العنوان:	الإستعمالية: تحسين واجهة المستخدم/ خبرة المستخدم في التصميم من خلال تحديات ابتكارات المواد
المصدر:	مجلة التصميم الدولية
الناشر:	الجمعية العلمية للمصممين
المؤلف الرئيسي:	الجزار، محمود أحمد جودة
مؤلفين آخرين:	داود، مينا إسحق توفيلس(م. مشارك)
المجلد/العدد:	مج13, ع1
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2023
الشهر:	يناير
الصفحات:	37 - 56
رقم MD:	1345502
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
اللغة:	Arabic
قواعد المعلومات:	HumanIndex
مواضيع:	تكنولوجيا التصميم، التصميم الصناعي، الإستعمالية، التصميم التفاعلي
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/1345502

© 2025 المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو المنظومة.

للإستشهاد بهذا البحث قم بنسخ البيانات التالية حسب إسلوب الإستشهاد المطلوب:

إسلوب APA

الجزار، محمود أحمد جودة، و داود، مينا إسحق توفيلس. (2023). الإستعمالية: تحسين واجهة المستخدم/ خبرة المستخدم في التصميم من خلال تحديات ابتكارات المواد.مجلة التصميم الدولية، مج13, ع1 - 37 ، 56. مسترجع من http://search.mandumah.com/Record/1345502

إسلوب MLA

الجزار، محمود أحمد جودة، و مينا إسحق توفيلس داود. "الإستعمالية: تحسين واجهة المستخدم/ خبرة المستخدم في التصميم من خلال تحديات ابتكارات المواد."مجلة التصميم الدوليةمج13, ع1 (2023): 37 - 56. مسترجع من http://search.mandumah.com/Record/1345502

© 2025 المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو المنظومة.

الإستعمالية: تحسين واجهة المستخدم/خبرة المستخدم فى التصميم من خلال تحديات ابتكارات المواد

Usability: Improving UI/UX in Design by challenges of Materials Innovations

محمود أحمد جودة الجزار

أستاذ مساعد بقسم التصميم الصناعى، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بنها، mahmoud.algazar@fapa.bu.edu.eg

مينا إسحق توفيلس داود

مدرس بقسم التصميم الصناعى، كلية الفنون التطبيقية، جامعة دمياط، minaeshaq@du.edu.eg

ملخص البحث Abstract:

عندما يستخدم البشر المنتجات التفاعلية فإن أول ما يتفاعلون معه هو واجهة المستخدم، ودائماً ما يتم تصميم واجهة المستخدم/خبرة المستخدم UI/UX مع مراعاة الإستجابات المعرفية والأنماط السلوكية لدى المستخدمين؛ لكن تظل الأبحاث المتعلقة بتطور واجهة المستخدم UI وخبرة المستخدم UX لها الكثير من القيود المتعلقة بتنوع المواد المستخدمة، وكذلك تكنولوجيا الإنتاج الخاصة بها، وفى هذا البحث، يتم مناقشة فعلية لتصميم المنتجات الصناعية وواجهات تفاعل المستخدمين، وتطورها من الأشكال التقليدية وإجراء العديد من التحسينات عليها حتى وصولها إلى الشكل الديناميكى الجذاب، والذى نجده على شاشة الهواتف الذكية، ومِنْ ثَمَّ بلوغها مرحلة النظم الذكية القادرة على تحليل البيانات عن طريق التفاعلات المعرفية، وأيضاً دراسة العلاقة الطردية بين تطور تكنولوجيا إنتاج المواد التى تُستخدم فى عمليات تصنيع المنتجات الذكية والتفاعلية وتحسين خبرات المستخدم، والتى لها بالغ الأثر فى تعزيز إستعمالية تلك المنتجات بشكل كبير، نظراً لأن تنوع المواد وتطورها يوفر للمصمم بدائل عديدة يمكنه الإختيار فيما بينها لتنفيذ أجزاء المنتج المختلفة، وعلى هذا الأساس يكون تواجد المواد وتنوعها هو المحدد الأول لتنفيذ ابتكارات المصمم، وتواجدها داخل منتج محدد كواقع حقيقى وملموس، ولا يزال هناك العديد من المنتجات والأنظمة المستقبلية التى لن تظهر إلا بظهور مواد أخرى متقدمة؛ فعملية البحث عن مواد جديدة وتحسينها هو مسعى علمى وهندسى مشترك.

كلمات دالة Keywords:

التصميم التفاعلى
Interaction Design
الإرجونوميكس التفاعلى
Interactive Ergonomics
واجهة المستخدم
User Interface
خبرة المستخدم
User eXperience
الإستعمالية
Usability
علم المواد
Materials Science

Paper received 10th September 2022, Accepted 15th November 2022, Published 1st of January 2023

المقدمة Introduction

المادة هى المُكون الرئيسى لكل المنتجات/الأنظمة الصناعية، سواء كانت منتجات/أنظمة تقليدية أو حتى التفاعلية منها والمستقبلية أيضاً (Czichos et al., 2007)، ولا يقتصر دور المادة على تشكيل جزء محدد من المنتج، ولكنها تشمل تمثيل جميع الأجزاء الفيزيائية سواء كانت متعلقة بالشكل الخارجى أو الأجزاء الداخلية، وحتى البرمجيات التى داخل المنتجات التفاعلية والأنظمة الروبوتية تكون مُخزنة داخل مكونات تسمى مكونات إلكترونية مصنوعة أيضاً من مواد (H. & Ashby, 2019)، ويكون لكل مادة خصائصها الخاصة بها التى تميزها عن غيرها، ويمكن للمصمم المفاضلة فيما بينهم على أساس فاعلية أى منهما فى أجزاء المنتج المرغوب (Afsar et al., 1986)، ويتم تطوير عُلُوم وَهَنْدَسَة اَلْمَوَاد الجديدة بإستمرار لتلبية إحتياجات ومتطلبات تصميم المنتجات والأنظمة.

