جامعة سوهاج

كلية التربية
المجلة التربوية

اعادة قراءة لطبيعة التجريد في تعليم الرياضيات : رؤية نقدية تطويرية

إعداد

د/ بندربن مرزوق المطيري
استاذ تعليم الرياضيات المساعد – الكلية التطبيقية
بجامعة أم القرى– المملكة العربية السعودية

تاريخ استلام البحث : ١١ مايو ٢٠٢٢م – تاريخ قبول النشر: ٢٦ مايو ٢٠٢٢م

DOI: 10.12816/EDUSOHAG.2022.

الملخص

إذا لم نشكك في النظريات العلمية والاجتماعية الحالية والحقائق المقبولة ، فقد لا ندرك أننا قد نكون مقيدين ببعض من التشوهات والأخطاء .بدون إمكانية استجواب نقدي لأنفسنا ومعتقداتنا وما نقرأ ، يمكن قبول أي شكل من أشكال المعرفة . الاختلافات في وجهات النظر يمكن أن تنتج تقدما معرفيا في إطار عدم اليقين باكتمال المعرفة والإيمان بأنها في تطور لا نهائي مستمر . اتبعت في هذه الورقة النموذج النقدي لفحص المعرفة حول التجريد الرياضي من خلال بناء الحجج ودعمها ، وزعمي بأنه يوجد بعضا من التضاربات تحتاج إلى المعالجة الفكرية المدعومة بالأدلة ، واعتقادي بأنه توجد مكونات تعمل على زيادة قوة التجريد الرياضي لم تدخل حيز الاهتمام مثل الخيال الرياضي والمشاعر المعرفية .

الكلمات المفتاحية: التجريد الرياضي – الخيال الرياضي – المشاعر المعرفية .

Review the nature of abstraction in mathematics education: a critical developmental vision

abstract

If we do not question current scientific and social theories and accepted facts, we may not realize that we may be limited by some distortions and errors. Without the possibility of critically interrogating ourselves, our beliefs, and what we read, any form of knowledge can be accepted. Differences in viewpoints can produce cognitive progress in the context of the uncertainty of the completeness of knowledge and the belief that it is in an infinite continuous development. In this paper I followed the critical model to examine knowledge about mathematical abstraction by building and supporting arguments, and claiming that there are some inconsistencies that need intellectual treatment supported by evidence, and my belief that there are components that increase the power of mathematical abstraction that did not come into interest, such as mathematical imagination and epistemic emotions.

Key words: mathematical abstraction- mathematical imagination- epistemic emotions .

مقدمة :

يحظى موضوع التجريد بأهمية كبيرة في تعليم الرياضيات ، ورغم أهميته إلا أن التفسيرات حوله تتميز بالاختلافات والتضاربات في طبيعته ، لا يوجد اتفاق واضح حول طبيعة التجريد أو حتى طريقة تنفيذه . لذلك أحاول في هذه الورقة العلمية أن اشير إلى هذه الاختلافات ومحاولة معالجتها فكريا . إضافة إلى زعمي بأهمية الخيال الرياضي كمكون يمكنه أن يساعد في قوة التجريد . وأيضا دور المشاعر المعرفية في تعزيز التجريد . تعرض المقالة مجموعة من الجوانب الاشكالية حول التجريد وطبيعته ومحاولة الرد على بعض الحجج التي يبدو أنها امتداد للحالة التي تعانيها المفاهيم في البحوث التعليمية والتربوية . ومحاولة إضافة بنى ومكونات جديدة للتجريد مثل الخيال الرياضي والمشاعر المعرفية لتعزيز قوة التجريد .

