			٠.٥١٣		
٢٢				٠.٨٨٩	
٢٣				٠.٧٨٠	
٢٤				٠.٩٢٢	
٢٥					٠.٩٦٣
٢٦					٠.٩٠٩
٢٧					٠.٩١٧
نسبة التباين	٢٨.٢٦	٢١.٩٨	٥.١٧	٩.٠٢	٩.٧٨
الجذر الكامن	٧.٦٣١	٥.٩٣	١.٣٩٨	٢.٤٣٥	٢.٦٤٣

- العامل الرابع استخدامات النماذج العلمية: ويفسر (٩.٠٢٪) من التباين في فهم الطلبة للنماذج في العلوم، وتبلغ قيمة الجذر الكامن له (٢.٤٣٥)، وتألف من (٣) عبارات تراوحت تشبعاتها من (٠.٧٨٠ إلى ٠.٩٢٢)، وتعبر الدرجة المرتفعة على هذا العامل عن مستوى مرتفع من فهم استخدامات النماذج العلمية.
- النماذج كأدوات تفسيرية: ويفسر (٥.١٧٪) من التباين في فهم الطلبة للنماذج في العلوم، وتبلغ قيمة الجذر الكامن له (١.٣٩٨)، وتألف من (٥) عبارات تراوحت تشبعاتها من (٠.٥١٣ إلى ٠.٧٤٠)، وتعبر الدرجة المرتفعة على هذا العامل عن مستوى مرتفع من فهم النماذج كأدوات تفسيرية.

- **الصدق التمييزي** (Discriminate Validity):

لحساب الصدق التمييزي لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم؛ تم ترتيب درجات العينة الاستطلاعية تنازليًا، وحُددت مجموعتين من الطالبات: المجموعة العليا وبلغ عددهن (٤٤) طالبة وبنسبة (٢٧٪)، والمجموعة الدنيا وبلغ عددهن (٤٤) طالبة وبنسبة (٢٧٪)، وتم استخدام اختبار "ت"، للتعرف على دلالة الفروق بين درجات طالبات المجموعتين العليا والدنيا، وجاءت النتائج كما يوضح جدول (٤).

جدول ٤: نتائج الصدق التمييزي لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم

فهم الطلبة للنماذج في العلوم	المجموعة	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجات الحرية	قيمة "ت"	الدلالة الإحصائية
المحور الأول: النماذج كتمثيلات متعددة	الدنيا	٤٤	٢٣.٢٥	٦.٦٥	٨٦	٩.٨٨	٠.٠١
	العليا	٤٤	٣٥.٥٠	٤.٨١			
المحور الثاني: النماذج كنسخ طبق الأصل	الدنيا	٤٤	٢٥.٩٠	٧.٥٢	٨٦	٩.٠٣	٠.٠١
	العليا	٤٤	٣٧.٣٤	٣.٧١			
المحور الثالث: النماذج كأدوات تفسيرية	الدنيا	٤٤	٢٠.٠٦	٢.٥٠	٨٦	٧.٥٠	٠.٠١
	العليا	٤٤	٢٣.٥٤	١.٧٧			
المحور الرابع: استخدامات النماذج العلمية	الدنيا	٤٤	١١.٠٤	٢.٨٦	٨٦	٦.٧٠	٠.٠١
	العليا	٤٤	١٤.٢٢	١.٢٩			
المحور الخامس: الطبيعة المتغيرة للنماذج	الدنيا	٤٤	١٠.٩٣	٣.١٧	٨٦	٥.٧٩	٠.٠١
	العليا	٤٤	١٤.٠٠	١.٥٠			

يتبين من الجدول (٥) أن قيم "ت" كانت دالة إحصائيًا عند مستوى الدلالة (٠.٠١)، لجميع محاور الاستبانة، مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين طالبات المجموعتين العليا والدنيا على محاور الاستبانة، ويؤكد ذلك على أن استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم تتمتع بدرجة كبيرة من الصدق التمييزي.

- **الإجابة عن السؤال الثاني: ما دلالات الثبات للنسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم؟**

- **الثبات بطريقة كرونباخ ألفا** (Alpha Cronbach's):

تم استخدام معامل كرونباخ ألفا ((Cronbach's Alpha (α)) لحساب ثبات استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم بعد تطبيقها على العينة الاستطلاعية، ويوضح جدول (٥) معاملات الثبات لمحاور الاستبانة الخمسة.