من خلال الفهم الكامل للمواد المتاحة (Graedel et al., 2015)، هناك العديد من العوامل التى يجب على المصممين أخذها فى الإعتبار عند إختيار المواد، بما فى ذلك الخصائص المطلوبة للمنتج من خلال المواد المتاحة (Callister & Rethwisch, 2021)، حينها تكون إختيارات المصممين مستنيرة قدر الإمكان عند التفكير فى الشكل العام للمنتج وكذلك خصائص الأجزاء الداخلية، لتلبية رغبات وتطلعات المستخدمين فى المنتج المستهدف، بشكل عام، يبحث المصممون دائماً على عن تلك المواد التى تعطى أفضلية عند استخدامها بصفة فردية، أى بمزيج مواد أخرى للحصول على الخصائص المطلوبة (Moulson & Herbert, 2008)، وكذلك إمتيازية الأداء؛ فيتم مراعاة الخصائص الفيزيائية مثل القوة والصلابة ومقاومة التآكل والإستقرار الحرارى عند إختيار مزيجاً من المواد لتصميم منتج معين (Smith, 2002)، لتوفير حلول عالية التكامل فيما بينها للمكونات من جميع الأحجام والأشكال والمواصفات.

وعند تطور المواد عبر الزمن يتم تطور المنتجات معها أيضاً بشكل متزامن (Goodno et al., 2021)، وترتقى عملية تصميم المنتج بإنتقالها من تصميم الأدوات والمعدات فيما مضى، وتنتقل إلى تصميم الماكينات والأجهزة المساعدة فى عمليات الإنتاج (Andreoni & Yip, 2020)، وكذلك الإنتقال من القوة العضلية للإنسان إلى القوة الميكانيكية التى توفرها الآلة (Mittemeijer, 2021)، ومن بعد إختراع الكهرباء ووجود المصانع العملاقة تصدرت الأجهزة المنزلية المشهد الصناعى لمساعدة المستخدم فى نواحى الحياة الخاصة، مثل الغسالة والثلاجة وغيرها...، ومن بعد ابتكار البوليمرات Polymers بفترة قصيرة تنتقل عملية تصميم المنتج إلى مستوى جديد أُطلق عليه المستوى التفاعلى للمنتجات (Ingold, 2012)، ومعها ظهور واجهة المستخدم UI بتعريفات جديدة ذات شكل ممتع وجذاب، حيث يتم التحكم فى المنتجات والأنظمة بسهولة عن طريق شاشات بها العديد من الخيارات (Wang, 2001)، ومنها تحسين خبرة المستخدم داخل تجارب التفاعل المباشر مع عناصر بيئة العمل

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

التفاعلية.

مشكلة البحث Statement of the problem:

يعمل المصمم دائماً على تسهيل إجراءات التفاعل بين المستخدم والمنتج، وذلك من خلال ابتكار سيناريو معرفى يعمل كمعجم خاص بالإتصال بين المستخدم والمنتج، ويسمى فى هذه الحالة واجهة المستخدم UI، والمنتجات التفاعلية ومن قبلها التقليدية كانت فيها واجهة المستخدم مرتبطة بعلاقة طردية بين تطور المواد وظهور مواد أخرى جديدة، ومنها إجراء تحسينات على واجهات المستخدم القائمة على تطور المواد ومدى توافرها داخل المنتجات؛ فمن خلال ذلك تكون إشكالية البحث تنحصر فى القصور الحادث فى مواكبة المصممين لتكنولوجيا إنتاج المواد، ومدى إلمام المصمم بخصائص المواد التى يحتاجها داخل عملية تصميم وتطوير المنتجات، وذلك بسبب ندرة البحوث الإستكشافية التى تقوم بتعريف المصمم بما هو جديد فى هندسة المواد المستحدثة فى مجال التصميم، والإفتقار إلى ابتكار مواد مستحدثة لتدخل إضافات إبداعية جديدة داخل المنتجات التفاعلية وجعلها أكثر متعة وجاذبية.

فرض البحث Hypothesis:

من خلال الدور الهام للمواد داخل مراحل عملية التصميم، والقيود الموجودة داخل عملية إختيار المواد المناسبة لأجزاء المنتج طبقاً لما هو متاح وله خصائص محددة، والتطور الثورى والسريع لعلوم وهندسة المواد، يمكن للمصمم تعظيم أوجة الإستفادة من الإضافات الإبداعية لمواد مستحدثة داخل عمليات التصميم والتطوير للمنتجات التفاعلية، وأيضاً جعل المصمم قادراً على تحدى المفاهيم الجامدة القديمة فى تصميم وتطوير المنتجات الهندسية والتفاعلية، وتعزيز إستعمالية المنتجات من خلال توافر مفاهيم جديدة للمواد المستخدمة فى التصميم، وتسهيل عمليات التفاعل من خلال التكنولوجيا المستحدثة فى علوم وهندسة المواد.