أهداف المقالة :

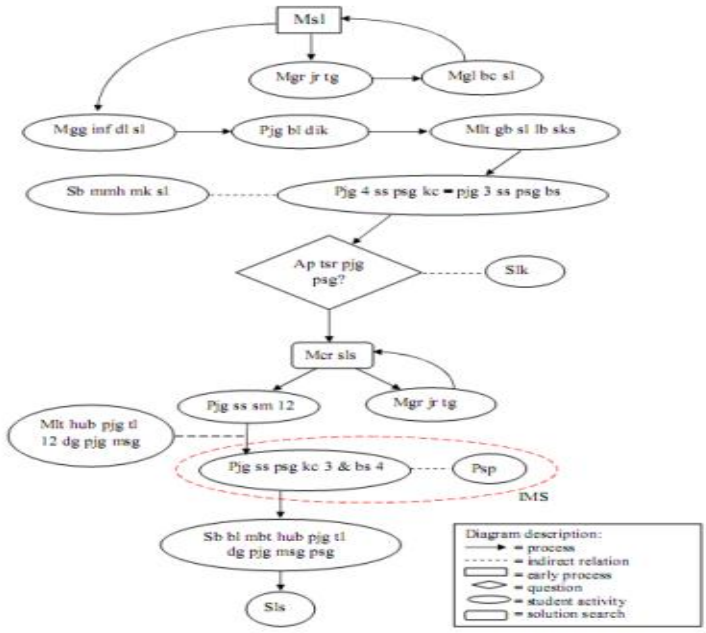
- تسليط عدسة النقد على مواقف الفلاسفة والباحثين في تعليم الرياضيات عن موضوع التجريد سواء كانت آراء واضحة أو حتى تلميحات .
- توسيع مفهوم التجريد في الرياضيات من خلال الاشارة إلى التناقضات ومحاولة ملئيها بأفكار منطقية قابلة للتطبيق .
- أزعم أن الخيال الرياضي مكون مهم في التجريد يمكن أن يعزز التجريد .
- المشاعر المعرفية كقوة في زيادة التجريد الرياضي .

أهمية المقالة :

- تكشف للقارئ طبيعة القضايا عن التجريد في تعليم الرياضيات .
- تثير النقاش حول موضوع التجريد الرياضي وإثرائه .
- يمكن أن تساعد في عمل تطبيقات على التجريد الرياضي .
- تلفت انتباه الباحثين لجملة من الثغرات البحثية التي تسمح لهم بجعل التجريد الرياضي محور اهتمام .

أولا : قضية التجريد كبناء عامودي :

ستكون مناقشتي من وجهة النظر المعرفية والتي تستند على أفكار السلوك البنائي في نظرته لواقع التجريد كبناء ، لا أحد ينكر هوس البنائية بمفهوم البناء وأن التعلم هو نتيجة بناء ارتباطي بين التعلم السابق والجديد ، هذه النظرة انعكست على مفهوم التجريد بأنه يتشكل من خلال هذا البناء ، نوع البناء في البنائية يميل نحو الشكل العمودي وهذا ما تظهره الدراسات التجريبية التي حاولت اختبار التجريد ، لو نظرنا من خلال نفعيتها على تكوين المعنى البراجماتي للمتعلم قد تكون مبررة جزئيا ، فمثلا فكرة ديبونسكي التي أسست لنظرية التجريد التأملي استخدمت البناء الهرمي لتحليل الابنية العقلية في خطوات هرمية متسلسلة تساعد في تأطير عمليات التجريد التأملي . تعرف هذه النظرية بـــ APOS وهي اختصار لمكونات النظرية الاجراء / الفعل "Action" ، العملية "Process" ، الكائن العقلي "Object" ، والمخطط "Schema" . في نفس السياق نجد دراسة Nurhasanah et al (2017) عبرت عن التجريد كبناء عامودي في ثلاث مراحل هرمية هي التعرف وتعني التعرف على المتطلبات السابقة للموقف الحالي ، والبناء وتعني دمج المتطلبات السابقة في الموقف الحالي وتجميعها ، والانتاج وتعني الاستفادة من المرحلتين ١ و ٢ لانتاج معرفة جديدة . يبدو أن التجريد وفقا لهذا الفهم يستبعد الارتباط الافقي والعكسي بين المفاهيم أو الكائنات الرياضية المتكونة ، لذلك التفسير للتجريد وفقا لذلك يبدو أنه غير مكتمل ، لم تشر أيا من عمليات المسح التي قمت بها إلى هذا الاشكال . ربما لتأكيد أن الطلبة يبنون معرفتهم من خلال عملية معقدة احتاج أن استدعي بعض دراسات الحالة حول الادراكات الحسية التي يظهرها الطلبة والتي تعكس حقيقة مفادها أن الطلبة أثناء عملية تشكيل مفاهيمهم الخاصة يسيرون في خطوات شبكية معقدة ، فمثلا دراسة (Wibowo et al , 2017) أظهرت كيف يشكل الطلاب فهمهم من خلال مشكلة رياضية تهدف لعمل مقارنات في شكل مقسم لمربعات صغيرة وكبيرة ربما يدعم التحليل ادعائي بتعقد عملية البناء كما يظهر في الشكل (١) :



