أثر استخدام مدخل محاكاة الطبيعة (Biomimicry)
لتنمية الوعي بالنفايات الإلكترونية
لدى طلاب التعليم الفني الصناعي

إعداد

د/ أماني صلاح محمد علي

باحث بشعبة بحوث التعليم الفني

د/ أماني عبد العزيز إبراهيم عبد العزيز

باحث بشعبة بحوث تطوير المناهج

المركز القومي للبحوث التربوية والتنمية

أثر استخدام مدخل محاكاة الطبيعة (Biomimicry) لتنمية الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي

د/ أماني صلاح محمد على ود/أماني عبدالعزيز إبراهيم *

مقدمـة:

ظهرت أمام علماء البيئة مشكلتان رئيسيتان في ظل الاستخدام المتنامي لموارد البيئة المختلفة؛ الأولى تتمثل في محدودية موارد البيئة وقرب بعضها على النفاد، والثانية تمثلت في التلوث البيئي الذي يعتبر من أخطر الأزمات البيئية التي تهدد صحة الإنسان وتعرضها للخطر.

وتمثل الأجهزة التكنولوجية منتهية الصلاحية، أو التي تم الاستغناء عنها بسبب ظهور موديلات أحدث بإمكانات أعلى أحد مصادر التلوث البيئي، ويُطلق عليها مصطلح النفايات الإلكترونية، وقد زادت كميتها مع اتجاه الدول المتقدمة والصناعية المصنعة للأجهزة الإلكترونية للدخول في سباق لجذب أكبر عدد من المستهلكين لمنتجاتها المتجددة والمتميزة وإغرائهم بالشراء والتجديد في آن واحد حيث تحول استهلاكنا إلى دائرة لا تنغلق.

ويؤكد أوه وثمبسون (Oh & Thompson, 2006) أن الأجهزة الإلكترونية بصفة عامة تتميز بقلة فترة عملها نظرًا للتطور التكنولوجي المتسارع، فقد يعتبر جهاز الكمبيوتر متقادما خلال عامين، كما أن فترة صلاحيته قصيرة قد تصل بحد أقصى إلى عشر سنوات.

ويوضح (شعيب جبريل، ٢٠١٠) أن الصراع الآسيوي بين الغزو الصناعي وإعادة تصنيع النفايات يشكل خطرًا كبيرًا على البيئة والمجتمع يتمثل في النفايات الإلكترونية، إلا أن الخطوات الحكومية والصناعية التي اتخذت لمواجهة هذا الخطر تعتبر متواضعة مقارنة بحجم التهديد، فغالبا لا تبدى الحكومات اهتمامًا كبيرًا بالإدارة السليمة للنفايات الإلكترونية، ومن ثم فقد أوصت اتفاقية بازل (٢٠٠٦) بمجموعة من الإجراءات من أجل الإدارة السليمة للنفايات الإلكترونية منها ما يلي: (مؤتمر الأطراف، ٢٠٠٦)

(*) – **د/ أماني صلاح محمد:** باحث بشعبة بحوث التعليم الفني– المركز القومي للبحوث التربوية والتنمية.
–**د/ أماني عبدالعزيز إبراهيم:** باحث بشعبة بحوث التعليم المناهج– المركز القومي للبحوث التربوية والتنمية.

- التعامل مع النفايات الإلكترونية وفقًا لمبادئ ومعايير ممارسات الإدارة السليمة بيئيًا.
- توعية الجمهور العام، وتعميق الوعي على جميع المستويات بقضية النفايات الإلكترونية وما تنطوي عليه من تحديات وحلول.
- تمديد فترة صلاحية المنتجات من خلال إعادة الاستخدام والتجديد أو الإصلاح.

وفي نفس السياق جاء «التقرير الأول حول توقعات البيئة العربية» الذى أصدره وزراء البيئة العرب (برنامج الأمم المتحدة، ٢٠١٠)، حيث تضمن التقرير هموم النفايات الإلكترونية واعتبرها الأقل استقطابًا لاهتمام الجهات المعنية بشؤون البيئة، مما دعا مجموعة من الخبراء إلى إطلاق نداء بضرورة سن قوانين للتخلص من النفايات الإلكترونية بطريقة آمنة.

وقد بدأت مجموعة من الدول في تطبيق بعض هذه الإجراءات منها على سبيل المثال:

- مبادرة دولة الإمارات العربية المتحدة من خلال هيئة تنظيم الاتصالات لنظام "تدوير التليفونات المحمولة المعطلة أو القديمة" التي يستغني عنها أصحابها.
- تصنيع مدينة دبلن الأيرلندية أول كمبيوتر صديق للبيئة يحمل اسم "إيامكو " ويتكون من ألواح خشبية قابلة للتحلل بيولوجيًا في حالة دفن مكوناته تحت الأرض وتنمو منها نباتات جديدة، لكونها مصنوعة من بقايا صناعة الأخشاب وعجينة النباتات، كما يتميز هذا الجهاز بقلة كمية الطاقة التي يستهلكها عند تشغيله بمقدار الثلث مقارنة مع أي جهاز كمبيوتر تقليدي.
- في السويد قامت البلديات السويدية بتخصيص مراكز وحاويات محددة ومنفصلة لتجميع النفايات الإلكترونية الهالكة مجانًا دون مقابل، وأظهرت دراسة بيرنستاد (A. Bernstad, 2011) انخفاضًا واضحًا في كمية النفايات الخطرة بين النفايات المتبقية أو المواد القابلة للتدوير كنتيجة لتطبيق هذا النظام.
- وفي جمهورية مصر العربية هناك بعض أنشطة التدوير والتخلص من النفايات الإلكترونية على المستوى الوطني المصري، منها: (وزارة الدولة لشئون البيئة، ٢٠٠٦)

- قيام جهاز شئون البيئة (وحدة الصناعة) بالتعاون مع البنك الدولى بتوفيق أوضاع شركة النصر للأجهزة الكهربائية والإلكترونية (نيازا) بالإسكندرية من خلال عملية الإقلال من التعرض لانبعاث أبخرة الزئبق فى بيئة العمل.
- **قيام شركة موبينيل بعدة مبادرات بيئية وهى:**

أ- تجميع بطاريات التليفون المحمول المستهلكة فى السوق المصرية، وإعادة تدويرها فى إنجلترا بالتعاون مع شركة فون باك لتفادى النتائج الضارة المترتبة على التخلص الخاطئ من البطاريات.

ب- تجميع الأجزاء المستعملة وغير الصالحة للاستخدام الخاصة بماكينات التصوير والطباعة (زيروكس) وإعادة شحنها للشركة الأم بالخارج.

ج- تجميع علب أحبار ماكينات الطباعة المستعملة لتدويرها وإعادة شحنها للشركة المالكة (هولوتباكارد) فى فرنسا لإعادة تدويرها حتى لا يتم التخلص منها بطريقة غير آمنة.

ولكن هذه الجهود لم تلق الدعم المجتمعي المناسب، بل إن هناك من يرى أهمية الحصول على أجهزة الكمبيوتر والاتصالات، وإن كانت مستعملة، ويتعاملون معها بالإصلاح ثم بيعها والتجارة بها، وتفكيك بعضها للاستفادة من بعض مكوناتها، وتخزين بعض أجزائها واستخدامها كقطع غيار، ومعظم هذه الفئات الذين يتعاملون مع النفايات الإلكترونية دون الدراية بمخاطرها- هم خريجو التعليم الفني الصناعي، وربما أيضًا طلابه أثناء الدراسة- حيث لا يتوافر مستوى الوعي المناسب لدى هذه الفئة من الطلاب المتعاملين مع مصادر النفايات الإلكترونية، فمعظم هؤلاء يقومون ببيع الأجهزة القديمة في أسواق المستعمل، بل يميلون إلى تفحص الأجهزة المستهلكة (النفايات الإلكترونية) للبحث عن أشياء ومكونات يمكنهم الاستفادة منها، وذلك لجهل معظمهم بكيفية التخلص الآمن منها، وهذا ما يحاول البحث الحالي معالجته.

ويري (اليونسكو، ٢٠٠٥) أن تحقيق فهم أفضل للقضايا والمشكلات البيئية وكيفية التعامل مع النفايات الإلكترونية، يتم من خلال: تحسين جودة التعليم؛ والتأكيد على دور المدرسة من خلال إعطاء المناهج التعليمية توجهات جديدة تهتم بهذه المشكلات.

ومن هذه التوجهات الجديدة مبدأ محاكاة الطبيعة الذي يقوم على أساس تعلم البشر من البيئة الطبيعية الكثير من الخبرات اللازمة للحياة، فمثلاً تعلم "هابيل" ومن بعده جميع البشر كيفية دفن الموتى من طائر الغراب، كما تعلم السكان الأصليون بأمريكا عمليات تجفيف الأطعمة من حيوان السنجاب الأحمر، ليس ذلك فحسب بل انتبه الإنسان إلى أهمية ملاءمة جسم كل كائن لوظيفته فقام بمحاكاته في اختراعاته التكنولوجية فمثلاً تم تصميم الشكل الخارجي للطائرات محاكاة لأجسام الطيور، وكذلك أشكال السفن تحاكي أجسام الأسماك في شكلها العام.

وقد عرضت جانين بينيوس (Janine Benyus, 2002) عشر قواعد يمكن تعلمها من البيئة وتطبيقها في مختلف المجالات كالاقتصاد والزراعة والعلوم من خلال محاكاة الطبيعة Biomimicry في مواجهة المشكلات البيئية، وانتبه لهذه الفكرة مؤخرًا متخصصو التربية البيئية، وأوصى بعضهم بضرورة تدريب الطلاب في مراحل التعليم المختلفة على هذه الدروس المستفادة ستابليس (Staples, 2005).

مشكلة البحث:

بالرغم من تعدد الجهود الدولية للحد من النفايات الإلكترونية إلا أن الجهود داخل جمهورية مصر العربية باءت بالفشل والمرجح أنه بسبب نقص الوعي المجتمعي بهذه المشكلة البيئية، ومع أن طلاب التعليم الفني الصناعي هم أكثر فئات المجتمع تعاملاً مع الأجهزة التكنولوجية المتنوعة إلا أن الدراسة الاستطلاعية[1] التي قامت بها الباحثتان أثبتت قصور معارفهم بالنفايات الإلكترونية.

وعلى الرغم من أن مدخل محاكاة الطبيعة هو أحد مداخل حل المشكلات البيئية التي يتم التدريب عليه بدول العالم منذ عدة سنوات إلا أنه – في حدود علم الباحثتين – لا توجد دراسة مصرية قامت بتوظيف هذا المدخل في المناهج المصرية، وعلى ذلك فإن البحث الحالي يحاول الإجابة عن التساؤل الرئيس التالي:

ما أثر استخدام مدخل محاكاة الطبيعة (Biomimicry) في تنمية الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي؟

[1] مقابلات جماعية مفتوحة مع مجموعة من طلاب التعليم الفني الصناعي بمدرستين للتعليم الصناعي بالقاهرة والقليوبية.

وينبثق من هذا التساؤل التساؤلات الفرعية التالية:

١. ما عناصر المحتوى المناسب لتنمية أبعاد الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي؟
٢. ما الوحدة المقترحة في النفايات الإلكترونية في ضوء مدخل محاكاة الطبيعة؟
٣. ما أثر استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في تنمية أبعاد الوعي (المعرفي- الوجداني- السلوكي) بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي؟

فروض البحث:

- يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسط درجات المجموعة التجريبية من طلاب التعليم الفني الصناعي (مجموعة البحث) ومتوسط درجات المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية، وذلك للدرجة الكلية للمقياس لصالح المجموعة التجريبية.
- يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسط درجات المجموعة التجريبية ومتوسط درجات المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية، وذلك لكل بُعد من أبعاد الوعي لصالح المجموعة التجريبية.

منهج البحث:

اعتمد البحث الحالي على:

(١) المنهج الوصفى: استخدم فى مراجعة الدراسات السابقة، إعداد أدوات البحث، وعرض البيانات.

(٢) المنهج شبه التجريبى: تم استخدام هذا المنهج في تطبيق تجربة البحث بهدف دراسة التفاعلات بين المتغير المستقل المتمثل في وحدة النفايات الإلكترونية القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة، والمتغير التابع المتمثل في مستوى الوعي بالنفايات الإلكترونية بجميع أبعاده.

التصميم التجريبي للبحث:

تم استخدام التصميم التجريبي ذي المجموعتين الضابطة والتجريبية.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في:

١. إمداد خبراء إعداد المواد التعليمية بنموذج لمحتوى في ضوء مدخل محاكاة الطبيعة.
٢. المساهمة في تقديم مقياس مناسب لتقييم الوعي البيئي بالنفايات الإلكترونية لطلاب التعليم الفني وما يقابلها من مستويات تعليمية أخرى.
٣. تنمية وعي طلاب التعليم الفني الصناعي بالنفايات الإلكترونية.
٤. توجيه نظر القائمين على إعداد المناهج بضرورة تضمين النفايات الإلكترونية ضمن المناهج.