هدف البحث Objective:

فى ظل التطور الهائل لعملية تصميم المنتجات والتحول نحو التفاعلية، يهدف البحث إلى زيادة وعى المصمم الصناعى والتفاعلى الخاص بالتطور الثورى فى علوم وهندسة المواد، ومدى تأثير ابتكارات المواد الجديدة على مرونة تصميم منتجات تفاعلية أكثر كفاءة، من خلال إجراء التحسينات على واجهة المستخدم/خبرة المستخدم UI/UX، وتزويد المستخدم بتجربة تفاعل ممتعة وأكثر فاعلية، وهو ما يمثل تحدياً كبيراً أمام المصمم الصناعى والتفاعلى اللذين يتطلعون بدورهم إلى تقديم تحسينات متقدمة فى واجهات المستخدم أثناء عملية التفاعل المباشر مع المنتجات/الأنظمة، ولتحقيق أقصى كفاءة استخدام للمنتج وتعزيز عامل الإستعمالية.

أهمية البحث Significance:

بيان أهمية المواد الموجودة فى الطبيعة بصفتها المحرك الأول للإبداع الإنسانى، وذلك بتقديم الحلول المبتكرة غير الإعتيادية لتطور الأدوات والمعدات والنظم بالتوازى مع إكتشاف مواد جديدة عبر التاريخ الإنسانى، وكذلك تطور علوم وهندسة المواد فيما بعد عبر الثورات الصناعية الأربعة، وابتكار مواد جديدة منتجة معملياً تستخدم لإجراء تحسينات فعالة على واجهة المستخدم/خبرة المستخدم UI/UX، وإكساب المنتجات التفاعلية مقياس جمالى جديد من خلال مستجدات المواد المتاحة، مما يدعم دعم قرارات المصمم فى التوصل إلى مواد مبتكرة تلائم أجزاء المنتج المراد تصميمه، وتقديم حلول ومعالجات وظيفية لواجهات تفاعل المستخدم، وأيضاً تحقيق عنصر إستدامة المنتجات بوجه عام.

منهج البحث Methodology:

إعتمد البحث على المنهج الإستقرائى لدراسة المشكلة، وتحقيق فرض البحث، وبيان أهميته.

1ـ أثر المواد المتاحة على تصميم وتصنيع الأدوات والمعدات قديماً:

منذ القدم، كانت المواد المتوفرة هى المحرك الأول للإبداعات البشرية، ومن خلالها قام الإنسان بابتكار العديد من الأدوات والمعدات المختلفة لتذليل العديد من العقبات، وتحسين نوعية الحياة بشكل عام، وبالرغم من أن استخدام المواد هو مجرد جانب واحد من جوانب الحضارة والتكنولوجيا البشرية، إلا أن المادة جانب يحدد نواح كثيرة مثل حدود المبتكرات والتوجهات المستقبلية لكل الإختراعات البشرية (Grassby, 2005)؛ فهمها كانت فكرة الإنسان عن أى ابتكار جديد مكتملة نظرياً، إلا أن توافر المواد هو المحدد الأول فى تحويل الخيال الابتكارى داخل عقل المصمم إلى واقع حقيقى وملموس، ولبيان أهمية المواد كونها تقنية عملية (Solé et al., 2013)، نجد أن تمت تسمية العصور المختلفة من تاريخ البشرية وما ندعى أنه قبل التاريخ أيضاً فى الأصل على إسم المادة الأولية المُكتشَّفة والمستخدمة فى ذلك الوقت.

وبالرغم من التخلى عن إصطلاح التسمية الذى قدمه كريستيان يورجينسن تومسن Christian Jürgensen Thomsen عالم الآثار الدنماركى فى القرن التاسع عشر، والذى إشتهر بتطوير التقنيات والأساليب الأثرية، وقدم أيضاً نظام الثلاث عصور Three-age system، أى تقسيم عصور ما قبل التاريخ البشرى إلى ثلاث فترات زمنية متتالية، ونُسبت التسمية فيها إلى تقنيات صنع الأدوات الخاصة بها، وهم: العصور الحجرية Stone Ages، والعصور الحديدية Iron Ages، والعصور البرونزية Bronze Ages؛ لكن هنا نستعين بتلك المسميات لبيان أهمية التطور التاريخى لعلوم وهندسة المواد (Ortner et al., 2014)، وتوسيع المفهوم العام ليشمل فترات التطور التاريخى لإكتشاف المواد، ومن بعدها عصور الثورات الصناعية الأولى والثانية، والتى فيها تم إنتاجية المواد وتخليط المعادن لعمل السبائك، ويليها فترات التقدم العلمى والتكنولوجى والتى فيها يتم تحضير المواد معملياً بشكل دقيق، وإكسابها خصائص محددة لأغراض مرجوة من عملية التصميم (Beretta et al., 2019)، ولرصد تلك الفترات التاريخية الهامة فى تاريخ علوم وهندسة المواد، وهى كالتالى:

أ. العصر الحجرى The Stone Age:

خلال ما يعرف بفترة ما قبل التاريخ، إعتمدت التقنيات البشرية على المواد الموجودة، والتى تم الحصول عليها من الأشياء أو

الحيوانات، مثل الأخشاب والحجارة وعظام الحيوانات الكبيرة حجماً... وما شابه ذلك، وتطلب حينها استخدام قطع صخرية – نظراً لصلابة بعض أنواع الصخور العالية – للتعديل أو تشكيل هذه المواد للحصول على أدوات مفيدة، وبعد ذلك يمكن استخدامها لتعديل وتشكيل مواد أخرى أكثر نعومة، مثل العصى والعظام والجلود (O'Connor, 2007)، والأهم من ذلك، هو استخدام بعض أنواع الصخور الصلبة لتهذيب وتشكيل الحجارة الهشة، من خلال قوة الطرق لإنتاج لها حواف حادة، قد تكون مفيدة فى الصيد وحصاد الثمار وتقطيع جذوع النباتات وإعداد الطعام .

ب. العصر البرونزى The Bronze Age**:**

قدمت البشرية فى هذا العصر إضافة هامة إلى إكتشاف المواد التى استخدمها الإنسان، وجاء العصر البرونزى بعد العصر الحجرى مباشرة، وتراوح ما بين حوالى 3300 إلى 1200 قبل الميلاد، وخلال هذه الفترة الزمنية تم إنشاء الكتابة/الرموز الأولى على شكل صور رمزية، وكان هذا العصر هو البداية الحقيقية للمعادن وإدخال المواد المعدنية ضمن سبيكة مصنوعة، وكذلك مواد أخرى بدائية كالسيراميك الطينى، لكن كان لإدخال المعادن أثر بالغ فى إحداث تغييرات كبيرة فى نمط الحياة البشرية (Chapman, 2017)، وعلى تصنيع الأدوات والمعدات؛ فالمعادن ليست صلبة كالحجارة أو الصخور عامة، علاوة على ذلك، تكون أقل هشاشة ويتم تشكيلها بسهولة أكبر، بطرق متنوعة كالصب والطرق، وأحدث حينها إكتشاف المعادن علامة فارقة فى حياة البشر، وذلك بعد أن تم إستخراج المعادن بعدة طرق مختلفة، وأثناء البحث داخل التضاريس الطبيعية عن صخور مفيدة، وجد البشر بعذ المعادن كالذهب فى حالتها غير المتفاعلة بالقرب من سطح الأرض (Ginn, 2016)، ومن المحتمل أن يكون البشر قد وجدوا تراكمات شذرات معدنية مختلطة بالأحجار عند إجراء عمليات التشكيل.

وكانت عملية تشكيل الأحجار التى تم تطويرها فى العصر السابق، هى من دفعت عملية إستخراج المعادن من باطن الأرض، بالإضافة إلى أن عملية حرق المنتجات الفخارية، أدت إلى إستخلاص كميات صغيرة من المعادن الموجودة كأكاسيد داخل عملية خلط الطين إلى أصلها النقى، مما أدى ذلك إلى إدخال الطرق القائمة على الحرارة لإتمام عملية إستخراج المعادن؛ فكان البرونز فى الهيئة الأساسية له خليط من معدنين هما النحاس والقصدير (HAMILAKIS, 1996)، ويمتاز القصدير بدرجة حرارة إنصهار منخفضة وذات ملمس ناعم جداً، والنحاس ذات ملمس ناعم أيضاً لكنه يتمتع بدرجة إنصهار عالية، ومع ذلك فإن الخليط بيمهم – السبيكة – من تلك المعادن المختلفة له خاصيتان مفيدتان لهذا العصر تحديداً، أنه خليط صلب لكنه يحتفظ بدرجة حرارة منخفضة، مما يجعل عملية صب سبيكة البرونز المنصهرة بسيطة لعمل الأسلحة والرؤوس الرمحية المدببة (Szmuk et al., 2007)، وكذلك توفير بعض الأدوات التى يحتاجها البشر حتى إن كانت تحتوى على أشكال معقدة.

ج. العصر الحديدى The Iron Age**:**

خلال هذا العصر تحديداً، حققت الأفران المطورة لإستخراج المعادن ومعالجتها القدرات اللآزمة لإنتاج الحديد، وكون هذا المعدن أقوى من البرونز، لذلك كانت الأدوات والأسلحة المصنوعة منه أكثر متانة وأكثر إستعمالية فى ذلك الوقت، وفى البداية جاء إكتشاف وإستخراج الحديد الذى يمكن الحصول عليه من النيازك، لكن التحسينات التى تتم فى عمليات الصهر جعلت إستغلال مصادر معدن الحديد الموجود فى الأرض فى معظم الأماكن الممكنة، أدى التوافر فى الأدوات الحديدية إلى تحسينات فى الإنتاج ومستوى المعيشة بوجه عام (Foxhall, 1995)، كما أنه وفر أيضاً الوسائل الجيدة لنشر الجيوش المسلحة والمجهزة جيداً، وستكون الأسلحة والدروع المصنوعة فى هذا العصر خلال هذه الفترة القياسية، مستمرة لآلاف من السنوات القادمة.