شكل (١) : خط سير عمليات حل المشكلة الرياضية (Wibowo et al , 2017)

يشير تحليل الدراسة للسلوك البنائي للطالب أثناء عملية تشكيل الحل يبدأ بتحريك أصبعه على السؤال والتفكير بصوت عالي استغرق هذا النشاط تقريبا ١٢٠ ثانية ، كان دور الباحث خلال التجربة ميسرا فكان يرد على استفسارات الطالب بحذر شديد ، يبدأ الطالب في التعرف على السؤال ، فهم أن الاطوال غير معروفة ، بدأ بعمل تكوينات جديدة بقوله أن طول أربعة أضلاع من المربع الصغير تساوي أطوال ثلاث من المربع الكبير ، عاد مرة أخرى لتحريك اصبعه على السؤال ، فالعملية كانت تأخذ الشكل الارتدادي البانورامي في كل مرة للعودة للسؤال .

من هذه التجربة يبدو أن الطالب يبني فهمه بالتنقل العمودي والأفقي والعكسي للوصول للحل (المفهوم الجديد) ، وهذا ربما يعزز من زعمنا من أن عملية البناء بشكل عمودي غير كافية .

ثانيا : التجريد كتعميم :

تشكل أغلب آراء الباحثين والمنظرين الأولين وحتى الفلاسفة النظر للتجريد كتعميم ؛ وهذا يمكن مشاهدته في الكتابات الأولية في التجريد ، التجريد في الفلسفة هو عملية تكوين مفهوم من خلال تحديد السمات المشتركة بين مجموعة من الأشياء ، أو من خلال تجاهل بعض الجوانب لهذه الاشياء (abstrction,2021) . ألقت بظلالها هذه النظرة للتجريد على خطاب تعليم الرياضيات الأولي فقد عرّف فوكس وآخرون (Fuchs et al ,2003) بأن التجريد هو مبدأ عام يتم استخلاصه من مجموعة من الموضوعات المشتركة عند صياغة الفكرة المجردة هذه التجريدات تتجنب خصوصية السياق بحيث يمكن تطبيقها على حالات أخرى أو مواقف عامة . التعريف يحمل نقطتين مثيرة للجدل بسبب عموميته الأولى سوف أتطرق لها هنا ، والثانية ستكون تحت مكون ازالة السياق. النقطة الأولى المثيرة : أن التجريد يعني ربط الخبرات أو المفاهيم بناء على التشابه وهذا يطرح العديد من الأسئلة والتكهنات حول طبيعة التشابه المقصود . أفكار سكيمب (SKemp,1986) نقلت موضوع التجريد في اتجاهات جديدة عندما وصف أن جمع الأشياء مع بعضها على أساس التشابه في خصائصها البنائية أو الاجرائية وهذا أبعد ما يكون عن التشابه السطحي . ولعلنا نحاول النظر لهذا التشابه من عدسة ميتشيلمور ووايت (Mitchelmore & White, 2007) ، حددا نوعين من التشابه وهما التشابه السطحي والتشابه الاجرائي . التشابه السطحي يتم من خلال التشابه في المظهر بين المفهوم الرياضي وشكل هذا المفهوم في الحياة الواقعية ؛ على سبيل المثال عند تقديم مفهوم الزاوية يمكن تحديد التشابه بينها وبين المقص أو الذراعين . النوع الثاني وهو التشابه الاجرائي مثل الطريقة التي يتم بها حل الكسور ولكن في سياقات مختلفة . في تطبيق لهما ميتشيلمور ووايت لنوعية التشابه وجدا أن الطلاب في بداية تقديم المفهوم لهم يبدأون بالتشابه السطحي كمستوى أولى والتشابه الاجرائي كمستوى ثاني ، أي أن التشابه السطحي يسبق التشابه الاجرائي.