جدول ٥: معامل الثبات باستخدام معامل كرونباخ ألفا لمحاور استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (ن=١٦٢)

المحور	عدد الفقرات	معامل كرونباخ الفا
النماذج كتمثيلات متعددة	٨	٠.٩٦٢
النماذج كنسخ طبق الأصل	٨	٠.٩٣٩
النماذج كأدوات تفسيرية	٥	٠.٦٨٠
استخدامات النماذج العلمية	٣	٠.٨٨٤
الطبيعة المتغيرة للنماذج	٣	٠.٩٢٨

يتضح من جدول (٥) أن معاملات ثبات محاور الاستبانة تراوحت ما بين (٠.٦٨٠ -٠.٩٦٢). وهذا يدل على أن الاستبانة تتمتع بدرجة ملائمة من الثبات.

- **الثبات بطريقة التجزئة النصفية** (Split-Half Method):

تمت تجزئة عبارات الاستبانة إلى نصفين؛ العبارات الفردية في مقابل العبارات الزوجية، وتم استخدام معامل ارتباط بيرسون في حساب مدى الارتباط بين النصفين، وجرى تعديل الطول بمعادلة سبيرمان وبراون (Spearman-Brown)؛ وبمعادلة جتمان (Guttmann)، وجاءت النتائج كما يوضح جدول (٦).

جدول ٦: نتائج ثبات استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم بطريقة التجزئة النصفية (ن= ١٦٢)

محاور الاستبانة	معامل الارتباط	معامل الثبات	
		سبيرمان وبراون	جتمان
المحور الأول: النماذج كتمثيلات متعددة	٠.٩٢٥	٠.٩٦١	٠.٩٦١
المحور الثاني: النماذج كنسخ طبق الأصل	٠.٩٠٢	٠.٩٤٩	٠.٩٤٩
المحور الثالث: النماذج كأدوات تفسيرية	٠.٤٨٣	٠.٦٥٩	٠.٦٣٠
المحور الرابع: استخدامات النماذج العلمية	٠.٨٢٨	٠.٩١٥	٠.٧٨٢
المحور الخامس: الطبيعة المتغيرة للنماذج	٠.٨١٩	٠.٩١٠	٠.٨١٧

يتبين من الجدول (٧) أن معاملات ثبات محاور الاستبانة بمعادلة سبيرمان وبراون تراوحت ما بين (٠.٩٦١ - ٠.٦٥٩)، وبمعادلة جتمان تراوحت ما بين (٠.٩٦١ - ٠.٦٣٠)، وتؤكد هذه القيم على أن محاور استبانة فهم الطالبة للنماذج في العلوم تتمتع بدرجة مقبولة من الثبات.

- **المناقشة والاستنتاجات**:

جذبت النماذج العلمية اهتمامًا كبيرًا من الباحثين في تعليم العلوم، إذ تستخدم من قبل المتخصصين في العلوم والمعلمين والطلبة لأغراض متعددة ترتبط بالوصف والتفسير والتنبؤ والتواصل العلمي، وهي بذلك تلعب دورًا محوريًا سواءً على صعيد التطور العلمي أو تدريس العلوم وتعلمها، مما يؤكد على أهمية تطوير أدوات التقويم التي تركز على الجوانب المختلفة للنمذجة العلمية بصفتها أحد الأهداف المهمة لبحوث تعليم العلوم.

في ضوء ذلك هدفت الدراسة إلى ترجمة استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم (SUMS)، وتكييفها حسب سياق تعليم العلوم في المملكة العربية السعودية، وبعد استكمال إجراءات الترجمة والتحقق من صدق المحتوى، تم تطبيق الاستبانة بهدف التعرف على دلالات الصدق والثبات، واقتصر تطبيق الدراسة الحالية على عينة من طالبات الصف الثالث الثانوي العلمي بمدينة الرياض، وأظهرت النتائج أن الاستبانة تمتع بدرجات ملائمة من الصدق والثبات.