ويمكن تعريف العصر الحديدى بأنه وقت رئيسى فى فترة ما قبل التاريخ، والتى جاءت لتحل محل العصر البرونزى فى جميع أنحاء العالم؛ فبدأ العصر الحديدى حوالى 1200 قبل الميلاد، فى الشرق الأوسط وجنوب شرق أوروبا، ويمكن أن تتميز بصنع/صهر الأدوات الحديدية، وعُرف عن بعض المناطق أنها استخدمت الحديد خلال نهايات العصر البرونزى قبل 1200 قبل الميلاد خاصة فى منطقة الشرق الأوسط (Soper, 1971)، لكنه لم يكن منتشراً، ولا يزال يعتبر أدنى من أنواع المعادن الأخرى، ويُعتقد أن الحيثيين فى المنطقة التى تُعرف اليوم بتركيا هم أول من صنعوا الحديد؛ فالعصر الحديدى مهم لتاريخ البشرية، لأنه ساعد فى قيادة الحضارات إلى المزيد من المستوطنات الدائمة، وأحدث ثورة فى الأدوات البشرية والأسلحة والابتكار.

إستمر العصر الحديدى من حوالى 1200 إلى 500 قبل الميلاد، وتميز العصر الحديدى بإنتشار استخدام الحديد، لكن التواريخ الدقيقة للعصر إختلفت فى جميع أنحاء العالم إعتماداً على العوامل المحلية والتجارة عبر مسافات طويلة (Trinder et al., 2000)؛ فربما بدأ العصر الحديدى فى وقت أقرب بكثير فى مناطق معينة مقابل مناطق أخرى، وربما إنتهى فى وقت لاحق فى مناطق معينة، وكان قدوم صناعة الحديد مهماً وثورياً للبشر، لأنه يُصنع به أدوات أفضل وأكثر متانة، كما ساعدت أدوات الحديد بشكل خاص فى التنمية الزراعية، وحدثت وقتها تغييرات رئيسية أخرى فى العالم خلال العصر الحديدى أيضاً، مثل الممارسات الفنية والزراعية الأكثر تقدماً، وتغيير بعض من المعتقدات الدينية، وتقديم أنظمة الكتابة الأكثر تقدماً باستخدام الأحرف الأبجدية البارزة، والتى من نتائجها إزدهار النصوص السنسكريتية Sanskrit والصينية Chinese والهندية Indian والعبرية Hebrew خلال هذا الوقت (Casu & Rivella, 2014).

د. عصر البورسلين The Porcelain Age**:**

ما تم تسميته بالعصور الوسطى فى أوروبا، كان وقت إدخال القليل من المواد الجديدة فى الغرب، ومع ذلك، فى أماكن أخرى تم تطوير مواد جديدة، كما فى الشرق الأقصى، أصبح هناك نوع من السيراميك الزجاجى شائعاً يسمى الخزف، نظراً لأن التقنيات المطلوبة لصنع الخزف كانت الأكثر ملاءمة، وأكبر الأمثلة تقدماً فى تكنولوجيا المواد أثناء هذا الإطار الزمنى، ويمكن أن نطلق عليه عصر البورسلين، وفيه تم استخدام الأفران لمعالجة الخزف والمنتجات المصنعة، وتم

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

إنتاج العديد من المنتجات التى يحتاجها الإنسان فى الحياة اليومية العادية (Sanford, 1944)، مثل الأطباق والأوانى الخزفية وإناء كبير لحمل المياه داخله... وغيرها من الأدوات والمنتجات.

وتم صنع الخزف لأول مرة فى الصين – بشكل بدائى – خلال عهد أسرة تانغ Tang dynasty، وبشكل أكثر إحترافية خلال عهد أسرة يوان Yuan dynasty؛ فتم صنع هذا الخزف الصلب من مسحوق ناتج عن طحن حجر أبيض (Walsh, 1940)، وفيما يُعرف بالطين الصينى الأبيض، وعند درجة حرارة تبلغ 1450 درجة مئوية، يتم تصليب الطين إلى خزف محتفظاً بشكله، كما أدت محاولات الخزافين الأوروبيين الأولى فى العصور الوسطى إلى تقليد هذا الخزف الصينى إلى إكتشاف الخزف الصناعى، أو فيما يعرف الخزف العجين الطينى الطرى، وهو مزيج من الطين والزجاج المطحون، ويتطلب درجة حرارة 1200 درجة مئوية (Amar, 2002)، وعلى الرغم من تشابه النوعين فى الملمس السطحى، إلا أنه يمكن التمييز بين الخزف الصناعى والبورسلين الحقيقى والأكثر نعومة، وتم صنع أول خزف أوروبى ذات ملمس ناعم فى فلورنسا Florence حوالى عام 1575، فى ورش عمل تحت رعاية فرانشيسكو الأول دى ميتشى Francesco I de' Medici، ولكن لم يتم إنتاجه بكميات كبيرة حتى أواخر القرنين السابع عشر والثامن عشر (Unger, 2008)، ومن بعدها تم إنتاج العديد من أنواع الخزف الأكثر إحترافاً وذات خصائص أخرى متميزة فى عدة بلاد أوروبية.