وبالتالي هذا يقودنا إلى أن اشتقاق سمات المفهوم الرياضي الجديد تتم على مرحلتين التشابه السطحي كمرحلة أولى ومن ثم التشابه الاجرائي كمرحلة معقدة أعلى .

ثالثا : التجريد كإزالة سياق :

اقترح فوكس وآخرون (Fuchs et al ,2003) الابتعاد عن السياق حتى تسهل عمليات التجريد في حالات ومواقف آخرى من أجل التعميم ، وجهة النظر هذه تهدف لاستقرار المفهوم وثباته (Scheiner&Pinto,2016) . تتعارض هذه الفكرة مع التطورات الحديثة في فهم المعرفة بأنها موجودة وحساسة للسياق . فان اورس (Van Oers,1998) انتقد هذا الرأي وركز على أن التجريد هو إعادة السياق ، لأن ازالة السياق ستفقر المفهوم بدلا من اثرائه . التوجهات الحديثة تخالف هذا الرأي أيضا مثل اطار PISA 2021 والذي شدد على أهمية السياق في اثراء المفاهيم الرياضية .الأدلة التجريبية من الدراسات التي تدعم ذلك دراسة الحالة التي قدمها شاينر وبينتو ((Sheiner&Pinto,2014) عن مفهوم نهاية متتابعة في سياقات متعددة وتوصلا إلى أن الطالب لديه حساسية معقدة للاختلافات السياقية التي واجهها . وهذا يعني أن التجريد عملية تزيد فيها حساسية السياق بدل افقاره . ويعزز ذلك أيضا تجربة (Nugroho et al ,2020) الذي حاول وصف القدرات التجريدية لخمس طلاب عن مفهوم الكسر من خلال مشكلات رياضية سياقية مستوحاة من بيئتهم الداخلية " كيف تتناول الأسرة البيتزا " . أظهرت الدراسة أن المشكلات السياقية تدفع بالطلاب إلى اجراء عمليات تجريد مختلفة ويمكنها تحسين قدرتهم على فهم مفهوم الكسر .

هذا يعني أن سياق النشاط التجريدي يتطلب الثراء والتنوع سواء من خلال سياق المشكلة الرياضية أو على مستوى تجسيد المفهوم الرياضي نفسه .

رابعا : الخيال في الموقف التجريدي الرياضي :

هناك إجماع عام بين أولئك الذين يعملون في هذا الموضوع على أن مصطلح " *خيال* " يستخدم على نطاق واسع جدًا للسماح بالتصنيف البسيط . وهذا الدور يتقاطع مع التجريد باعتباره تعميم وتصنيفا لأوجه التشابه .موضوع Object وهو تكون الكائن العقلي هو مصدر التجريد وقوته وقد عبر عنه بياجيه بأنه العملية النشطة والقوية في تكوين المفاهيم الرياضية .وتعني أن استخلاص أوجه الشبه يتم على الاجراءات أو الافعال وهو جوهر التجريد التأملي الذي وصفه ديبونسكي في نظريته APOS ، واستخدمه أيضا (Sfard,1991) بمعنى التجسيد وهي عملية يقوم فيها المتعلم ببناء كائن عقلي يجسد التشابه في الاجراءات المدركة .وصف ديبونسكي أن تشكل الكائن الرياضي يتطلب شكلا من الخيال ، بمعنى أن المتعلم