حدود البحث:

الحدود البشرية: وتتمثل في مجموعة من طلاب الصف الثاني بالتعليم الفني الصناعي.

الحدود المكانية: وتتمثل في اختيار إحدى مدارس التعليم الصناعي بنين بمحافظة القاهرة.

الحدود الزمانية: وتتمثل في الفصل الدراسي الأول من العام الدراسي ٢٠١١/٢٠١٢.

إجراءات البحث:

للإجابة عن تساؤلات البحث تم إتباع الخطوات التالية:

التساؤل الأول: ما عناصر المحتوى التعليمي المناسب لتنمية أبعاد الوعي البيئي بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي؟

١. استعراض أهم الأدبيات الخاصة بالنفايات الإلكترونية.
٢. الاطلاع على الأدبيات والدراسات والبحوث السابقة المرتبطة بالوعي البيئي ومجالاته.
٣. تحديد عناصر المحتوى المناسب لتنمية أبعاد الوعي البيئي بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي.

التساؤل الثاني: ما الوحدة المقترحة في النفايات الإلكترونية القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة؟

١. مراجعة الدراسات السابقة المرتبطة بمدخل محاكاة الطبيعة وأسس استخدامه.
٢. إعداد الصورة الأولية للوحدة المقترحة، وتتضمن:

٢-١-١- كتيب الطالب، بحيث يتم صياغة المحتوى التعليمي في ضوء مدخل محاكاة الطبيعة.
٢-١-٢- دليل المعلم.
٣. ضبط الصورة الأولية للوحدة من خلال عرضها على المحكمين وتطبيقها استطلاعيا وتعديلها في ضوء النتائج.
٤. التوصل للصورة النهائية للوحدة المقترحة.

التساؤل الثالث: ما أثر استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في تنمية أبعاد الوعي (المعرفي- الوجداني- السلوكي) بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي؟

١- إعداد مقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي في ضوء:
أ- مراجعة المقاييس المتاحة والمتعلقة بموضوع البحث لتحديد الأسس والمعايير التي يتم في ضوئها تصميم مقياس الوعي حول النفايات الإلكترونية.
ب- إعداد الصورة الأولية لمقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية والمحاور التي يجب أن يتضمنها لتناسب طلاب التعليم الفني الصناعي.
ج- ضبط المقياس وتحديد صدقه وثباته.
د- صياغة مقياس الوعي حول النفايات الإلكترونية في صورته النهائية، لقياس مستوى وعي طلاب التعليم الفني الصناعي بالنفايات الإلكترونية بأبعادها المختلفة.
٢- تطبيق تجربة البحث من خلال:
أ. اختيار مجموعة من طلاب الصف الثاني بالتعليم الفني الصناعي بمحافظة القاهرة.
ب. التطبيق القبلي لمقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية على مجموعتي البحث الضابطة والتجريبية.
ج. تطبيق وحدة النفايات الإلكترونية القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة على مجموعة البحث التجريبية، كما يتم تطبيق وحدة النفايات الإلكترونية بأسلوب السرد على المجموعة الضابطة.
د. التطبيق البعدي لمقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية على مجموعتي البحث.
٣- حصر نتائج التطبيقين القبلي والبعدي للمقياس.

٤- المعالجة الإحصائية على البيانات للتحقق من صحة الفروض .
٥- استخلاص النتائج وتفسيرها.
٦- تقديم التوصيات والمقترحات في ضوء نتائج البحث.

مصطلحات البحث:

يتبنى البحث الحالي التعريفات الإجرائية التالية:

الوعي بالنفايات الإلكترونية:

النفايات الإلكترونية: هي ما تم الاستغناء عنه من أجهزة إلكترونية، وذلك إما بسبب انتهاء فترة صلاحيتها أو بسبب ظهور موديلات أحدث بإمكانات أعلى.

أما الوعي بالنفايات الإلكترونية: هو مقدار ما يمتلكه الفرد من معلومات عن النفايات الإلكترونية وما لديه من ميول واتجاهات نحوها وكيفية التعامل معها، ويقاس مستوى الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي باستخدام المقياس المعد لذلك.

مدخل محاكاة الطبيعة Biomimicry:

محاكاة الطبيعة هو علم قائم على التكامل بين فروع المعرفة المختلفة، فهو علم بيني Interdisciplinary Science وفيه يبحث العلماء في الطبيعة عن حلول لاحتياجات الإنسان، وقد يكون البحث على مستوى شكل الأجسام المرئية أو على مستوى العلاقات بين مكونات النظام الطبيعي أو على مستوى النظم الموجودة في الطبيعة

أما مدخل محاكاة الطبيعة عبارة عن طريقة لتنظيم المحتوى لطلاب التعليم الفني الصناعي بهدف تدريبهم على حل المشكلات البيئية من خلال دراسة الأساليب المتنوعة لمحاكاة الطبيعة وكيفية توظيفها في حل مشكلة النفايات الإلكترونية.

الإطار النظري:

أولاً- الوعي بالنفايات الإلكترونية:

١- أهم القضايا المرتبطة بالنفايات الإلكترونية:

أ- تعريف النفايات الإلكترونية:

في المراجع الأجنبية يُرمز للمصطلح بطريقتين إما e-waste: Electronic Waste أو WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment أي النفايات الإلكترونية والكهربية.

ويوضح (حسام الدين مازن، ٢٠٠٦، ٣٠٠- ٣٠١) أن هناك مجموعة من المصطلحات المترادفة في هذا المجال، وهذه المصطلحات هي: القمامات الإلكترونية، السموم التكنولوجية، النفايات الإلكترونية، السموم الإلكترونية، القمامات الرقمية، قمامة تكنولوجيا المعلومات، وهي "مخلفات الأجهزة الإلكترونية المختلفة كالحواسيب والهواتف المحمولة والميكروويف وغيرها من الأجهزة التي يتم تفكيكها وبيع مخلفاتها أو نقلها من مكان لآخر لدفنها هناك أو حرقها أو البحث عن القطع الإلكترونية والمعادن الثمينة التي بداخلها وما ينجم عن جميع هذه العمليات من التعرض لمخاطر بيئية كبيرة لاحتوائها على عناصر ضارة كالرصاص والزئبق وغيرها".

ويعرفها (سعد الزهراني، ١٤٢٩هـ/ ٢٠٠٨ ، ٢٣) بأنها" الأجزاء التالفة من الأجهزة الإلكترونية، كالجوال، والهاتف، والتليفزيون، والرسيفر، والألعاب الإلكترونية وملحقاتها، ويتم تفكيكها أو نقلها أو دفنها أو حرقها أو إعادة تدويرها مما يسبب إخلالاً بالتوازن البيئي وتلحق الضرر بصحة الإنسان."

وتوضح (ليال صقر،٢٠١٠) أن المقصود بالنفايات الإلكترونية "كل المعدات الإلكترونية التي تعاني خللاً أو كسرًا أو لم تعد متوافقة مع التقنيات الحديثة أو تلك التي تمّ إتلافها".

ب- مصادر النفايات الإلكترونية:

يمكن أن تشمل هذه المصادر ما يلي: (جرانت وآخرون، ٢٠١٣، Grant) و(إلهام رفعت، ٢٠١٠).

- الأجهزة المنزلية كالمايكروويف، الثلاجة، المكواة، التليفزيونات وغيرها.
- أجهزة الكمبيوتر وملحقاتها من المعدات مثل: شاشات الكومبيوتر، والكاميرا، ولوحة المفاتيح، والماسح الضوئي، وآلة الطباعة وغيرها.
- معدات الصوت والنظام الصوتي المجسّم: مشغّل الMP3ال، جهاز الفيديو، مشغّل الأقراص.
- آلات الطباعة والنسخ، وأجهزة الاتصال السلكية واللاسلكية كالفاكس والتليفون وغيرها.
- ملحقات الأجهزة الكهربية كالبطاريات وآلات الشحن والمحولات وأسلاك الكهرباء.

ج- **مخاطر النفايات الإلكترونية:**

يوضح (جون دانييل Jean-Daniel and others, 2012) أن مشكلات النفايات الإلكترونية تتمثل في تزايد حجمها بصفة مستمرة بالإضافة إلى المواد

السامة الناتجة من عمليات التصنيع وكذلك من عمليات التخلص منها سواء بالحرق أو الصهر لإعادة التصنيع أو الدفن.

وأوضحت دراسة هوو وآخرون (Huo et al., 2007) أن نسبة الرصاص في دم الأطفال دون السادسة الذين يعيشون في إحدى المدن الصينية المشهورة بأنشطة إعادة تدوير النفايات الإلكترونية تزيد بدرجة كبيرة عن أمثالهم الذين يعيشون في مدينة أخرى لا يوجد بها أنشطة إعادة التدوير.

كما أثبتت دراسة ما وآخرون (Ma et al., 2011) وجود مواد كيميائية سامة في شعر الرأس لدى العاملين في مجال إعادة تدوير النفايات الإلكترونية وهي تعادل من ثلاثة أضعاف إلى ثمانية عشر ضعف ما هو موجود لدى أفراد عاديين داخل نفس البلد بالصين.

وتتفق دراسات (حسام الدين مازن، ٢٠٠٦، ٣٠٩ وتسدينوفا وآخرين (Tsydenova et al., 2011) على أن هناك العديد من المواد الكيميائية السامة الناتجة من النفايات الإلكترونية والتي ينتج عنها بعض الأخطار الصحية كما يعرضها الجدول التالي:

جدول (١)

بعض الأخطار الصحية لبعض نواتج النفايات الإلكترونية

اسم العنصر أو المصدر	الآثار الصحية
الكادميوم (في البطاريات)	يضر بالجهاز البولي وكذلك بالعظام.
الزئبق (في البطاريات والشاشات)	يحطم الأعضاء الداخلية للجسم ويؤثر على نمو الأجنة.
الرصاص (في الشاشات والبطاريات)	يؤثر سلبا على جهاز المناعة والجهاز العصبي وعلى النمو العقلي للأطفال.
أحبار الطباعة	تؤثر على الجهاز التنفسي وقد تسبب سرطان الرئة.
البلاستيك (في لوحات المفاتيح وأغلفة الأسلاك)	ينتج من حرقها غازات سامة كما أن طمرها في الأرض ينشر مواد سامة بالأرض والمياه الجوفية.

د- **التخلص الآمن من النفايات الإلكترونية:**

أكدت دراسة بيرنستاد وآخرين (Bernstad et al., 2011) ضرورة إنشاء نظام لجمع النفايات الإلكترونية ليتم التعامل معها بطريقة فاعلة للتخلص منها في السويد.

أما دراسة تشي وآخرين (Chi et al., 2011) فقد أوضحت أنه في الصين يتم التخلص من معظم النفايات الإلكترونية بجهود فردية غير رسمية وقد يكون ذلك من خلال إعادة التدوير أو إعادة التصنيع؛ مما يكون له آثار سيئة على

الصحة العامة وعلى البيئة، بالإضافة إلى عدم توافر عامل الأمان في استخدام الأجهزة الناتجة من عمليات إعادة التصنيع، وأوصت الدراسة بضرورة إنشاء نظام رسمي يهتم بتقنين الجهود الفردية في إعادة التدوير لتقليل آثارها السيئة.

وبصفة عامة هناك أربع طرق محددة للتخلص من النفايات الإلكترونية وهذه الطرق هي:

- إعادة الاستخدام.
- التخزين.
- التدوير (يتضمن استخراج العناصر الثقيلة، والتفكيك، والتقطيع، والتكرير).
- الدفن أو الحرق في ظروف خاصة

وفي جمهورية مصر العربية يتم التعامل مع الأجهزة الإلكترونية المستعملة بهذه الطرق، ويمكن إيجازها في الجدول التالي (Dahrog, 2009):

جدول (٢) طرق التخلص من بعض الأجهزة الإلكترونية في مصر

طريقة التعامل مع الجهاز المستعمل	التليفزيونات	التليفون المحمول	الكمبيوتر الشخصي	كمبيوتر الشركات
التخزين	٧٥%	٦٥%	٦٥%	٣٨%
إعادة البيع والاستخدام	٢٢%	٣٢%	٢١%	١٩%
إعادة التدوير	-	٢%	-	-
طرق أخرى	٣% الدفن الصحي	١% الإلقاء في القمامة	١٤% البيع كخردة	٤٠% البيع كخردة و٣% الإلقاء في القمامة

يتضح من الجدول(٢) عدم وجود عمليات إعادة التدوير لمعظم الأجهزة الإلكترونية بمصر؛ مما يؤكد أهمية نشر الوعي بهذه الطرق بين أفراد المجتمع، كما أوصت الدراسة بضرورة التعاون بين الأفراد والحكومة والقطاع الخاص للحد من تزايد النفايات من خلال عمليات إعادة التدوير، بالإضافة إلى ضرورة تفعيل التشريعات الخاصة بالتعامل مع النفايات الإلكترونية.