هـ. عصر الصلب The Steel Age**:**

هذه الحقبة الزمنية، يتم تجميع الفترات التى تشمل عادة عصر النهضة والثورة الصناعية معاً، ووضعهما على جدول زمنى واحد مشترك، كما أدت التطورات التكنولوجية الناشئة حينها إلى الإنتاج الضخم للصلب، والمواد الحديثة مثل الصلب والتى نسميه الفولاذ والعديد من المعادن الأخرى، تشبه الحديد المُعالَج الموجود فى العصور السابقة، ولكن كونه أكثر صلابة وتميزاً، أدى ذلك لظهور جيل جديد من المنتجات، بالإضافة إلى تطوير العديد من المجالات العلمية الحديثة ذات الصلة الوثيقة بالكيمياء والمعادن خلال عصر النهضة (White,, 1940)، دعمت صناعة الصلب من خلال تحديات قدرات تصنيع الأدوات والمعدات، وتعزيز المواد المنتجة كسبائك معدنية لها خصائص مرجوة.

وقد أدت التطورات المعدنية الإضافية، إلى ترسيخ الصلب – الحديد المعزز بالكربون – بإعتباره المادة التى حدد استخدامها العصر الحالى، لأن الفولاذ – الحديد والكربون – أقوى من سبيكة البرونز ويدوم طويلاً، وكان الفولاذ عالى الجودة بعد ذلك رخيصاً، ويمكن تصنيعه بكميات بأى شكل تقريباً مثل الألواح والقضبان للاستخدامات المتعددة (Wrigley, 1962)، كما أدى تطبيق الفولاذ المنتج فى الآلات إلى التصنيع السريع والتطورات المرتبطة به فى وسائل ومعدات النقل والهندسة المدنية والمعمارية... والعديد من التطورات اللاحقة فى جميع المجالات الصناعية (Deliyannis et al., 2019).

و. عصر السليكون The Silicon Age**:**

يتم الإشارة إلى العصر الذى نعيش فيه على أنه عصر المعلومات والذكاء الإصطناعى، ويتم تحديد ذلك من خلال مدى شيوع أجهزة الكمبيوتر، وذلك نظراً لأن المادة المستحدثة التى تُمكِّن الحوسبة هى أشباه الموصلات، وتعتمد بشكل أساسى على السيليكون، وتم استخدام السيليكون فى إختراع أشباه الموصلات مثل الترانزستور Transistor، والذى كان بمثابة النواة الأولى لإختراع معالجات الحاسبات الآلية الصغيرة (Saini et al., 2021)، ومنها تصغير جميع الأجهزة الذكية وصولاً للهاتف الذكى، لذلك أُطلق على تلك الحقبة الزمنية عصر السيليكون (Singh et al., 2022).

هناك أيضاً العديد من المواد المهمة الأخرى فى هذا العصر، والتى تزيد من جودة الحياة البشرية بوجه عام، مثل المواد المركبة المتقدمة لتطبيقات الفضاء والبوليمرات والمواد الذكية (Strafford et al., 1996)، والتى ساهمت بشكل مباشر فى عملية تصميم منتجاتنا التى نستخدمها اليوم، وزيادة عامل الإستدامة وإستعمالية المنتجات بشكل ملحوظ (McCabe et al., 2011)، وبلوغ المنتجات المستويات التفاعلية التى نراها اليوم، وكذلك مراحل متقدمة من الأتمتة التى تساعد المستخدم على إنجاز الكثير من المهام، ليس فقط الاستخدام بل وإجراء فحوصات الصيانة، ومعرفة الكثير عن الأعطال الموجودة داخل المنتج، وتستمر التحسينات التى تدفع تصميم المنتجات الذكية والتفاعلية نحو المستقبل (Kelly & Benetti, 2011)، ويتم تطوير واجهة المستخدم/خبرة المستخدم بالتوازى مع تلك التقنيات، ويوضح شكل (1) مخطط للفترات الزمنية المختلفة التى توضح تطورات المواد فى العصور المختلفة.

يعتبر العصر الحجرى والعصر البرونزى والعصر الحديدى هم حقبة عصور ما قبل التاريخ الثلاثة، مما يعنى أنها فترات التطور البشرى التى حدثت قبل التاريخ المسجل والموثق، ويعد العصر الحجرى هو أول فترة زمنية حاسمة للتطور البشرى، والذى إستمر حتى حوالى 2500 قبل الميلاد، منذ أن استخدم الإنسان أدوات من العظام والحجارة والأخشاب خلال تلك الفترة (Tew & Hurstfield, 1953)، وكان التطور يستمر دائماً بتطور المجتمعات البشرية، وكانت الأدوات والمعدات لها قيوداً فى استخدامها تبعاً لنوعية المواد المستخدمة (Prasher, 2006)، ومنها لم يدم طويلاً ليستمر للعصور التالية كونها ضعيفة نسبياً، وكانت هناك حاجة ملحة لإنشاء أدوات أقوى وأطول أمداً، وإنتقلت الأدوات والمعدات عبر التطورات المرتبطة بحداثة المواد المتاحة، وقدرة البشر على تشكيلها والعمل على إختراع أدوات جديدة، مروراً بعصور تالية لها إزدهرت فيها الصناعات بمختلف أشكالها، وتطور المواد بمثابة العامل الأول لتغيرات العصر فى أى حقبة زمنية تالية (Jeevanandam et al., 2022)؛ فتشير التطورات الحديثة فى علوم وهندسة المواد إلى أن أى تقنيات حالية ناشئة أو مُكتشفة حديثاً، هى من شأنها تحديد سمات وخصائص الحقبة التالية من التاريخ البشرى.