حيث كشفت نتائج التحليل العاملي الاستكشافي عن وجود خمس عوامل تفسر (٧٤.٢٣٨٪) من التباين الكلي في فهم الطلبة للنماذج في العلوم، كما أظهرت

نتائج التحليل العاملي الاستكشافي أن تشبعات جميع العبارات كانت أعلى من (٠.٤٠) وبالتالي تم الإبقاء عليها، كما ظهرت فروق دالة إحصائيا بين درجات طالبات المجموعتين العليا والدنيا على جميع محاور الاستبانة مما يدل على تمتعها بالصدق التمييزي. وتتفق هذه النتائج مع نتائج التحليل العاملي في دراسة تريجست وآخرون (Treagust et al., 2002)، ودراسة فيلابلانكا وآخرون (Villablanca et al., 2020). كما أظهرت نتائج حساب الثبات أن الاستبانة حققت درجات ملائمة للثبات تراوحت ما بين (٠.٦٨٠ -٠.٩٦٢)، وهي نتائج مقاربة لدراسة تريجست وآخرون (Treagust et al., 2002) حيث تراوحت معاملات الثبات بين (٠.٧١ -٠.٨٤).

بشكل عام أظهرت نتائج الدراسة تقاربًا في دلالات الصدق والثبات بين العينة السعودية في الدراسة الحالية، والعينة الأسترالية في دراسة تريجست وآخرون (Treagust et al., 2002)، والعينة التشيلية في دراسة فيلابلانكا وآخرون (Villablanca et al., 2020)، وهو ما يؤكد النتيجة التي توصلت لها مراجعة ماثيسيوس وكريل (Mathesius & Krell, 2019) والتي خلصت إلى أن استبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم من الأدوات الملائمة للتطبيق في سياقات ثقافية متنوعة ومراحل تعليمية مختلفة. وعليه توصي الدراسة الباحثين والمعلمين والمهتمين بتعليم العلوم بالاستفادة من نتائجها في استخدام النسخة العربية لاستبانة فهم الطلبة للنماذج في العلوم لأغراض قياس وتقويم المعرفة الإبستمولوجية بالنمذجة العلمية لدى الطلبة.

- **المراجع**:

- أبو عاذره، سناء (٢٠١٩). واقع ممارسة معلمات الفيزياء بالمرحلة الثانوية لمعايير الجيل القادم. *مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والنفسية، ١٠* (٢)، ١٠٠-١٣٤.
- الشمراني، محمد (٢٠١٩). مدى امتلاك الطلاب الموهوبين بالمرحلة المتوسطة لمعايير العلوم للجيل التالي NGSS. *مجلة البحث العلمي في التربية، ٢٠* (٤)، ٣٣٧-٣٧٢.
- فرينش، ستيفن (٢٠١٢). *العلم مفاهيم فلسفية أساسية* (ترجمة صالح العبد الكريم). جامعة الملك سعود. (نشر الكتاب الأصلي ٢٠٠٧).
- هيئة تقويم التعليم والتدريب (٢٠١٩). *الإطار التخصصي لمجال تعلم العلوم الطبيعية*. هيئة تقويم التعليم والتدريب.

- Berland, L., Schwarz, C., Krist, C., Kenyon, L., Lo, A., & Reiser, B. (2015). Epistemologies in Practice: Making Scientific Practices Meaningful for Students. *Journal of Research in Science Teaching, 53*(7), 1082-1112. doi: 10.1002/tea.21257
- Campbell, T., Oh, S., Maughn, M., Kiriazis, N., & Zuwallack, R. (2015). A Review of Modeling Pedagogies: Pedagogical Functions,

Discursive Acts, and Technology in Modeling Instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 11*(1), 159-176. doi.org/10.12973/eurasia.2015.1314a