٢- الوعي بالنفايات الإلكترونية كأحد جوانب الوعي البيئي:

أ- أبعاد الوعي البيئي:

لأن الوعي بالنفايات الإلكترونية هو أحد أبعاد الوعي البيئي كان من الضروري للتوصل إلى تعريفه وأبعاده مراجعة مفهوم الوعي البيئي؛ حيث تعرفه (هدى عبد الفتاح، ٢٠٠٤، ١١٧) أنه "موقف الفرد تجاه بيئته ومشكلاتها وقضاياها ومخاطرها، ويتكون ذلك من خلال تأثره وجدانيًا بمعلومات ومعارف حول موقف أو مشكلة بيئية من حيث أسبابها وآثارها المدمرة ودوره في حلها".

وتعرفه (ليلى زعلان وآخران، ٢٠٠٧) بأنه الإحساس بالبيئة ومشكلاتها من خلال اكتساب المعارف والقيم والاتجاهات والمهارات وأساليب السلوك التي تجعل الفرد مسؤولا تجاه الحفاظ على بيئته.

بينما يعرفه (سعد الزهراني، ١٤٢٩هـ/ ٢٠٠٨، ٢٢) بأنه تقدير عاطفي شعوري مؤثر في السلوك ودافع على تكوين المواقف المختلفة.

ويعرفه (محمد أحمد، ٢٠٠٩، ١٠٢) بأنه "الإدراك القائم على المعرفة بمكونات البيئة وعلاقتها ببعضها، والإحساس بالمشكلات الناتجة عن الإخلال بهذه العلاقات، ومعرفة دور الفرد والمجتمع في الحد من هذه المشكلات، ومعرفة أساليب استغلال الموارد المتاحة من البيئة".

أما (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٠) فيعرّفه بأنه "التعريف بالبيئة وعناصرها وتحسين الوعي بها والحث على الحفاظ عليها من خلال فعل أو ممارسة من الأفراد والجماعات والأسرة والمدرسة والمجتمع".

وتوضح (أمل عبد الجليل، ٢٠٠٣، ٤١-٤٤) أنه يتم تكوين الوعي البيئي باكتساب الفرد المعلومات والمعارف وتنمية الاتجاهات الإيجابية لديه نحو المعارف المقدمة، وتتبلور هذه الاتجاهات وتُكوّن في محصلتها القيم البيئية، وبذلك تتكون أخلاقيات بيئية لدى الفرد، حيث يصب ذلك كله في مجرى السلوك البيئي الذي يظهر في التصرف السليم في المواقف الحياتية، أي أن الفرد يسلك سلوكاً رشيدًا نحو حماية البيئة، وعلى ذلك فالوعي يؤسس على ثلاثة أبعاد هي:

١. **الجانب المعرفي:** وهو يتضمن اكتساب المعلومات والخبرات والمعارف عن قضية ما.
٢. **الجانب الوجداني:** اكتساب وتكوين الاتجاهات الإيجابية والميول والقيم نحو القضية.
٣. **الجانب المهاري (الأدائي):** استجابة الفرد بطريقة صحيحة وسريعة لقضية ما.

وفي البحث الحالي فإن مستوى الوعي لدى الفرد بظاهرة معينة "يتمثل في ثلاثة جوانب وهي مقدار ما يمتلكه الفرد من معلومات حول هذه الظاهرة، وما لديه من ميول واتجاهات نحوها، وكذلك الكيفية التي يتصرف بها في المواقف والمشكلات التي تواجهه والمتصلة بالظاهرة موضع الدراسة".

ب- أساليب تنمية بعض جوانب الوعي البيئي:

يوضح (محمد أحمد، ٢٠٠٩، ١٠٣) أنه من خصائص الوعي البيئي ما يلي:

١. تنميته بالضرورة لا تتطلب تربية نظامية.
٢. يتضمن تلازماً للجانبين المعرفي والوجداني.
٣. لا يتضمن سلوكاً إيجابياً نحو البيئة (المدخن مدرك لأضرار التدخين ومع ذلك يستمر في سلوكه)
٤. هو الخطوة الأولى في تكوين الاتجاهات الإيجابية التي تتحكم في سلوك الفرد.

كما أوضحت دراسة ليبرتيووو (Liberty& Wu,2010) أن الطلاب الأعلى في مستوى الدراسة لديهم اتجاهًا إيجابيًا أكثر نحو البيئة، وذلك عندما قامت بقياس الوعي البيئي خاصةً سلوكيات الحفاظ على الماء والطاقة لدى مجموعة من طلاب الجامعة في زامبيا.

لقد تنوعت الدراسات في أساليب تنمية الوعي البيئي أو تنمية بعض جوانبه، دراسة (إيمان عزام،٢٠٠٣) تناولت تنمية الوعي البيئي لدى طلاب التعليم الفني التجاري من خلال مجموعة من المناظرات حول موضوع عام هو "الحفاظ على البيئة مسئولية دولة أم مسئولية أفراد".

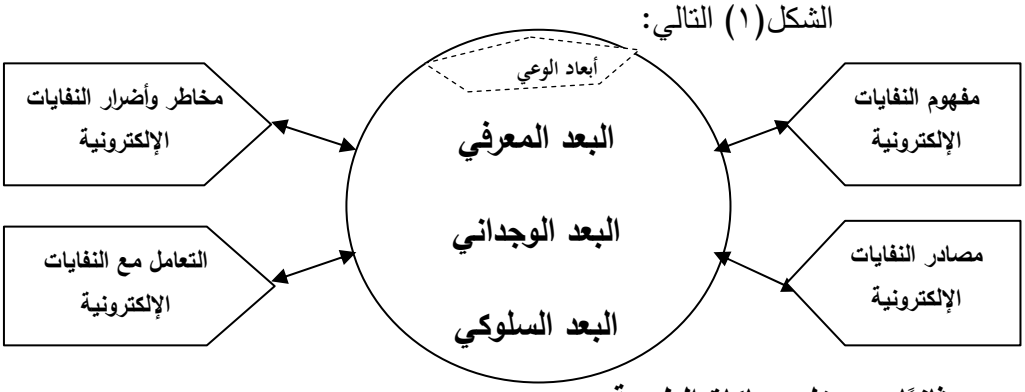
ودراسة (ليلي حسام الدين، ٢٠١١) استخدمت أسلوب الجدل العلمي في تدريس القضايا البيئية الموجودة في الوحدة الأولى بمقرر الأحياء بالصف الأول الثانوي.

أما دراسة (إبراهيم وحش ومنال يوسف، ٢٠٠٨)، ودراسة (آمال سعد أحمد، ٢٠٠٨)، وكذلك دراسة (خلود الشيخ، ٢٠٠٨) فقد أكدوا فاعلية تنمية الوعي البيئي ببعض القضايا البيئية من خلال اقتراح وحدة / برنامج تعليمي، معتمدين في تدريسهم على طرق متنوعة كحل المشكلات والعصف الذهني والتعلم التعاوني، والاستقصاء البيئي، وخرائط المفاهيم، وغيرها.

أما دراسة (المعتز بالله، ٢٠١٢) فقد قدمت برنامجًا في القضايا البيئية المستحدثة المرتبطة بمادة الكيمياء للصف الأول الثانوي، وتم استخدام أنشطة تعليمية مثل تصميم أجهزة للحفاظ على البيئة، وتصميم إعلانات أو ملصقات أو مجلات علمية للتوعية بقضايا البيئة، كما تم استخدام استراتيجيات تدريسية مثل العصف الذهني، والمناقشة الجماعية، والتعلم التعاوني والعمل في مجموعات، وأسلوب حل المشكلات الواقعية، وأسلوب المشروعات البيئية.

٣- عناصر المحتوى المناسب لتنمية أبعاد الوعي البيئي بالنفايات الإلكترونية:

في ضوء ما سبق تم تحديد عناصر المحتوى المقترح كما يتضح من الشكل(١) التالي:



ثانيًا- مدخل محاكاة الطبيعة:

أ- **تعريفــه:** توضــح واطســون (Watson, 2004, 1) أن مصــطلح Biomimicry يتكون من شقين الأول Bios بمعنـي "الحيـاة"، والثـاني mimesis بمعني "تقليد"، وتُعرف محاكاة الطبيعة بأنها "مبدأ تصميم يهدف إلى تقديم حلول دائمة لمشكلات الإنسان من خلال استشارة ومحاكاة نماذج واستراتيجيات الطبيعة".

وتعرف ستابليس (Staples, 2005, 18) محاكاة الطبيعة بأنها "طريق واضح لاستخدام التنور البيئي لتحديد مشكلات العالم الواقعي وتوضيح الحلول الممكنة".

بينما يعرف ميللر (Miller, 2010) محاكاة الطبيعة في مجال الهندسة بأنها "أسلوب للتصميم يعتمد على ملاحظة وتقليد أشكال البيئة أو عملياتها، أو نظمها وذلك للتوصل إلى تصميمات هندسية أكثر كفاءة وأكثر تكاملاً مع البيئة".

ب- **خلفية عامة عن محاكاة الطبيعة:**

منذ العصور القديمة والإنسان يقوم بتقليد بيئته لسد احتياجاته، ولقد تعلم الإنسان من البيئة الكثير دون أن ينتبه إلى أثرها عليه، والجديد في مدخل محاكاة الطبيعة هو أن يتم التعلم من البيئة وليس استغلال البيئة.

وتعتبر "جانين بانيوس" (Janine Benyus) متخصصة علم الأحياء رائدة هذا المدخل حيث نشرت عام ١٩٩٧ نسخة تجريبية من كتابها "محاكاة الطبيعة: اختراعات تم استلهامها من الطبيعة Biomimicry: Innovation Inspired by

"Nature" ، ثم تم النشر في طبعة منقحة عام ٢٠٠٢، وتم منحها العديد من الجوائز في مجال الكتابة العلمية.

وترى "بانيوس" أن محاكاة الطبيعة تعتبر الثورة التالية للثورة الصناعية، وبررت ذلك بأن جميع الاختراعات التي قامت بها البشرية يوجد مثيلاتها في الطبيعة ولكن بشكل أفضل – حتى العجلة وجدت في بعض الأشكال البدائية من البكتيريا – وأن جميع مشكلات الإنسان يمكن استخلاص حلولها من مراقبة الطبيعة، وعرضت في إطار ذلك مجموعة من المبادئ والقوانين التي تتبعها الطبيعة ويمكن الاستفادة منها وهي (Benyus, 2002, 7):

١- الطبيعة تعتمد في عملها على ضوء الشمس.
٢- الطبيعة تستخدم فقط الطاقة التي تحتاجها.
٣- الطبيعة تلائم الشكل مع الوظيفة.
٤- الطبيعة تُعيد تدوير كل شيء.
٥- الطبيعة تُكافئ التعاون.
٦- الطبيعة تعتمد على التنوع.
٧- الطبيعة تطلب الخبرة المحلية.
٨- الطبيعة تكبح الزيادات من داخلها.
٩- الطبيعة تراعي الحدود (فلا يتعدى الكائن الحي على حقوق رفاقه داخل حدود النظام البيئي).

وبمراقبة الأنظمة البيئية المستدامة منذ آلاف السنين نجد أن الكائنات الحية بها تستخدم مجموعة من الاستراتيجيات الثابتة التي يمكن اعتبارها كالوصايا العشر الصالحة للتطبيق في مجالات الأعمال والاقتصاد والصناعة؛ فإذا ما طبقتهم شركة أو اقتصاد قومي بنجاح فستتمكن من الاستمرارية، وهذه الاستراتيجيات هي: (Benyus, 2002, 253-277)

١- استخدام النفايات كمصدر (تطبيقًا لمبدأ الكتلة الحيوية Biomass يتم الاعتماد على أكثر من دورة لإعادة التدوير منعًا للتدهور، بهدف بناء اقتصاد بدون نفايات).
٢- التنوع والتعاون لتحقيق أقصى استفادة من الموطن الطبيعي (ويستفاد من ذلك في تعاون أكثر من شركة متنوعة النشاط بهدف الحفاظ على البيئة –وذلك في

مرحلة ما قبل التسويق– كأن تتحد جميع الشركات في هدف التصميم للتفكيك (Design for Disassembly).

٣- تجميع الطاقة واستخدامها بكفاءة (في الأنظمة الحيوية يقوم النبات بتجميع نسبة من الطاقة الشمسية التي تستقبلها الأرض وتقوم بتفاعلات باستخدام عوامل حافزة بدلاً من زيادة حرارة وسط التفاعل، ويمكننا الاستفادة من ذلك في الحرص على استخدام مصادر طاقة متجددة كالشمس والرياح والوقود الحيوي واستخدام محفزات التفاعل).

٤- التحسين بدلاً من التعظيم (تحقيق الكثير باستخدام مجهود أقل، ويُستفاد من ذلك في العمل على تقليل النفايات الناتجة من استخدامات البشر).

٥- استخدام المواد بزهد (من خلال مبدأ ملاءمة تركيب الأعضاء الحيوية لوظيفتهما يتم ترشيد استخدام المواد الموجودة بها، وتحقيق الاستخدام الأمثل لها، ويُستفاد من ذلك في عمل التصميمات الهندسية الخضراء أو التصميمات صديقة البيئة).