شكل (1) المحطات الرئيسية للعصور المختلفة التى توضح تطور المواد والمنتجات عبر التاريخ البشرى

2ـ قيود وحدود المواد المستخدمة فى تصميم وإنتاج المنتجات/الأنظمة:

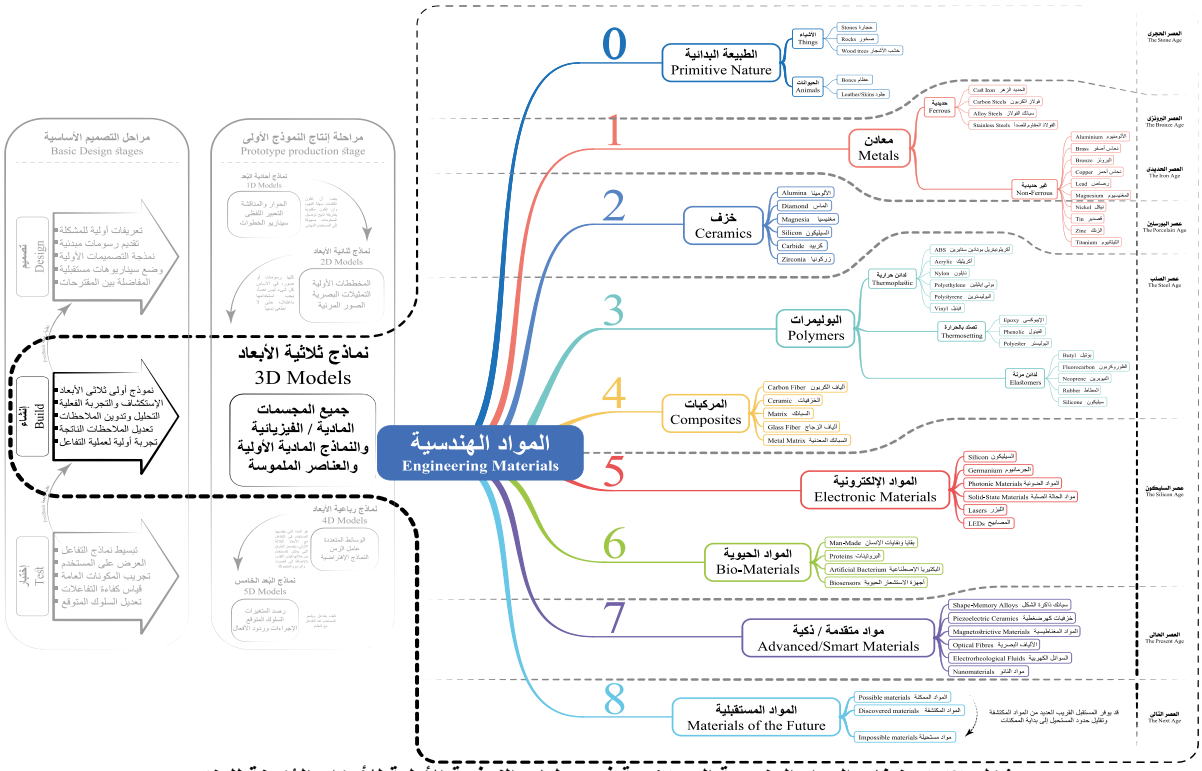
دائماً ما يوجد الكثير من الآمال الحالمة بين ممارسى ومتخصصى تصميم المنتجات الصناعية والتفاعلية (Jeevanandam et al., 2022)، ودائماً ما تولد العديد من تلك الأفكار داخل عقول المصممين، وهم يفكرون فى تحقيقها وأن تصبح منتجات واقعية، ومن خلال تلك الأفكار يعملون على تبسيط عملية التفاعل المباشر بين المستخدم والمنتج، ويسعى كل منهم إلى إيجاد حلول واعدة لتنفيذ المنتج الذى يحقق طموحات المستخدمين، وذلك فى نطاق الممكنات الموجودة حالياً من المواد المتاحة، واستخدامها فى تصميم وتصنيع أجزاء وهياكل المنتجات (Alexandru et al., 2020)؛ فبداية من العصر الحجرى – تحديداً تبعاً لإمكانيات كل عصر من حيث المواد المتاحة به – ووصولاً إلى العصر الحالى، ومع التطورات المتلاحقة فى علوم وهندسة المواد، تزداد تطلعات ورغبات المستخدمين فى تصميم المزيد من المنتجات التى تعمل على تسهيل إجراءات التفاعل وتزيد من ملاءمة التفاعلات للبشر (Shahbazi, 2020)، ولكن تعقيدات تطورات المواد المتاحة يصعب تحقيق كل إحتياجات المستخدم، وتطوير واجهات التفاعل بشكل متلاحق.

وتنقسم المواد إلى أنواع كثيرة وتصنيفات متعددة، لكن عند إختيار المصمم مادة معينة لإنشاء نموذج فيزيائى ثلاثى الأبعاد ضمن مراحل عملية التصميم أو فى مرحلة التصنيع، تكون تبعاً لطبيعتها الهندسية التى تلائم الغرض المرجو منها (Newnham, 2004)، ويوضح شكل (2) التصنيفات العامة للمواد الهندسية التى يستخدمها المصمم فى عملية إنشاء نماذج العينة الأولى لأجزاء وهياكل لمنتجات الصناعية، وتعزيز من خلال ذلك إستعمالية المنتج.