- Cheng, M., & Lin, J. (2015). Investigating the Relationship Between Students' Views of Scientific Models and Their Development of Models. *International Journal of Science Education, 37*(15), 2453-2475. doi: 10.1080/09500693.2015.1082671
- Constantinou, p., Nicolaou, T., & Papaevripidou, M. (2019). A Framework for Modeling-Based Learning, Teaching, and Assessment. In: A. Belzen, D. Krüger & J. Driel. (Eds.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. (pp. 39-58). Springer.
- Derman, A., & Kayacan, K. (2017). Investigating of the Relationship Between the Views of the Prospective Science Teachers on the Nature of Scientific Models and Their Achievement on the Topic of Atom. *European Journal of Education Studies, 6*(3), 541-559. https://doi.org/https://zenodo.org/record/583777
- Gilbert, J., & Justi, R. (2016). *Modelling-Based Teaching in Science Education*. Springer.
- Gobert, J., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B., Levy, S., & Wilensky, U. (2011). Examining the Relationship Between Students' Understanding of the Nature of Models and Conceptual Learning in Biology, Physics, and Chemistry. *International Journal of Science Education, 33*(5), 653-684. https://doi.org/10.1080/09500691003720671
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(9), 799-822. https://doi.org/10.1002/tea.3660280907
- Harrison, A., & Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education, 22*(9), 1011-1026. doi: 10.1080/095006900416884
- Kind, P., & Osborne, J. (2017). Styles of Scientific Reasoning: A Cultural Rationale for Science Education?. *Science Education, 101*(1), 8-31. doi: 10.1002/sce.21251
- Lin, T., Lin, T., Potvin, P., & Tsai, C. (2018). Research Trends in Science Education From 2013 To 2017: A Systematic Content

Analysis of Publications in Selected Journals. *International Journal of Science Education*, *41*(3), 367-387. doi: 10.1080/09500693.2018. 1550274

- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-Based Learning in Science Education: Cognitive, Metacognitive, Social, Material and Epistemological Contributions. *Educational Review, 64*(4), 471-492. doi:10.1080/00131911.2011.628748
- Mathesius S., Krell M. (2019). Assessing Modeling Competence with Questionnaires. In: A. Belzen, D. Krüger & J. Driel. (Eds.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. (pp. 117-129). Springer.
- Mullis, I., & Martin, M. (2017). *TIMSS 2019 Assessment Frameworks*. International Association for the Evaluation of Educational Achievement. Retrieved Jan 15, 2020, from timssandpirls.bc.edu/ timss2019/frameworks/
- National Research Council [NRC]. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards*. The National Academies Press.
- Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. Educational Research Review, 13, 52–73. https://doi.org/ 10.1016/ j.edurev.2014.10.001
- OECD. (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing. doi.org/10.1787/b25efab8-en
- Oliva, J., & Blanco-López, A. (2021). Development of a questionnaire for assessing Spanish-speaking students' understanding of the nature of models and their uses in science. *Journal of Research in Science Teaching*. https://doi.org/10.1002/tea.21681
- Park, M., Liu, X., Smith, E., & Waight, N. (2017). The effect of computer models as formative assessment on student understanding of the nature of models. *Chemistry Education Research and Practice, 18*(4), 572-581. https://doi.org/10.1039/c7rp00018a
- Park, S. (2013). The Relationship between Students'Perception of the Scientific Modelsand Their Alternative Conceptionsof the Lunar Phases. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 9*(3). https://doi.org/10.12973/eurasia.2013.936a

- Rapp D., Sengupta, P. (2012) Models and Modeling in Science Learning. In: Seel N.M. (eds) Encyclopedia of the Sciences of Learning. Springer, Boston, MA. https:// 10.1007/978-1-4419-1428-6_723
- Schwartz, R. (2019). Modeling Competence in the Light of Nature of Science. In: A. Belzen, D. Krüger, & J. Driel. (Eds.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. (pp. 59-77). Springer.
- Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwarts, Y., Hug, B., & Krajcikm J. (2009). Developing A Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 632-654. doi.org/10.1002/tea.20311
- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2002). Students' Understanding of The Role of Scientific Models in Learning Science. *International Journal of Science Education*, *24*(4), 357-368. doi.org/10.1080/09500690110066485
- Upmeier zu Belzen, A., Alonzo, A. C., Krell, M., & Krüger, D. (2019). Learning Progressions and Competence Models: A Comparative Analysis. In E. McLoughlin, O. Finlayson, S. Erduran, & P. Childs (Eds.), *Bridging research and practice in science education. Selected Papers from the ESERA 2017 Conference*. (pp. 257-271). Springer.
- Villablanca, S., Montenegro, M., & Ramos-Moore, E. (2020). Analysis of student perceptions of scientific models: validation of a Spanish-adapted version of the Students' Understanding of Models in Science instrument. *International Journal of Science Education, 42*(17), 2945-2958. https://doi.org/10.1080/09500693. 2020. 1843735

❋❋❋❋❋❋❋