٦- عدم تلويث الأعشاش (الكائنات الحية تأكل وتتنفس وتنام في أعشاشها التي صنعتها لنفسها؛ وبالتالي فلن تسمم نفسها داخل الأعشاش، ونتعلم منها الحرص على عدم إنتاج مواد ملوثة لبيئتنا).

٧- عدم إهدار المصادر (لا يتم استخدام الموارد غير المتجددة بصورة أكبر من سرعة النظام على استعادتها سواء بعمليات بيولوجية أو جيولوجية، ونتعلم من ذلك ألا نستخدم الموارد غير المتجددة بسرعة أكبر من سرعة توفير البدائل لها ولا ننتج مواد ملوثة بسرعة أكبر من سرعة استيعاب الأرض لها).

٨- البقاء في توازن مع المحيط الحيوي (المحيط الحيوي هو طبقات الهواء والتربة والماء اللازمة للحياة، والهدف هو بقاء العناصر غير الحية كالغازات والمعادن بنفس النسب الثابتة بالبيئة، ولذلك يجب علينا مثلاً الإقلال من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون).

٩- العمل في ضوء المعلومات المتوفرة (حيث تتواءم الكائنات الحية داخل النظام البيئي في ضوء التغذية الراجعة التي تعود إليها من النظام، وعليه فيجب على الشركات وغيرها من المؤسسات إنشاء قنوات اتصال مع المجتمع المحلي للحصول على تغذية راجعة مستديمة حول آثار أنشطتها على المجتمع، وتعديل آلية عملها في ضوء النتائج).

١٠- التسوق محليا (لا يمكن للكائنات الحية داخل نظام بيئي مغلق أن تستورد مواد من أنظمة بيئية أخرى؛ فهي تعتمد فقط على الموارد المتاحة داخل النظام، وعليه يجب التوجه إلى الاقتصاد القائم على مميزات المجتمع المحلي).

ج- **دور الطبيعة في مدخل محاكاة الطبيعة:**

في مدخل محاكاة الطبيعة فإن الطبيعة قد تكون كنموذج أو كقياس أو كمستشار كما يلي: (Zari, 2007, 4)، (Miller, 2010)، (El Ahmar et al., 2013, 540)

١- **الطبيعة كنموذج Nature as Model :** يتم دراسة نماذج الطبيعة وتقليدها أو استخدامها كمصدر إلهام في تصميمات وعمليات لحل مشاكل الإنسان، ويتضمن ذلك ثلاثة مستويات:

- محاكاة الأشكال Natural Forms، حيث يتم التركيز على الشكل الخارجي للتصميم التكنولوجي؛ كأن تشبه طواحين الهواء شكل زعانف الحوت الأزرق، وهذا المستوى من المحاكاة قد لا يُدعم الاستدامة للنظام ككل.
- محاكاة العمليات الطبيعية Natural Processes، حيث تتم محاكاة عمليات إنتاج بعض المواد فمثلا حشرة العنكبوت تنتج خيوطًا لها قوة تحمل عالية وتستخدم لذلك مواد خام بسيطة في درجة حرارة الجسم وضغطه الطبيعي دون إنتاج مواد سامة أو ضارة بالبيئة، وتعتبر الكيمياء الخضراء أحد أمثلة التطبيقات على هذا المستوى.
- محاكاة النظم Natural Ecosystems، وهو أعمق مستويات المحاكاة، حيث تتم دراسة كيف تتلاءم مكونات النظام بحيث تهدف إلى إنتاج منتج وعمليات تتناسب بسلاسة في الأنظمة الأكبر وتعمل على استعادة الأرض بدلاً من استهلاكها.

٢- **الطبيعة كقياس Nature as Measure :** استخدام مجموعة المبادئ والاستراتيجيات والقوانين الموجودة بالطبيعة للحكم على مدى مناسبة الاختراعات التكنولوجية المختلفة.

٣- **الطبيعة كمستشار Nature as Mentor:** حيث يتم تقدير الطبيعة وإظهارها بما يمكننا أن نتعلم منها لتحقيق الاستدامة.

د- **أمثلة على محاكاة الطبيعة في العلوم الطبيعية:**

وفقا لبانيوس (Benyus, 2002, 2) فإن محاكاة الطبيعة ستؤدي إلى تغير السلوكيات في جميع مناحي الحياة فمثلا؛ ستتغير طرق: زراعة المحاصيل، وصناعة المواد، وتخزين الطاقة، والعلاج، وتخزين المعلومات، وإدارة الأعمال، وذلك بغرض استدامة البيئة وليس مجرد استغلالاً لمواردها.

وهناك العديد من الأمثلة على تطبيقات محاكاة الطبيعة في مناحي الحياة المختلفة ومنها: (حمد اللحيدان،٢٠١١)، (Athavale, 2011)، (Satio, 2011)، (Bhure et al., 2011)، (National Research Council,2012)

- الشريط اللاصق Velcro الذي يعتمد على التصاق سطح خشن بسطح وبري مستوحى من غلاف بذور الحشائش التي تلتصق بالملابس عند التنقل بجوارها.
- تحسين التيارات الهوائية داخل المنازل أو الأماكن التجارية بأقل طاقة يتم محاكاةً لآليات ترطيب الحيوانات أجسامها في بيئات مختلفة؛ مثلاً من خلال التذبذب لتحريك الهواء أومن خلال تبخير الرطوبة، وهنا يمكن اقتراح إضافة أجزاء إلى الشبابيك لتتذبذب بطريقة معينة فتحرك الهواء.
- القطار الرصاصة محاكاةً لطائر البوم ذي الطيران الصامت وطائر الرفراف kingfisher الأقل مقاومة للهواء عند الطيران، وذلك في مجال وسائل النقل الأكثر سرعة والأكثر توفيراً للطاقة.
- إنشاء بنايات ذات قدرة عالية على توفير الطاقة تصل إلى (٩٠٪) وذلك اعتمادًا على محاكاة منشآت النمل الأبيض، التي تتميز باعتدال درجة حرارتها الداخلية على الرغم من تواجدها في مناطق حارة جدًا، وذلك اعتماداً على مجموعة من الدهاليز التي توفر الهواء المكيف.
- صناعة أدوية جديدة ليس لها آثار جانبية محاكاةً لطرق الكائنات الحية في علاج نفسها.
- صنع لافتات إعلانية قابلة لإعادة الاستخدام وغير ملوثة للبيئة؛ حيث تتغير ألوانها والدعاية المكتوبة عليها بالاعتماد على الأشعة فوق البنفسجية محاكاةً لتغير لون ريش الطاووس عند تعرضه للضوء كنتيجة لانكسار الضوء حيث إن الريش في الأصل غير ملون.
- علم النانو تكنولوجي استطاع أن يصنع إنسانًا آليًا يمشي على الأسقف (ضد الجاذبية) من خلال محاكاة أرجل حيوان البرص التي تتكون من دقائق صغيرة

جدًا بحجم النانو تمكنه من الالتصاق بالأسطح، كذلك أمكنه صناعة ملابس ضد الابتلال من خلال محاكاة سطح أوراق نبات اللوتس الذي يحتوى على مواد بحجم النانو تمنع ثبات الماء على سطحه، وتم استغلال نفس الفكرة في ابتكار الزجاج المقاوم للبلل، وكذلك الصبغات المقاومة للماء والمواد ذاتية التنظيف.

- صناعة توربينات هوائية صامتة وذات مردود كبير لاستعمالها في مجال الفضاء محاكاةً للنتوءات الموجودة على الزعانف الصدرية للحوت الأزرق والتي تستعمل في تسهيل عملية التنقل داخل الماء، كما تمت محاكاة جلد القرش الذي يحتوي على شقوق تسمح للماء بالتدفق في عملية صنع ملابس السباحة للمحترفين.
- تم إنتاج متتالية أعداد فيبوناتشي Fibonacci Series في علم الرياضيات، وفيها يكون كل رقم نتاج مجموع الرقمين السابقين له من خلال مراقبة نمو الصدفة الحلزونية، والتي يستخدم في تحليل الأسواق المالية وفي بعض تطبيقات محركات البحث بالكمبيوتر.

هـ – أهمية استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في مجال التربية:

تتمثل هذه الأهمية فيما يلي: (Watson, 2004) و (Staples, 2005) و (Miller, 2010) و(Biomimicry Education Network (BEN), 2013) و(Biomimicry3.8, 2013)

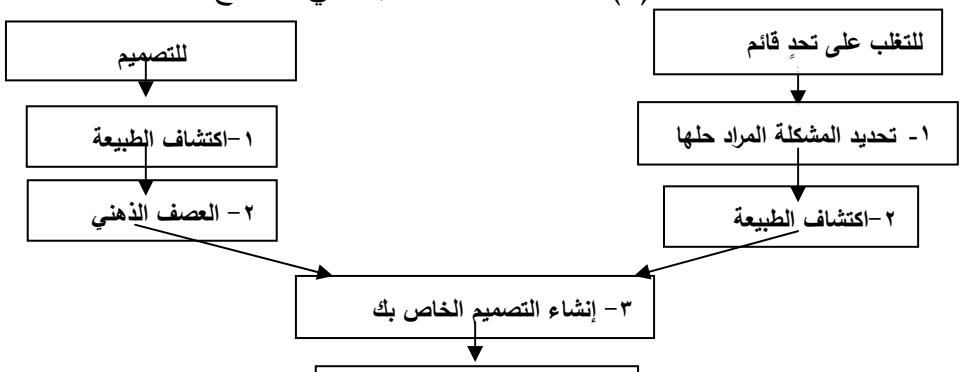
- يعمل على نزع حالة الإحباط التي يشعر بها المتعلمون عند دراستهم لمشكلات البيئة، والتي أثبتت وجودها أبحاث علم نفس البيئة لأنه مدخل قائم على تقديم الحلول.
- يزيد من احترام المتعلم للبيئة بعد تعلمه منها مما سيجعله أكثر حرصًا على حمايتها.
- يوجه طاقات المتعلمين إلى الإبداع من أجل استدامة البيئة.
- يعمل على تنمية مهارات التفكير بالمحاكاة وتتضمن هذه المهارات: تحديد النطاق (ويشمل التعرف والتحديد والتكامل)، والاكتشاف (يشمل الاكتشاف والتلخيص)، والإبداع (يشمل العصف الذهني والتصميم بالمحاكاة)، والتقويم (يشمل القياس باستخدام مبادئ الحياة).

- يربط المتعلمين بأحدث التوجهات في مجالات العلوم الطبيعية المختلفة خاصةً مبادئ التصميم.
- يحقق هدفين في آن واحد هما: التعلم حول المشكلات البيئية التي تواجه الإنسان، وإيجاد حلول إجرائية لهذه المشكلات.
- يعتبر أحد طرق التأكيد على أهمية التعلم من أجل استدامة البيئة (الاستدامة تعني أن يعمل الإنسان على العيش كجزء من شبكة الحياة؛ بما يعمل على تحقيق احتياجاته وآماله دون الانتقاص من فرص الأجيال المستقبلية سواء البشر أو الكائنات الأخرى).

و- استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في المناهج التعليمية:

يوضح (موقع محاكاة الطبيعة Biomimicry3.8, 2012, 3-5) أن مدخل محاكاة الطبيعة في المناهج يمكن استخدامه للتصميم بإحدى طريقتين وفقًا للهدف من التعلم – يوضحهما الشكل (٢) التالي- مع التأكيد على أن التصميم ليس خطيا وأنه يمكن الدمج بين الطريقتين وهما:

شكل (٢) مداخل محاكاة الطبيعة في المناهج



إذا كان الهدف هو التصميم	إذا كان الهدف هو حل تحدٍ قائم
اكتشاف الطبيعة من خلال البحث بين الكائنات الحية واختيار أحدهم والتعلم حول أساليب تكيفه، فمثلاً بملاحظة الدب القطبي يتم طرح تساؤلات حول وظائف الفراء وكيف يتكيف تركيبه مع وظائفه حيث إن وظائفه التخفي وحفظ	تحديد المشكلة من خلال: تقرير ما المشكلة المراد حلها؟ ثم التساؤل حول كيف يمكن للطبيعة أن ..... (ويتم وضع الفعل المناسب للمشكلة)؟ فمثلاً إذا كانت المشكلة كيفية تصميم منزل دافئ في موقع بارد يتم البحث عن أساليب

إذا كان الهدف هو التغلب على تحدٍ قائم	إذا كان الهدف هو التصميم
احتفاظ الطبيعة بالحرارة.	الحرارة، ويتم دراسة ذلك جيداً.
اكتشاف الطبيعة، حيث يتم البحث عن نماذج في الطبيعة لها علاقة بالمشكلة من خلال تحديد الكائنات التي تتعامل بأفضل طريقة مع مشكلات مشابهة بالبحث في مواقع إلكترونية خاصة بالطبيعة كموقع AskNature.org/ مشاهدة أفلام فيديو على موقع اليوتيوب، أو التحدث إلى متخصصي علم الأحياء، لتحديد هذه الكائنات ثم يتم اختيار أفضل كائن وتعرف استراتيجيات تكيف مناسبة للمشكلة يتم التصميم في ضوئها.	العصف الذهني Brainstorm : يتم الإجابة هنا عن السؤال حول كيفية الاستفادة من أساليب التكيف هذه لخدمة الإنسان؟ ففي المثال السابق يتم التفكير حول اقتراح طرق أفضل لحفظ الحرارة محاكاةً لفراء الدب القطبي
إنشاء التصميم الخاص بك وتطبيق استراتيجيات تكيف الحيوانات على المشكلة القائمة؛ حيث يتم إعداد نماذج أو مجسمات أو تصاميم للحلول المفيدة للإنسان.	
تقييم التصميم وتعديله: يتم تقييم التصميم من خلال طرح تساؤلات مثل هل التصميم فعال؟ عملي؟ يحافظ على البيئة؟ ينتج عنه مشكلات جديدة؟ ثم يتم التعديل في التصميم في ضوء الإجابة عن هذه التساؤلات.	