عندما يبدأ ببناء المفهوم أو حتى إعادة بنائه مرة أخرى فإنه يصل لمرحلة يتوقع فيها أنه يستطيع تخيل الحل دون ممارسته ، وهذه نقطة مهمة تسمح لي بأن استكمل هذه الفكرة بشيء من التوضيح العميق . لعلي هنا أستدعي أفكار ميتشيلمور و ووايت في مقالتهما المنشورة تحت عنوان التدريس للتجريد في عام ٢٠٠٠م (Mitchelmore & White,2000) وصفا من خلالها مبادىء التدريس التجريدي بأنه قبل البدء في تدريس المفهوم الرياضي يتم عرض أمثلة على المفهوم في سياقات مختلفة من خلال البدء بأشياء محسوسة ، مثلا عند تدريس مفهوم المساحة يتم تقديمها من خلال طلاء أماكن وأشكال منتظمة مثل المستطيل أو المربع ، أو تبليط هذه الاشكال ، بعد ذلك يتم لفت أنظار الطلبة إلى السمات المشتركة التي تحدد أوجه التشابه وإظهار كيفية الارتباط بأوجه الشبه التي يقوم عليها . هنا يمكن أن يظهر الخيال لان الطلبة سيبدؤون بعمل تخيلات وصور تستحضر الاجراءات التي تم ممارستها كمثال في طلاء أشكال مختلفة تحقيقا لتجسيد مفهوم المساحة وهذا يتطلب شكلا من أشكال التخيل ، ويدعم ذلك (Sabirova et al , 2020 , p7) من خلال تعريفه الاجرائي المستنتج من دراسته بقوله " الخيال هو شكل معين من أشكال تأمل الواقع الذي يتكون من خلق أفكار وصور جديدة من خلال إعادة التفكير الإبداعي في الأفكار والمفاهيم الموجودة " . أي أن الخيال يمكن أن يسمح بتطوير الأفكار حول المفهوم الرياضي . الكتابات النظرية تدعم ذلك وصف ويتكومب (Whitcombe,1988) بأن الاكتشافات الرياضية لا تأتي من المنطق بل من الخيال . أظهرت أيضا مبررات (Nurcahyono et al ,2019) بوجود علاقة بين الأفكار المتكونة من الخبرات والأفكار المتكونة باستخدام الخيال . استفاد تعليم الرياضيات من المناقشات الفلسفية التي تظهر امكانيات المعرفة من خلال الخيال ، وأدى هذا لظهور وتشكل مفهوم الخيال الرياضي المعتمد على التصنيف الفلسفي لـــ (Currie& Ravenscroft ,2002) ويعتبر من التصنيفات المنهجية التي يمكن تطبيقها ، استخدم هذا التصنيف في دراسات (Nurcahyonoe et al 2019 ; Wibowo et al ,2017) وذلك لتحديد أنواع الخيال الرياضي التي يظهرها الطلبة من خلال حل المشكلات الرياضية وأظهرت أن الطلاب يمكنهم اظهار الانواع الثلاثة وهي الخيال الرياضي الحسي ، والخيال الرياضي الابداعي والخيال الرياضي التعميمي وأنها تسير في خطوات هرمية أي أن عملية الخيال تبدأ حسية من خلال حركات الجسد

والايماءات ، والخيال الابداعي في تكوين أفكار جديدة ، والخيال المعمم في مقدرة الطلبة على الوصول للتعميمات .

يمكن عمل مجموعة من الاستنتاجات على ما ذكر سابقا ، أن امكانيات الخيال الرياضي أظهرت مجموعة من الاستخدامات : يمكنه استخدامه لتشكيل المفهوم الرياضي ، ويمكن استخدامه أيضا لتطوير أفكار أو مفاهيم جديدة من خلال حل المشكلات الرياضية .