ز- بعض الدراسات والمشروعات التي استخدمت مدخل محاكاة الطبيعة في عمليتي التعليم والتعلم.

- دراسة ستابليس (Staples, 2005) التي هدفت إلى تقديم موقع إلكتروني قائم على مدخل محاكاة الطبيعة لتدريس العلوم البيئية لطلاب المرحلة الثانوية، وأكدت الدراسة على ضرورة دمج مدخل محاكاة الطبيعة في مناهج علوم البيئة.
- مشروع مدرسة " الجبل الأبيض" بإنجلترا في عام ٢٠٠٨، حيث تم تنمية مهارات الإعداد للحياة العامة بعيدًا عن الدراسة الأكاديمية من خلال تطبيق مدخل محاكاة الطبيعة على منهج الدراسة الصيفية بالمدرسة لطلاب الصفوف ٩-١٢، حيث قاموا بعمل مشروع منزلي بعنوان "محاكاة المأوى الطبيعي"، ويهدف إلى قيام الطلاب باختيار إحدى البيئات ذات الظروف القاسية وتصميم منزل للعيش بهذه البيئة محاكاةً لتكيف الكائنات الموجودة بها.

- دراسة شنيديرمان وفريهويفر (Schneiderman & Freihoefer, 2012) حيث اقترحت برنامجًا في التصميمات الداخلية للمنشآت وإعادة تصميمه وفق موديول Okala وهو تطبيق لمدخل محاكاة الطبيعة، حيث أثبتت النتائج نمو الوعي البيئي لطلاب الجامعة، وكانت أبعاده هي النظم البيئية واقتصاديات البيئة والاستدامة.
- موقع Biomimicry3.8، وهو موقع إلكتروني يمثل مشروعًا عالميًا لجميع المربين الذين يعملون على تكامل مدخل محاكاة الطبيعة مع مناهجهم سواء كانوا معلمين بالتعليم قبل الجامعي أو التعليم الجامعي أو يعملون في بيئات تعلم غير نظامية، ويقدم عدة أنواع من الدعم مثل نماذج للمناهج والأنشطة التربوية وكذلك البرامج التدريبية؛ حيث يشمل دمج أكثر من مشروع بنفس المجال والاشتراك فيه مجانًا.

إجراءات البحث:

للإجابة عن تساؤلات البحث تم إتباع مجموعة من الإجراءات نوضحها فيما يلي:

التساؤل الأول: ما عناصر المحتوى المناسب لتنمية أبعاد الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي؟

في ضوء ما تم مراجعته من أدبيات البحث تم التوصل إلى تلك الأبعاد الموضحة شكل (١) بالبحث.

التساؤل الثاني: ما الوحدة المقترحة في النفايات الإلكترونية في ضوء مدخل محاكاة الطبيعة؟

فى ضوء ما أسفرت عنه الخطوات السابقة وبعد الاطلاع على أسس تنظيم المحتوى في ضوء مدخل محاكاة الطبيعة، ومراجعة خصائص طلاب التعليم الثانوي الصناعي؛ تم إعداد الوحدة المقترحة وفقًا للمراحل التالية:

أ- تحديد الأهداف العامة للوحدة المقترحة:

تهدف الوحدة المقترحة إلى تحقيق ما يلي لدى طلاب التعليم الفني الصناعي:

- تنمية الوعي بمصادر النفايات الإلكترونية.
- تنمية القدرة على فهم وتطبيق بعض مفاهيم النفايات الإلكترونية.

- تنمية المعلومات عن مخاطر النفايات الإلكترونية، وكيفية معالجتها.
- التمكن من التخلص الآمن من النفايات الإلكترونية.
- تنمية بعض الاتجاهات الإيجابية نحو البيئة.
- تقدير قيمة تطبيق احتياطات الأمن والسلامة عند تعامله مع النفايات الإلكترونية.

ب- **تحديد الأهداف الإجرائية للوحدة المقترحة:**

تم تحديد الأهداف السلوكية (الإجرائية) بعد تحديد الأهداف العامة للوحدة المقترحة؛ بحيث تتفق مع ماهية كل درس من دروس الوحدة وصياغتها صياغة إجرائية واضحة، وهذه الأهداف موضحة فى بداية كل درس من كتاب الطالب.

ج- **إعداد الصورة الأولية لكتاب الطالب:**

فى ضوء الأهداف العامة والأهداف الإجرائية التى تمت صياغتها ومدخل محاكاة الطبيعة تم إعداد الصورة الأولية لكتاب الطالب، واشتملت على خمسة دروس.

د- عرض الصورة الأولية للوحدة المقترحة على المحكمين: (متخصصو المناهج وطرق تدريس العلوم)، وتعديلها وفق مقترحاتهم، وقد تلخصت آراء المُحكمين فيما يلي:

إمكانية تحقيق أهداف الوحدة المقترحة، وارتباط المحتوى بالأهداف، وملاءمة تنظيم محتوى الوحدة لمدخل محاكاة الطبيعة، وتسلسل أفكاره بطريقة تتناسب مع المادة التعليمية، وإعادة صياغة بعض الأهداف الواردة بالوحدة المقترحة فى صورة أكثر وضوحًا، وتعديل صياغة بعض الأهداف السلوكية للوحدة التعليمية، وقد تم الأخذ بكل الملاحظات عند إعداد كتاب الطالب فى صورته النهائية.

هـ - التطبيق الاستطلاعي للوحدة المقترحة:

تم تجريب الصورة الأولية للوحدة المقترحة استطلاعيًا على مجموعة من طلاب التعليم الصناعي بمدرسة القاهرة الفنية الميكانيكية (الفترة المسائية)، وتم التعديل في ضوء تعليقات الطلاب واستفساراتهم.

و- الصورة النهائية للوحدة المقترحة:

تم التوصل إلى الصورة النهائية لكتاب الطالب المتضمن الوحدة المقترحة لتنمية الوعي بالنفايات الإلكترونية في ضوء مدخل محاكاة الطبيعة، وتكونت

الوحدة من خمسة دروس، ويشتمل كل درس على الأهداف الإجرائية، وكذلك بعض الأنشطة التعليمية الفردية أو الجماعية داخل حجرة الدراسة أو خارجها أو بالمنزل حيث تم تضمين أوراق العمل في كتاب الطالب.

ز- إعداد دليل المعلم:

فى ضوء أدبيات البحث وتوجيهات السادة المحكمين أثناء التحكيم على كتاب الطالب فى الوحدة المقترحة، تم إعداد دليل المعلم فى الوحدة المقترحة، متضمنًا العناصر التالية:

١. مقدمة الوحدة: وهى تعرض فلسفة الوحدة وأهميتها وسبب اختيار موضوعاتها.
٢. الأهداف العامة للوحدة.
٣. طرق واستراتيجيات التدريس المقترح استخدامها لتدريس الوحدة، وشملت: العمل في مجموعات صغيرة، والعصف الذهني، وبعض نماذج البنائية.
٤. الخطة الزمنية لتدريس الوحدة.
٥. تكنولوجيا التعليم اللازمة لكل درس واعتمد أغلبها على عروض الكمبيوتر والأفلام التعليمية.
٦. الأنشطة التعليمية وتنوعت من العمل فرادى أو في مجموعات داخل حجرة الدراسة أو خارجها.
٧. عرض بعض المراجع التى يمكن للمعلم استخدامها أو الرجوع إليها لإثراء معلوماته حول موضوعات الوحدة، وتنوعت هذه المراجع ما بين مراجع تربوية وأكاديمية.

وبذلك تم الإجابة عن التساؤل الثاني للبحث:

التساؤل الثالث: ما أثر استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في تنمية أبعاد الوعي (المعرفي- السلوكي- الوجداني) بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي؟

تتضمن إجراءات الإجابة عن التساؤل الثالث ما يلي:

أولا: إعداد صورة الوحدة في النفايات الإلكترونية بأسلوب السرد: والتي ستطبق على طلاب المجموعة الضابطة، حيث تم عرض نفس المعلومات العلمية حول النفايات الإلكترونية وتناولها من حيث تعريفها ومصادرها وأخطارها وطرق التخلص الآمن منها، وتضمنت الوحدة أنشطة تعلم متنوعة ما بين الفردية

والجماعية، وتم استخدام طرق واستراتيجيات تدريس مشابهة لما تم استخدامه مع طلاب المجموعة التجريبية.

ثانيا: إعداد مقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الفني الصناعي من خلال:

١. تحديد الهدف من المقياس:

تقييم مستوى وعي طلاب التعليم الفني الصناعي بالنفايات الإلكترونية، لتحديد مستوى المعلومات والاتجاهات والسلوكيات لديهم.

٢. تحديد الأبعاد الرئيسة للمقياس ومحاوره:

بناءً على الإجراء المسحي للبحوث والرسائل والمراجع العلمية، والمقاييس المرتبطة بالوعي البيئي، وفي ضوء التعريف الإجرائي للوعي بهذا البحث، تم التوصل إلى ثلاثة أبعاد رئيسة بما يحقق الهدف من المقياس، وهذه الأبعاد هي:

- المعلومات والمعارف والحقائق المرتبطة بالنفايات الإلكترونية (بُعد معرفي).
- السلوك الإيجابي، وإصدار حكم على المواقف المرتبطة بالنفايات الإلكترونية (بُعد سلوكي).
- الاتجاه نحو النفايات الإلكترونية (بُعد وجداني).

كما تم تحديد محاور المقياس، وتمثلت في أربعة محاور هي:

مفهوم النفايات الإلكترونية، ومصادر النفايات الإلكترونية، ومخاطر النفايات الإلكترونية وأضرارها، كيفية التعامل مع النفايات الإلكترونية والتخلص الآمن منها.

٣. تحديد أسس تصميم المقياس:

تمت مراعاة ما يلي:

- تضمين المقياس معلومات متناسبة مع مستوى نضج طالب التعليم الفني الصناعي، وخبرته.
- تم استخدام نوعين من الأسئلة: الاختيار من متعدد والأسئلة المتدرجة الثلاثية (مقياس ليكرت).
- تضمين المقياس بعض المواقف الأدائية؛ حيث إن المكون المعرفي والمكون الوجداني للوعي يتفاعلان بحيث يشكلان السلوك الإيجابي للفرد.
- تجنب طرح الأسئلة المرشدة نحو إجابة معينة.
- تجنب طرح أسئلة شخصية.

- تجنب طرح الأسئلة التي تتطلب إجراء حسابات ذهنية.
- تصنيف عبارات المقياس وفقًا لنوعية الأسئلة في محاور دون وضع عناوين لها؛ حتى لا ترشد المستجيب للإجابة.
- توزيع العبارات التي تمثل كل محور من المحاور توزيعًا عشوائيًا حتى لا يخمن المستجيب الإجابة من خلال موقعها في محور بعينه.
- استخدام المقياس التدريجي عند قياس الاتجاه، والأسئلة المغلقة أو الاختيارية التي تتضمن اختيار جواب واحد من الإجابات المتوقعة عند قياس الجوانب المعرفية والسلوكية.

٤. إعداد الصورة الأولية للمقياس:

في ضوء ما سبق تم إعداد مقياس اشتمل على (٦٠) مفردة تم توزيعها على ثلاثة (أبعاد):

- **البعد المعرفي:** اشتمل على (٢٤) مفردة.
- **البعد السلوكي** : اشتمل على (٢٠) مفردة.
- **البعد الوجداني** : اشتمل على (١٦) مفردة.

كما أن هذه المفردات موزعة على المحاور الأربعة كما يلي:

المحور الأول: مفهوم النفايات الإلكترونية، وقد تكوّن من (١٠) مفردات.

المحور الثاني: مصادر النفايات الإلكترونية، وأسباب المشكلة، وقد تكوّن من (١٦) مفردة.

المحور الثالث: مخاطر النفايات الإلكترونية وأضرارها، وقد تكوّن من (١٦) مفردة.

المحور الرابع: كيفية التعامل مع النفايات الإلكترونية، والتخلص الآمن منها، تكوّن من(١٨) مفردة

٥.تقدير درجات مفردات المقياس:

تم استخدام مقياس ليكرت ذي التدريج الثلاثي للاستجابة على فقرات المقياس في البعد الوجداني، واستخدمت الاستجابات موافق: وأعطيت ثلاث درجات، وموافق إلى حد ما: درجتين، وغير موافق: درجة واحدة وذلك في حالة المفردات الموجبة، أما فيما يتعلق بالمفردات السالبة في هذا البُعد، فقد أعطيت (١) لموافق، و(٢) لموافق إلى حد ما، و(٣) لغير موافق.

أما بالنسبة للبُعدين المعرفي والسلوكي، فقد تم استخدام مفردات الاختيار من متعدد لتحديد موقف الطالب عند إصدار الحكم واتخاذ القرار في بعض المواقف البيئية المرتبطة بالنفايات الإلكترونية، بحيث يحصل المستجيب على درجة واحدة لاختيار الإجابة الصحيحة.

وقد تم تصنيف مجمل المتوسطات الحسابية لدرجات المستجيبين إلى فئات لتحديد مستوى الوعي بالنفايات الإلكترونية وفقًا للأبعاد المعرفية والسلوكية والوجدانية، كما يوضحها جدول(٣) التالي:

البُعد (المكون) المعرفى/ البعد السلوكى		البُعد (المكون) الوجداني		المستوى العام للوعى البيئى	
مدى الفئة	الوصف	مدى الفئة%	الوصف	مدى الفئة%	الوصف
٧٠ % فأعلى	٣ درجات من الوعي	٣.٠٠- ٢.٠٠	٣ درجات من الاتجاه	٧٠ % فأعلى	٣ درجات من الوعي
١٠٠%-٩٠%	وعي مرتفع	٣.٠٠- ٢.٦٧	اتجاه إيجابي مرتفع	٩٠% فأعلى	مرتفع
٨٩%-٨٠%	وعي فوق المتوسط	٢.٦٦- ٢.٣٤	اتجاه إيجابي فوق المتوسط	٨٩%- ٨٠%	فوق المتوسط
٧٩%-٧٠%	وعي متوسط	٢.٣٣- ٢.٠٠	اتجاه إيجابي متوسط	٧٩%- ٧٠%	متوسط
٦٩%-٦٠%	وعي ضعيف	١.٩٩- ١.٥٠	اتجاه إيجابي ضعيف	٦٩%- ٦٠%	ضعيف
٥٩% فأقل	وعي متدن	١.٤٩ - ١	اتجاه سلبي	٥٩% فأقل	متدن

٦. صدق وثبات المقياس:

تم التحقق من صدق وثبات المقياس بإجراء كلٍ من:

٦-١- صدق المقياس:

للتحقق من الصدق الظاهري للأداة تم عرضها على مجموعة من المتخصصين في مجال بناء مقاييس الوعي، وكذلك في مجال التربية (ملحق١) لإبداء الملاحظات والاقتراحات المتعلقة بها من حيث الصياغة اللغوية للفقرات، وصحة المعلومات العلمية الواردة فيها، وكان عدد فقراتها (٦٠) فقرة في صورتها الأولية، وفي ضوء آراء المحكمين تم حذف ثلاث فقرات، وتعديل الصياغة اللغوية لبعض الفقرات، وأصبح المقياس بصورته النهائية مكونًا من (٥٧) فقرة.

٦-٢- ثبات المقياس:

جدول (٤) معامل ثبات المقياس

وللتحقق من ثبات المقياس تم تطبيقه استطلاعيًا على مجموعة الطلاب بمدرسة القاهرة الفنية الميكانيكية (الفترة المسائية)، وإيجاد معامل ثبات الاتساق الداخلي بطريقة كرونباخ جدول (٤) وتبين بأنه ٠.٨٠٧ بالنسبة لأبعاد الوعي بجوانبه المختلفة: المعرفي والسلوكي والوجداني، وهو معامل ثبات مناسب.

N of Items عدد العبارات	Cronbach's Alpha معامل ألفا كرونباخ
٥٧	٠.٨٠٧

أما بالنسبة لمعامل ثبات الاتساق الداخلي لمختلف محاور مقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية، يبين جدول (٥) التالي: معامل الثبات لأداة البحث بكافة أبعاده، ومجمل عبارات الأداة.

جدول (٥)
معاملات الثبات بطريقة ألفا كرونباخ لأداة البحث وأبعادها

البُعد	عدد الفقرات	معامل ألفا	المحور	عدد الفقرات	معامل ألفا
البُعد المعرفي	٢١	٠.٦١	مفهوم النفايات الإلكترونية	٩	٠.٥٩
			مصادر النفايات الإلكترونية	١٥	٠.٥١
البُعد السلوكي	٢٠	٠.٥٩	مخاطر واضرار النفايات الإلكترونية	١٥	٠.٥٥
البُعد الوجداني	١٦	٠.٥٥	التعامل مع النفايات الإلكترونية	١٨	٠.٦٠
الأداة ككل	**٥٧**	**٠.٦٢**	**الوعي العام**	**٥٧**	**٠.٦٤**

يتضح من الجدول (5) أن معامل الارتباط (ألفا كرونباخ) تراوح بين (٠.٥١ – ٠.٦٤)، وهو ما يدل على علاقة ارتباط موجبة قوية بين محاور المقياس المختلفة وأبعاده.

٧. **الصورة النهائية للمقياس:**

تم التوصل إلى الصورة النهائية لمقياس وعي طلاب التعليم الفني الصناعي بالنفايات الإلكترونية، وتضمن قسمين، القسم الأول: يتضمن البيانات التعريفية للمستجيب، والقسم الثاني: والذي يشمل المقياس ذا التدريج الثلاثي، ثم عبارات الاختيار من متعدد، مع مراعاة توزيع كافة عبارات المحاور دون ترتيب على جميع المقياس، ومن ثم فقد أصبح المقياس جاهزًا للتطبيق على عينة البحث في صورته النهائية، والدرجة النهائية للمقياس تساوي "٨٩" درجة.

ثالثا– إجراءات تجربة البحث:

تم تطبيق تجربة البحث وفقاً للخطوات التالية:

- اختيار مجموعتين من طلاب الصف الثاني بالتعليم الفني الصناعي (فصلي ١/٢ و٣/٢) بمدرسة القاهرة الفنية الميكانيكية بنين (الفترة الصباحية) محافظة القاهرة.
- التأكد من تكافؤ المجموعتين من حيث:
  - **المستوى الاقتصادى والاجتماعى:**

حيث إن طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة من مدرسة صناعية واحدة؛ مما يمثل بيئة اجتماعية متقاربة؛ فمن المتوقع أن الحالة الاقتصادية والاجتماعية تكاد تكون متقاربة.

  - **المستوى التحصيلي:**

- عدم وجود راسبين في هذين الفصلين (عينة البحث).
- المستوى الدراسي لطلاب المجموعتين متقارب.

وتم أيضًا التحقق من تكافؤ المجموعتين بالتحليل الإحصائي لدرجات طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق القبلى لمقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية:

جدول (٦)
نتائج التطبيق القبلي لمقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية لمجموعتي البحث

المجموعة	العدد ن	المتوسط م	مربع الانحراف المعيارى ع^2	قيمة (ت)	الدلالة
الضابطة	٣٥	٤٦.٣	٣٢.١٧	٠.٥٢	غير دالة إحصائيا
التجريبية	٣٥	٤٧.٤	٣٣.٢١		

ويتضح من الجدول أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين مما يعنى تكافؤهما في الاستعداد للتحصيل الدراسي.

- القيام بتطبيق الوحدة المقترحة القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة على مجموعة البحث التجريبية، وتطبيقها بأسلوب السرد على المجموعة الضابطة، واستغرق التطبيق فترة ستة أسابيع بواقع حصتين أسبوعيا أو ثلاث وفقًا لأوقات الطلاب المتاحة.
- التطبيق البعدي لمقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية.
- رصد النتائج وإجراء المعالجات الإحصائية.

أهم نتائج البحث وتفسيرها:

تم استخدام النسب المئوية للمتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والرتبة لأداء أفراد العينة على مفردات المقياس؛ حيث يتم تحويل الدرجات الخام، والمتوسطات الحسابية لاستجابات أفراد عينة البحث إلى نسبة مئوية لسهولة التعامل الإحصائي، وإجراء المقارنات الإحصائية المناسبة باستخدام برنامج SPSS لمعالجة نتائج البحث إحصائيًا، وكانت النتائج على النحو التالي:

أ- **لاختبار صحة الفرض الأول للبحث،** والذى ينص على أنه: "يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسط درجات طلاب التعليم الفني الصناعي (عينة البحث) المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية، وذلك للدرجة الكلية للمقياس لصالح المجموعة التجريبية"، بالإضافة لحساب **قيمة** $(\eta^2) = \frac{t^2}{t^2 + (N_1 + N_2 - 2)}$ لحساب حجم التأثير، تم رصد بيانات الجدول (٧) التالى:

جدول (٧)
نتائج المعالجة الإحصائية لدرجات طلاب المجموعتين التجريبية والضابطة في القياس البعدى

الفئة	العدد	% المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة (ت) t	η^2	Sig	مستوى الدلالة
الضابطة	35	٧٨.٨٦	٨.٤٧	**٩.٥٣	٠.٥٧	٠.٠٠٠٩	دالة إحصائياً عند مستوى ٠.٠١
التجريبية	35	٨٥.٥٧	٨.٦٢				

ومن جدول (٧) يتضح وجود فروق دالة إحصائيًا بين متوسط درجات طلاب المجموعة التجريبية ومتوسط درجات المجموعة الضابطة فى التطبيق البعدى لمقياس الوعي العام بالنفايات الإلكترونية عند مستوى (٠.٠١) وذلك لصالح المجموعة التجريبية، **وهذا يثبت صحة الفرض الأول**، وأن حجم تأثير مدخل محاكاة الطبيعة (المتغير المستقل) على نمو الوعي العام (المتغير التابع) للمجموعة التجريبية يعتبر مرتفعًا (η^2 = ٠.٥٧) والتي تمثل الدليل على الأثر الفعلي للمتغير المستقل على المتغير التابع، وذلك مقارنةً باستخدام أسلوب السرد عند دراسة الوحدة المقترحة للمجموعة الضابطة.

- وأوضحت النتائج أن مستوى الوعي العام بأبعاده الثلاثة: المعرفي، والسلوكي، والوجداني لطلاب المجموعة الضابطة بلغ (٧٨.٨٦%)، وهو يشير إلى مستوى وعي متوسط- يقع في مدى الفئة (٧٩%-٧٠%)، بعد أن كان مستوى الوعي لديهم متدنيًا في التطبيق القبلي؛ حيث بلغ (٤٦.٣%)الذي يتم تصنيفه بمستوى وعي ضعيف، وذلك بعد دراستهم للوحدة المقترحة للنفايات الإلكترونية بأسلوب السرد لتنظيم المحتوى التعليمي، أما بالنسبة للمجموعة التجريبية التي درست نفس الوحدة المقترحة القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة؛ فقد بلغت النسبة المئوية لمتوسط درجات طلابها(٨٥.٥٧%) الذي يقع في مدى الفئة (٨٩%-٨٠%) وهو ما يتم تصنيفه ضمن مستوى وعي فوق المتوسط، وذلك بعد أن كان مستوى الوعي لديهم متدنيًا في التطبيق القبلي للمقياس؛ حيث بلغ(٤٧.٤%) الذي يتم تصنيفه بمستوى وعي ضعيف، وبالتالي يُلاحظ أن هناك فروقًا بين استجابات أفراد عينة البحث من المجموعتين الضابطة والتجريبية، ورغم نمو

الوعي العام بالنفايات الإلكترونية لديهما، إلا أن مدخل محاكاة الطبيعة المستخدم عند تنظيم المحتوى المطبق على المجموعة التجريبية قد أثر تأثيرًا إيجابيًا، مما أدى إلى تفوق طلابها بفروق دالة إحصائيًا.

ب-**لاختبار صحة الفرض الثانى للبحث**، والذى ينص على أنه:"يوجد فرق دال إحصائياً بين متوسط درجات المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية، لكل بُعد من أبعاد المقياس لصالح المجموعة التجريبية"، كما يتضح من الجدول التالي:

جدول (٨)

نتائج المعالجة الإحصائية لدرجات الطلاب فى القياس البعدى لكل بعد من أبعاد مقياس الوعي بالنفايات الإلكترونية لكلٍ من المجموعتين التجريبية والضابطة.