خامسا : الارتباط بين الخيال والتجريد في تعليم الرياضيات : علاقة أبوية

اهدف من خلال هذا المحور لتوضيح طبيعة العلاقة بين الخيال والتجريد من خلال المبدأ الأبوي هل الخيال مكون داخل التجريد أم أن التجريد داخل الخيال ؟

المناقشة السابقة للخيال في الموقف التجريدي الرياضي قدمت الخيال كأداة تسهل عمل التجريد وهي أداة قد تكون موجودة في الكائن الرياضي المتشكل " Object: وبعزز هذا الزعم وجهة نظر تول حول الخيال الرياضي (Tall,2008) بأنه شكل من أشكال انتقال التفكير الرياضي من العالم الحقيقي إلى العالم الرموز .

على عكس عقيدتنا السابقة أبتكر ليانغ وآخرون .(Liang et al, 2012) نموذج يهدف لقياس قدرة الطلبة على الخيال الرياضي ، النموذج يشتمل على ٩ مؤشرات ، وهي :

١. الاستكشاف هو القدرة على استكشاف المجهول.
٢. الإنتاجية هي القدرة على إنتاج العديد من الأفكار.
٣. الحدس هو القدرة على إنتاج ارتباطات مباشرة بالهدف.
٤. الفعالية هي القدرة على إنتاج أفكار فعالة للأهداف المرجوة.
٥. التحول هو القدرة على أداء المهام عن طريق تغيير المعرفة في مختلف المجالات من الدراسة.
٦. التفصيل هو القدرة على السعي للتحسين من خلال إضفاء الطابع الرسمي على الأفكار.
٧. التبلور هو القدرة على التعبير عن الأفكار المجردة باستخدام أمثلة حقيقية.
٨. الحساسية هي القدرة على إثارة المشاعر أثناء عملية الخلق.
٩. الجدة هي القدرة على خلق أفكار غير عادية.

النموذج كان عبارة عن مزيج من المكونات الابداعية والتجريدية ، ومن خلال رؤيته فقد اعتبر التجريد مكون داخل الخيال الرياضي وهذا يمكن مشاهدته في الحدس والتحول والتبلور والحساسية .

وفي نفس الرؤية وضع كل من دويجايانتي ونوجروهو Dwijayanti & (Nugroho,2020) نموذج جسد التجريد كمكون داخل الخيال الرياضي ، وهو نموذج يتكون من سبع مراحل ، وهي التفسير ، والتجسيد ، والتصنيف والتلخيص والاستنتاج والمقارنة والشرح

اذن وفقا للرؤيتين المختلفتين من ناحية أن الخيال مكون داخل التجريد أو العكس التجريد داخل المكون يمكن اعتبارهما رؤيتين تعزز القوة التجريدية والمخيلة ، وهذا ربما يستثير عدسة الباحثين لسبرها بشكل أكبر .

سادسا : العواطف المعرفية في التجريد :

نعتقد في هذا المحور أن العواطف تلعب دورا كبير في تعزيز التجريد ، عند دخول المتعلم في مواقف التعلم التجريدي فمن المرجح وبشكل كبير نشؤ نوع من المشاعر المعرفية . مصطلح المشاعر المعرفية هو مصطلح من وجهتي نظري يعكس حالة السياق الموجودة في الادراك المعرفي ويدعم ذلك كل من بيكرون وبيري .(Pekrun Perry,2014) بأنها مشاعر ناشئة من خلال الادراكات المعرفية والمرتبطة بطرق اكتساب المعرفة وبنائها .

يصف مويس Muis أن المشاعر المعرفية تنشأ من عدم التوافق بين المعرفة القائمة من جهة والخصائص المعرفية للمتعلمين من جهة أخرى (Muis et al , 2018) .هذا ربما يدفع بي لاستحضار الصورة التي ينظر بها التجريد للمعرفة عطفا على مقارباتي السابقة : ١) المعرفة التجريدية هي معرفة منتجها بنية معقدة من الافتراضات المترابطة . ٢) المعرفة التجريدية غير ثابتة أي أنها ديناميكية بنيوية متطورة ٣) مصادر المعرفة التجريدية تأخذ الشكل التحولي من الموقف الخارجي المثار إلى كينونة العقل الداخلي الذي ينبغي أن يكون نشطا ومنفتحا . ٤) اثبات المعرفة المجردة مرهون بإثبات الادراك المعرفي .