البعد		% للمتوسط الحسابي	قيمه (ت)	Sig	الدلالة
البُعد الوجداني	الضابطة	٦٤.٦%	-١.٩٠٩	**٠.٠٠٢	دالة عند مستوى ٠.٠١
	التجريبية	٨١.٣٤%			
البُعد المعرفي	الضابطة	٧٣.٤٦%	٣.٧١٠	*٠.٠٣٤	دالة عند مستوى ٠.٠٥
	التجريبية	٨٧.١١%			
البُعد الأدائي	الضابطة	٦١.٢٩%	٢.٠٧٠	٠.٧١	غير دالة
	التجريبية	٦٤.٧١%			

من الجدول (٨) يتضح ما يلي:

- لقد أوضحت النتائج أن مستوى البُعد الوجداني للوعي لطلاب المجموعة الضابطة بلغ (٦٤.٦٠%)، وهو يقع في مدى الفئة (٦٩%-٦٠%)، وهو ما يمثل اتجاهًا إيجابيًا ضعيفًا، أما بالنسبة للمجموعة التجريبية التي درست نفس الوحدة المقترحة القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة؛ فقد بلغت النسبة المئوية لمتوسط درجات طلابها في البعد الوجداني (٨١.٣٤%) الذي يقع في مدى الفئة (٨٩%- ٨٠%) وهو ما يتم تصنيفه باتجاه إيجابي فوق المتوسط، وبالتالي يُلاحظ أن هناك فروقًا دالة إحصائيًا بين استجابات أفراد عينة البحث من المجموعتين الضابطة والتجريبية لصالح طلاب المجموعة التجريبية التي درست وحدة النفايات الإلكترونية القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة، حيث أثبتت الدراسات في هذا المجال فعالية هذا المدخل على تنمية الاتجاهات البيئية.

- وكذلك أوضحت النتائج أن مستوى البُعد المعرفي للوعي لطلاب المجموعة الضابطة بلغ (٧٣.٤٦%)، ويقع في مدى الفئة (٧٩%-٧٠%) وهو ما يمثل مستوى وعي معرفي متوسط، أما بالنسبة للمجموعة التجريبية التي درست نفس الوحدة المقترحة القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة؛ فقد بلغت النسبة المئوية لمتوسط درجات طلابها في البعد الوجداني(٨٧.١١%) الذي يقع في مدى الفئة (٨٩%- ٨٠%) وهو ما يتم تصنيفه بمستوى وعي معرفي فوق المتوسط، وبالتالي يُلاحظ أن هناك فروقًا دالة إحصائيًا عند مستوى ٠.٠٥ بين استجابات أفراد عينة البحث من المجموعتين الضابطة والتجريبية لصالح طلاب المجموعة التجريبية التي درست وحدة النفايات الإلكترونية القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة.
- وكذلك أوضحت النتائج أن مستوى البُعد السلوكي للوعي لطلاب المجموعة الضابطة بلغ(٦١.٢٩%)، يقع في مدى الفئة (٦٩%-٦٠%) وهو ما يمثل مستوى وعي أدائي ضعيف، أما بالنسبة للمجموعة التجريبية التي درست نفس الوحدة المقترحة القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة؛ فقد بلغت النسبة المئوية لمتوسط درجات طلابها في البعد الوجداني(٦٤.٧١%) الذي يقع في نفس مدى الفئة والمصنفة بمستوى وعي أدائي ضعيف، مما يؤكد عدم وجود فروق دالة إحصائيًا بين استجابات أفراد عينة البحث بعديًا من المجموعتين الضابطة والتجريبية.

ج. حجم التأثير لمجموعتين مترابطتين في تنمية الوعي بالنفايات الإلكترونية:

توجد بعض المقاييس الإحصائية التى تحدد حجم تأثير المتغير المستقل، على المتغير التابع لأنه يمكن أن يكون هناك فروق ذات دلالة إحصائية في التطبيق، ولكن حجم التأثير الذي يصف مقدار التباين الكلي في المتغير التابع، ومن هذه المقاييس "مربع إيتا: η^2 "التى يمكن من خلالها تحديد حجم التأثير كما يلى:

قيمة η^2 = ٠.٠١ ∴ حجم التأثير صغير.

قيمة η^2 = ٠.٠٦ ∴ حجم التأثير متوسط.

قيمة η^2 = ٠.١٤ ∴ حجم التأثير كبير.

- لحساب مقدار حجم تأثير استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في تنمية الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب التعليم الثانوى الصناعى؛ تمت المعالجة الإحصائية لقيم (ت)، وحساب مربع إيتا كما يتضح من جدول (٩)التالى:

جدول (٩)
قيمة "η^2" ومقدار حجم التأثير على
(تنمية الوعي العام بالنفايات الإلكترونية).

التصميم التجريبي	الفئة	العدد	% للمتوسط	قيمه (ت) t	مستوى الدلالة	قيمة (η^2)	حجم التأثير
استخدام مدخل محاكاة الطبيعة	التجريبية (قبلى)	35	٤٧.٤	٧.٥١**	٠.٠٠	٠.٦٢	كبير
	التجريبية(بعدى)		٨٥.٥٧				
استخدام أسلوب السرد	الضابطة(قبلى)	35	٤٦.٣	١.٢٢**	٠.٠٠	٠.٠٤	متوسط
	الضابطة(بعدي)		٧٨.٨٦				

يتضح من جدول(٩) أن **حجم تأثير** استخدام مدخل محاكاة الطبيعة على تنمية الوعي العام بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب المجموعة التجريبية **كبير**، وذلك بعد دراسة الوحدة المقترحة القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة، حيث أن قيمة(η^2 = ٠.٦٢)، وهو ما يشير إلى أن(٦٢%) من التغير الحادث في المتغير التابع (الوعي العام بالنفايات الإلكترونية) يرجع إلى استخدام مدخل محاكاة الطبيعة، بينما حجم تأثير استخدام مدخل أسلوب السرد على تنمية الوعي العام بالنفايات الإلكترونية لدى طلاب المجموعة الضابطة متوسط، وذلك مع وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين التطبيق القبلي والبعدي لصالح التطبيق البعدي وذلك بعد دراسة الوحدة المقترحة ولكن باستخدام أسلوب السرد، مما يؤكد تنمية الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى عينة البحث من طلاب التعليم الفني الصناعي بمجموعتيه الضابطة والتجريبية، ولكن حجم تأثير مدخل محاكاة الطبيعة كان أقوى تأثيرًا.

تفسير النتائــج:

تشير النتائج إلى تفوق طلاب المجموعة التجريبية التي درست الوحدة المقترحة القائمة على مدخل محاكاة الطبيعة على طلاب المجموعة الضابطة التي درست نفس الوحدة المقترحة القائمة على أسلوب السرد، ويمكن تفسير ذلك كالآتي:

- إن نمو الوعي العام بالنفايات الإلكترونية للطلاب عينة البحث في التطبيق البعدي بعد دراسة الوحدة المقترحة في النفايات الإلكترونية يؤكد أهمية تنمية الوعي بالنفايات، وكيفية التعامل معها من خلال المناهج التعليمية، وهو ما يتفق ودراسة دافيس (Davis, 2008)، وأيضًا أهمية التعليم والتدريب لتنمية الوعي البيئي، وأنه أهم من مختلف الوسائل الأخرى، بل أقوى تأثيرًا من سن القوانين وتطبيقها، فنشر الوعي من خلال التعليم أهم من تطبيق القوانين بشكل صارم، وهذا ما أكدته دراسة أنابيلا (Anabela, 2012).
- إن استخدام مدخل محاكاة الطبيعة هدف إلى تدريب طلاب المجموعة التجريبية على حل المشكلات البيئة من خلال دراسة الأساليب المتنوعة لمحاكاة الطبيعة وكيفية توظيفها في إيجاد حلول بديلة للمشكلات البيئية، وهو ما يتفق ودراسة يورتكوران (Yurtkuran, 2013) التي هدفت إلى تدريب طلاب الهندسة المعمارية في برنامجها التعليمي على استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في تدريس منهج التصميم، وكيفية إيجاد البدائل لمشكلات التصميم استنباطًا من الطبيعة.
- يعتمد مدخل محاكاة الطبيعة على مبدأ التحسين بدلاً من التعظيم، وبذلك تم تعلم طلاب المجموعة التجريبية لتحقيق الكثير باستخدام مجهود أقل، والعمل على تقليل النفايات الناتجة من استخداماتهم الشخصية، وبالتالي نمو وعي سلوكي أفضل لدى الطالب.
- يتم دراسة نماذج الطبيعة وتقليدها من خلال مدخل محاكاة الطبيعة؛ حيث يتم استخدام مجموعة المبادئ والاستراتيجيات والقوانين الموجودة بالطبيعة للحكم على مدى مناسبة الاختراعات التكنولوجية المختلفة، ومن ثم تم تنمية الوعي البيئي لطالب المجموعة التجريبية بأهمية المنتجات صديقة البيئة، وإن كانت أقل في الإمكانيات، لأنهم غالبًا يقبلون على شراء واستبدال القديم وبيعه في سوق المستعمل – خاصة التليفون المحمول- مع ظهور كل موديل جديد.
- من خلال تدريس الوحدة المقترحة القائمة على محاكاة الطبيعة يتم تغيير السلوكيات في جميع مناحي الحياة مثل طرق: صناعة المواد، وتخزين الطاقة، والعلاج، وتخزين المعلومات، وإدارة الأعمال، وذلك بغرض استدامة البيئة وليس مجرد استغلالاً لمواردها، وهذا يتفق مع دراسة بانيوس (Benyus,

2002)، وبالتالي يتم تدعيم مبدأ تغيير سلوك الطالب لصالح البيئة، وحسن التعامل مع النفايات الإلكترونية.

- يعمل مدخل محاكاة الطبيعة على نزع حالة الإحباط التي يشعر بها المتعلمون عند دراستهم لمشكلات البيئة والتي ثبتت في الدراسات البيئية لأنه مدخل قائم على تقديم الحلول، وهذا يتفق مع دراسة كلٍ من واطسون (Watson, 2004) وستابليس (Staples, 2005) وميللر (Miller, 2010)، وبالتالي تسهم في تنمية البعد الوجداني والاتجاه الإيجابي نحو السلوكيات الإيجابية في التعامل مع النفايات الإلكترونية.
- يحقق مدخل محاكاة الطبيعة هدفين في آنٍ واحد هما التعلم حول المشكلات البيئية التي تواجه الإنسان، وإيجاد حلول إجرائية لهذه المشكلات، وبالتالي تم إدراك مصادر النفايات الإلكترونية، ومخاطرها؛ بما أدى إلى تغير المواقف الأدائية لأفراد العينة في التعامل مع هذه النفايات، وطرق التخلص الآمن منها.
- أحد طرق التأكيد على أهمية التعلم من أجل استدامة البيئة، واحترام المتعلم للبيئة، وبالتالي يتحول اهتمامه إلى القضايا البيئية، وأهمية إعادة التدوير، حيث إن معظم أفراد العينة كانوا يجهلون الرموز الخاصة بتدوير النفايات وأهمية هذه العملية للبيئة، وهذا ما اتفق مع نتائج دراسة (شفيقة العوضي، ٢٠٠٩)، ومن خلال غرس مفهوم الاستدامة لدى المتعلمين بواسطة الوحدة المقترحة ومحاكاة الطبيعة يزيد احترام المتعلم للبيئة بعد تعلمه منها؛ مما يجعله أكثر حرصًا على حمايتها.

التوصيات:

١- استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في تدريس القضايا والعلوم البيئية.
٢- الاهتمام بنشر الوعي المجتمعي بمخاطر النفايات الإلكترونية.
٣- الاهتمام بنشر الوعي بين أفراد المجتمع بطرق التخلص الآمن من النفايات الإلكترونية.
٤- الحرص على تفعيل التشريعات الخاصة بطرق التعامل مع النفايات الإلكترونية.

٥- العمل على تعزيز مستوى الوعي حول النفايات الإلكترونية لدى طلاب المرحلة الثانوية بمختلف أنواعها، بشكل أكبر في ضوء تزايد المخاطر الناتجة عن هذه المشكلة.
٦- تنمية معلومات الطلاب بمشكلة النفايات الإلكترونية في ظل التقدم التكنولوجي العالمي، وما سوف يترتب عليه من أخطار، وأضرار نتيجة تراكم هذه المخلفات الإلكترونية في مصر.

مقترحات البحث:

١- أثر استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في تدريس مادة العلوم البيئية بالمرحلة الثانوية العامة.
٢- أثر استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في تنمية مهارات التفكير المختلفة ومنها حل المشكلات إبداعيًا.
٣- أثر استخدام مدخل محاكاة الطبيعة في تنمية بعض الجوانب الوجدانية تجاه البيئة.
٤- تقديم أنشطة إثرائية في المراحل الدراسية المختلفة لتنمية الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى المتعلمين.
٥- تقديم برامج لتنمية الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى فئات العاملين في قطاعات الصناعة.
٦- تقديم برامج لتنمية الوعي بالنفايات الإلكترونية لدى العاملين في مجال تجارة الأجهزة الإلكترونية.

المراجـــع

أولاً- المراجع العربية:

إبراهيم رزق وحش ومنال السيد يوسف (٢٠٠٨). برنامج مقترح لتنمية الوعي بالتعامل السليم مع المخلفات الصلبة من خلال منهجي العلوم والدراسات الاجتماعية لتلاميذ المرحلة الابتدائية. المؤتمر العلمي الثاني عشر للجمعية المصرية للتربية العلمية: التربية العلمية والواقع المجتمعي التأثير والتأثر، دار الضيافة، جامعة عين شمس، ٢-٤ أغسطس، ص ص ١٨٧-٢٢٨.

إبراهيم محمد محمد شعير (٢٠٠١). الوعي المائي لدى الطلاب المعلمين بكلية التربية "دراسة تقويمية". مجلة التربية العلمية، الجمعية المصرية للتربية العلمية، المجلد الرابع، العدد الرابع، ديسمبر، ص ص ٩-٤٦.

ألفت عيد شقير وزينب محمد حسن (٢٠٠٦). فعالية برنامج قيمي تقني قائم على التعلم الذاتي في التربية البيئية على تنمية المعرفة بالمشكلات ورفع درجة تمثل القيم وتنمية مهارات اتخاذ القرارات البيئية لدى الطالبات المعلمات تخصص العلوم بكلية التربية بالإحساء. المؤتمر العلمي العاشر للجمعية المصرية للتربية العلمية: التربية العلمية تحديات الحاضر ورؤى المستقبل، فندق المرجان، الإسماعيلية، ٣٠ يوليو-١ أغسطس ، المجلد الثاني، ص ص ٥٠٩-٥٦٣.

إلهام رفعت (٢٠١٠). الإدارة المتكاملة للمخلفات الإلكترونية والكهربية. ندوة تحت رعاية جمعية أصدقاء الجايكا، مركز التجارة العالمي، القاهرة، ٢٢ سبتمبر.

آمال سعيد سيد أحمد (٢٠٠٨). فعالية وحدة مقترحة في التربية البيئية لتنمية الوعي البيئي والمفاهيم البيئية لطالبات الأقسام العلمية في كلية التربية بأبها. مجلة التربية العلمية، الجمعية المصرية للتربية العلمية، المجلد الحادي عشر، العدد الرابع، ديسمبر، ص ص ٢٠٩-٢٢٩.

أمل علام عبد الجليل (٢٠٠٣). وحدة دراسية مقترحة في مادة العلوم لتنمية الوعي بمشكلة النفايات لدى تلاميذ الصف الخامس الابتدائي. رسالة ماجستير، كلية البنات، جامعة عين شمس.

إيمان عبد الغني عشماوي عزام (٢٠٠٣). تنمية الوعي البيئي لدى طلاب التعليم الفني التجاري باستخدام المناظرات. رسالة ماجستير، معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس.

برنامج الأمم المتحدة (٢٠١٠): توقعات البيئة للمنطقة العربية، البيئة من أجل التنمية ورفاهية الإنسان: برنامج الأمم المتحدة للبيئة.

الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (٢٠١٠). التقرير الإحصائى البيئى لجمهورية مصر العربية. متاح في: http://www.capmas.gov.eg/pages_ar.aspx?pageid=212

حسام الدين محمد مازن (٢٠٠٦).التربية العلمية لتنمية الوعي المجتمعي للوقاية من القمامات الإلكترونية المؤتمر العلمي العاشر للجمعية المصرية للتربية العلمية: التربية العلمية تحديات الحاضر ورؤى المستقبل، فندق المرجان، الإسماعيلية، ٣٠يوليو-١أغسطس، المجلد الأول، ص ص٢٩٧-٣٢٠.

حمد بن عبدالله اللحيدان (٢٠١١).الوعي والثقافة العلمية تعززهما علوم محاكاة الطبيعة. جريدة الرياض، العدد ١٥٥٤٤ ، ١٤ يناير.

خلود بنت سليمان آل الشيخ (٢٠٠٨). فعالية وحدة في التربية البيئية قائمة على نموذج أيكنهيد في تنمية الوعي بالقضايا المرتبطة بالثروة السمكية كما تعكسها الصحافة السعودية لدى طالبات كلية التربية للبنات بجدة. مجلة التربية العلمية، الجمعية المصرية للتربية العلمية، المجلد الحادي عشر، العدد الثالث، سبتمبر، ص ص ٦٩-٩٥.

سعد بن ناصر محمد الزهراني (١٤٢٩هـ/ ٢٠٠٨). درجة وعي طلاب المرحلة الثانوية بمكة المكرمة بأضرار النفايات الإلكترونية. رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة أم القرى.

شعيب جبريل(٢٠١٠):المخلفات الإلكترونية... قنبلة بيئية مسمومة، منتدى الحصاحيصا الصحى.

شفيقة عبد الحميد العوضي ومحمد داود الأحمد (٢٠٠٩). قياس درجة الوعي البيئي لدى المجتمع الكويتي حول إعادة تدوير و تصنيع النفايات الورقية في دولة الكويت: مؤتمر ومعرض الكويت الثاني لإدارة النفايات، فندق راديسون ساس، الكويت١٤- ١٦ أبريل، متاح في:http://www.kuwaitwaste.com/archive/index.php

ليال صقر (٢٠١٠).النفايات الإلكترونية كيف نتخلص منها؟ مجلة الجيش العدد ٣٠٣ أغسطس، لبنان، متاح في:
http://www.lebarmy.gov.lb/article.asp?ln=ar&id=25849

ليلى صالح زعلان وآخران (٢٠٠٧). قياس الوعي البيئي لدى سكان مدينة البصرة نحو الملوثات الكيميائية. قسم بحوث ومقالات، شبكة البصرة الثقافية، متاح في:
http://www.basrahcity.net/pather/report/basrah/94.html

ليلي عبد الله حسام الدين (٢٠١١). تدريس بعض القضايا البيئية بالجدل العلمي لتنيمة القدرة على التفسير العلمي والتفكير التحليلي لطلاب الصف الأول الثانوي. مجلة التربية العلمية، الجمعية المصرية للتربية العلمية، المجلد الرابع عشر، العدد الرابع، أكتوبر، ص ص ١٤١-١٨٤.

محمد عبد العزيز أحمد (٢٠٠٩). تقويم منهج إدارة المشروعات الصغيرة في ضوء تنمية الوعي بالمشكلات والقضايا البيئية في الصف الثالث الثانوي التجاري. رسالة ماجستير، معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس.

المعتز بالله زين العابدين محمد (٢٠١٢). برنامج مقترح في ضوء القضايا البيئية المستحدثة المرتبطة بتطبيقات علم الكيمياء لتنمية مهارات اتخاذ القرار حيالها والمكون السلوكي للاتجاهات العلمية لدى طلاب المرحلة الثانوية. مجلة دراسات في المناهج وطرق التدريس، الجمعية المصرية للمناهج وطرق التدريس، العدد ١٧٧، ديسمبر، الجزء الأول، ص ص ١٣-٥٩.

مؤتمر الأطراف (٢٠٠٦). اتفاقية بازل بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود، الاجتماع الثامن، نيروبي، ٢٧ تشرين الثاني/نوفمبر – ١ كانون الأول/ديسمبر

نوال عبد الفتاح فهمي (٢٠٠٧). أثر استخدام نموذج بايبي البنائي في تنمية الوعي بالمخاطر البيئية لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي في مادة العلوم. مجلة التربية العلمية، الجمعية المصرية للتربية العلمية، المجلد العاشر، العدد الثالث، سبتمبر، ص ص ١٦٣-٢١٤.

هدى عبد الحميد عبد الفتاح (٢٠٠٤). دور برنامج إعداد معلم العلوم في كليات التربية في تنمية الوعي بالقضايا البيئية المعاصرة في ضوء المستويات

المعيارية لمادة العلوم. مجلة التربية العلمية، الجمعية المصرية للتربية العلمية، المجلد السابع، العدد الأول، مارس، ص ص ١١١-١٧٤.

وزارة الدولة لشئون البيئة (٢٠٠٦)، تقرير حول: الجانب البيئي للصناعات الإلكترونية والكهربائية ووسائل إعادة تدوير مخلفاتها والتخلص الآمن منها، الإدارة المركزية للإعلام والتوعية البيئية. متاح في:
http://www.eeaa.gov.eg/arabic/info/report_details.asp

اليونسكو (٢٠٠٥): موقع اليونسكو الخاص بالتعليم من أجل التنمية المستدامة، متاح في: http:// www.unesco.org/education/desd

ثانيًا- المراجع الأجنبية:

Anabela Botelho :The impact of education and training on compliance behavior and waste generation in European private healthcare facilities, Journal of Environmental Management, Volume 98, 15 May 2012, Pages 5-10

Athavale, Aditi (2011). Mathematics in nature. Vol.4, Issue 4, pp 5-8.

Benyus, J. (2002). Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. New York: Perennial.

Bernstad, Anna and others (2011). Property-close source separation of hazardous waste and waste ectrical and electronic equipment– A Swedish case study. Waste Management, Mar, Vol. 31 Issue 3, pp536-543.

Bhure, Pallavi K. and others (2011). Applications to Fast and Fuel Efficient Transportation, Vol.4, Issue 4, pp 30-٣٥.

Biomimicry Education Network (BEN), available at: http://ben.biomimicry.net

Biomimicry3.8 (2102).Biomimicry Design Approaches, A Guide for k-12 Teachers. available at http://biomimicry.net

Chi, Xinwen and others (2011). Informal electronic waste recycling: A sector review with special focus on China. Waste Management, Apr., Vol. 31 Issue 4, pp731-742.

Dahroug, Said Mahmoud (2009). General Assessment of E-waste Problem InEgypt. 2nd Kuwait Waste Management Conference and Exhibition 14th-16th April, Radisson SAS Hotel, Kuwait, available at:
http://www.kuwaitwaste.com/archive/papers/05.pdf

El Ahmar, Salma and others (2013). A Methodology for Computational Architectural Design Based on Biological Principles. eCAADe 2013 Coference:Biomimetics and Bio-Inspiration - Volume 1 - Computation and Performance , September 18th-20th , Netherlands, pp 539-548.

G. Davis: Formulating an effective higher education curriculum for the Australian waste management sector, Waste Management, Volume 28, Issue 10, 2008, Pages 1868-1875.

Huo, Xia and others (2007). Elevated Blood Lead Levels of Children in Guiyu, an Electronic Waste Recycling Town in China . Environmental Health Perspectives, VOL. 115, No. 7, July, pp 1113-1117.

Liberty, Mweeba& Wu, Hongjuan (2010). Greening our Future and Environmental Values: An Investigation of Perception, Attitudes and Awareness of Environmental Issues in Zambia. Environmental Values, Nov., Vol. 19 Issue 4, pp485-516.

Ma, Jing and Others (2011). Elevated Concentrations of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans and polybrominateddiphenyl ethers in hair from workers at an electronic waste recycling facility in Eastern China. Journal of Hazardous Materials, Feb, Vol. 186 Issue 2/3, pp1966-1971.

Miller, James(2010). Biomimicry in Engineering Education. Proceedings of the Canadian Engineering Education

Association(CEEA) 1st Conference, Queen's University Kingston, Ontario, Canada, June 7-9. Available at: http://library.queensu.ca/ojs/index.php/PCEEA/issue/view/

National Research Council (2012). Research Frontiers in Bioinspired Energy: Molecular-Level Learning from Natural Systems: A Workshop Summary.Washington, DC: The National Academy of Sciences.

Oh, SoonHee& Thompson, Shirley (2006) Poster, Do Sustainable Computers Result from Design for Environment and Extended Producer Responsibility? Analyzing E-Waste Programs in Europe and Canada. ISWA/NVRD World Congress 2006. Poster.

Saito, Akira (2011). Material design and structural color inspired by biomimetic approach. Science and Technology of Advanced Materials, 12, pp 1-13.

Schneiderman, Deborah & Freihoefer, Kara (2012). A pre- and post-evaluation of integrating sustainability curriculum by inserting Okala modules into an interior design materials and methods course. International Journal of Sustainability in Higher Education Vol. 13 No. 4, pp. 408-423

SelayYurtkuran, GözdeKırlı, YavuzTaneli:Learning from Nature: Biomimetic Design in Architectural Education, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 89, 10 October 2013, Pages 633-639

Staples, Hilary (2005). The Integration of Biomimicry as a Solution-Oriented Approach to the Environmental Science Curriculum for High School Students. Running Head: BIOMIMICRY IN ENVIRONMENTAL SCIENCE INSTRUCTION, ED490541

http://eric.ed.gov/?q=The+Integration+of+Biomimicry+as+a+Solution ,ED490541

Tsydenova, Oyuna; Bengtsson, Magnus (2011).Chemical Hazards Associated with Treatment of Waste Electrical and Electronic Equipment. Waste Management, Jan, Vol. 31 Issue 1, pp45-58.

Watson, Stephanie (2004). Learning from Nature. Implications, vol.02, Issue 04. Apr. available at www.informedesign.org/_news/apr_v02-p

White Mountainschool, available at http://www.whitemountain.org

Zari, Maibritt Pedersen (2007). Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability. Sustainable Building Conference, Auckland Paper number: 033. Available At: www.cmnzl.co.nz/assets/sm/.../033-PEDERSENZARI.pdf

Kristen Grant, and others, Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, The Lancet Global Health, In Press, Corrected Proof, Available online 30 October 2013.

Feng Wang, and others, Enhancing e-waste estimates: Improving data quality by multivariate Input–Output Analysis, *Waste Management*, *Volume 33, Issue 11*, *November 2013*, *Pages 2397-2407*