الصورة السابقة مؤهلة وبشدة بأن تثير مجموعة متنوعة من المشاعر المعرفية لما تحمله من عدم توافق في الأبنية العقلية وهذا يعكس قدرا من التوافق مع ليفينوسون

Levinson بأن تعامل الأفراد مع محتوى معقد يمكن أن يثير المشاعر المعرفية (Levinson,2006)

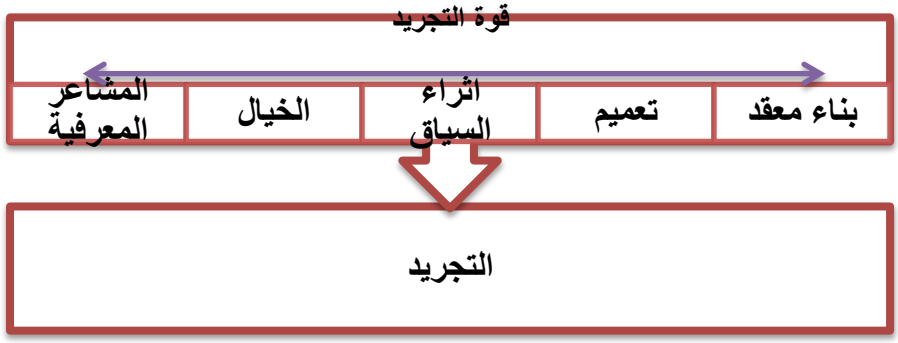
تعد كتابات علم النفس مورد جيد لجلبها لتعزيز فهمنا ، تتضمن المشاعر المعرفية التي تحدث بشكل متكرر المفاجأة ، والفضول ، والمتعة ، والارتباك ، والإحباط ، والقلق ، والملل (Muis et al ,2015 ; Pekrun et al 2017; Muis et al , 2021)

التعامل مع هذه المكونات من خلال كشف ديناميكيات تكونها في مواقف التجريد المختلفة ومحاولة تتبع خط سير هذه المشاعر في مواقف التعلم مهم جدا من أجل تعزيز قوة موقف التعلم التجريدي .

أيضا مناقشة مكونات المشاعر المعرفية في سياق نظرية التنظيم الذاتي أو نظرية ما وراء المعرفة يمكن أن يحسن من قيمة هذه المكونات وانعكاساتها الايجابية في تعزيز التجريد الرياضي.

الصورة الكبيرة للتجريد :

حملت أفكاري السابقة القاء الضوء على التجاذبات التي تتجاذب التجريد في خطاب تعليم الرياضيات ومحاولة كشفها والرد عليها من أجل زيادة القوة التجريدية في التعلم وأيضا من خلال إضافة مكونات الخيال الرياضي والمشاعر المعرفية التي أعتقد أنها تسهل من التجريد الرياضي وتحاول أن ترفع من قدرات الطلبة في امكانية عمل تجريدات مختلفة حتى لو اختلفت قدرتهم المعرفية ومحاولة التخفيف من حدة الحقوق الحصرية للتجريد باعتباره حق حصري لذوي القدرة المرتفعة . ويوضح شكل (٢) معالم الصورة الكبيرة لقوة التجريد



شكل (٢) : قوة التجريد

المراجع

Abstraction. (2021, April 9). *New World Encyclopedia,* . Retrieved 03:38, May 5, 2022 from https://www.newworldencyclopedia.org/p/index.php?title=Abstraction&oldid=1051547.

Currie, G., & Ravenscroft, I. (2002). *Recreative minds: Imagination in philosophy and psychology*. Oxford University Press.

Dwijayanti, I., & Nugroho, A. A. (2020, June). Mathematical imaginations and constructing algebraic concept. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1567, No. 2, p. 022090). IOP Publishing.

Dwijayanti, I., & Nugroho, A. A. (2020, June). Mathematical imaginations and constructing algebraic concept. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1567, No. 2, p. 022090). IOP Publishing.

Fuchs, L. S., Fuchs, D., Prentice, K., Burch, M., Hamlett, C. L., Owen, R., ... & Jancek, D. (2003). Explicitly teaching for transfer: Effects on third-grade students' mathematical problem solving. *Journal of educational psychology*, *95*(2), 293.

Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio−scientific issues. *Int. J. Sci. Educat.* 28, 1201–1224. doi: 10.1080/09500690600560753.

Liang, C., Chang, C. C., Chang, Y., & Lin, L. J. (2012). The Exploration of Indicators of Imagination. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, *11*(3), 366-374.

Mitchelmore, M., & White, P. (2007). Editorial Abstraction in Mathematics Learning.

Muis, K. R., Chevrier, M., Denton, C. A., & Losenno, K. M. (2021, April). Epistemic emotions and epistemic cognition predict critical thinking about socio-scientific issues. In *Frontiers in Education* (Vol. 6, p. 669908). Frontiers Media SA.

Muis, K. R., Pekrun, R., Sinatra, G. M., Azevedo, R., Trevors, G., Meier, E., et al. (2015). The curious case of climate change: Testing a theoretical model of epistemic beliefs, epistemic emotions, and complex learning. *Learning Instruct.* 39, 168–183. doi: 10.1016/j.learninstruc.2015.06.003

Nugroho, K. U. Z., Widada, W., Herawaty, D., Tuzzahra, R., Panduwinata, B., & Sospolita, N. (2021, March). Abstraction Ability of Students About Fractions Through Local Cultural Approaches. In *International Conference on Educational Sciences and Teacher Profession (ICETeP 2020)* (pp. 480-485). Atlantis Press.

Nurcahyono, N. A., Suryadi, D., & Prabawanto, S. (2019, July). Analysis of Students' Mathematical Imagination Ability in Solving Problems. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1179, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.

Nurhasanah, F., Kusumah, Y. S., Sabandar, J., & Suryadi, D. (2017, September). Mathematical abstraction: constructing concept of parallel coordinates. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 895, No. 1, p. 012076). IOP Publishing.

Pekrun, R., and Linnenbrink-Garcia, L. (2014). *International handbook of emotions in education.* New York, NY: Routledge.

Pekrun, R., and Perry, R. P. (2014). "Control-value theory of achievement emotions," in *International handbook of emotions in education*, eds R. Pekrun and L. Linnenbrink-Garcia (New York: Taylor & Francis), 120–141.

Sabirova, E. G., Zaripova, Z. F., Mikhaylovsky, M. N., Serebrennikova, Y. V., Torkunova, J. V., & Buslaev, S. I. (2020). Recreating Imagination and Self-Regulation as Means of Mathematical Thinking Development in Inclusive Education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *16*(10), em1890.

Scheiner, T., & Pinto, M. M. (2014). Cognitive processes underlying mathematical concept construction: The missing process of structural abstraction. In *38th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education and 36th Conference of the North American Chapter of the Psychology of Mathematics Education* (pp. 105-112). The International Group for the Psychology of Mathematics Education.

Skemp, R. R. (1986). *The psychology of learning mathematics*. (Second edition, first published 1971). London: Penguin Group

Tall, D. (2008). The transition to formal thinking in mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, *20*(2), 5-24.

Van Oers, B. (1998). From context to contextualizing. *Learning and instruction*, *8*(6), 473-488.

Whitcombe, A. (1988). Mathematics creativity, imagination, beauty. *Mathematics in School*, *17*(2), 13-15.

Wibowo, T., Sutawidjaja, A., As' ari, A. R., & Sulandra, I. (2017). The Stages of Student Mathematical Imagination in Solving Mathematical Problems. *International Education Studies*, *10*(7), 48-58.

Wibowo, T., Sutawidjaja, A., As'ari, A. R., & Sulandra, I. M. (2017). Characteristics of students sensory mathematical imagination in solving mathematics problem. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, *12*(3), 609-619.