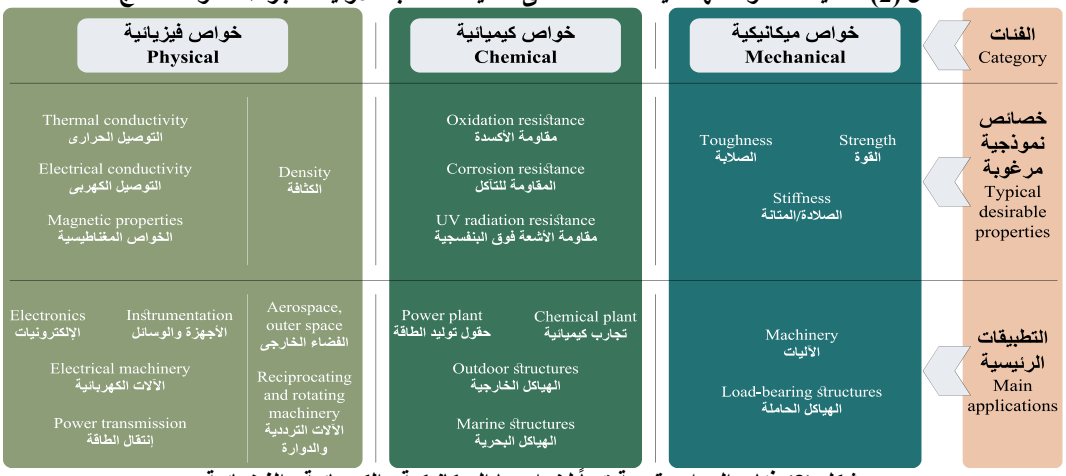
تكون دائماً النتيجة المرجوة من عملية إختيار المواد، هى تحديد مادة أو أكثر بخصائص تلبى المتطلبات الوظيفية لأجزاء المنتج، وتعمل طبيعة المادة المختارة على تحسين أهداف الأداء العام للمنتجات من خلال تعزيز الإستعمالية، مثل التأثير البيئى وعامل الإستدامة... وغيرهم؛ فإختيار المواد عبارة عن مهمة متعددة التخصصات، وتتطلب تفاعل مصممى المنتجات وعلماء ومبتكرى المواد ومهندسى الإختبارات والمستخدم النهائى (White, 2016)، وذلك لإختيار الأنسب والأصلح من المواد التى قد تفى بالغرض المطلوب، وعادة ما تكون مشاكل إختيار المواد كثيرة وكذلك المفاضلة فيما بينها، مع خضوع الحلول المُختارة قيد الدراسة والفحص والتجريب بين العديد من القيود والأهداف.

قد يخضع العديد من إختيارات المواد لقصور فى يقين المصمم لمدى الملاءمة، بما فى ذلك تلك الإختيارات المرتبطة بمواصفات محددة لا يمكن الحيود عنها، ولابد من أن تشمل خصائص المواد مواصفات تصميمية تتحدد بالمتطلبات والأهداف الوظيفية للمنتج، لأن المواد ليست متشابهة فى المواصفات أو حتى متقاربة فى خواصها العامة، كل منها يحمل طابع مختلف ومواصفات مختلفة يتميز بها عن غيره (White, 2019)، ومع ذلك، وبالرغم من تطور المواد فى عصر المعلومات، إلا أن يوجد العديد من الصعوبات التى قد تصل إلى مستوى المستحيلات، ولا يمكن تحقيقها تبعاً لتوافر المواد المطلوبة من عدمها، وتكون بعض التصميمات المقترحة لا تصلح لها أى من المواد المتاحة فى عصرنا الحالى، ويجب على المصمم تلافى مثل تلك المشكلات، وأثناء ذلك يقوم بتقديم مقترحات بديلة للمواد التى قد تُستخدم فى منتج محدد، ويكون الإختيار المناسب يتحدد بالمواصفات والخواص الأولية للمواد (YAMADA & SATO, 1962)، ويوضح شكل (3) الفئات الرئيسية المختلفة للمواد تبعاً لخواصها الميكانيكية والكيميائية والفيزيائية.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل (2) تصنيفات المواد الهندسية المستخدمة فى عمليات النمذجة الأولية للأجزاء المُكونة للمنتج



شكل (3) فئات المواد مقسمة تبعاً لخواصها الميكانيكية والكيميائية والفيزيائية

وتُعد مشاكل إختيار مادة دون المستوى الأمثل بمثابة العقبة الكبرى أمام المصمم، لذلك نجد أن ظهور العديد من المنتجات الحالية لم تكن إلا بظهور وابتكار المواد المتاحة، والموجودة بالفعل فى تلك الحقبة الزمنية من عصرنا الحالى (Pollock, 2020)، ويرصد التاريخ العديد من المحاولات المستمرة فى مجال تصميم المنتجات، وعلى الرغم من أن ليوناردو دافنشى Leonardo di ser Piero da Vinci قد يكون أكثر شهرة بأعماله كفنان ورسام، لكنه لُقب برجل النهضة المخترع قبل عصره، لأنه قضى وقتاً أيضاً فى العمل على تصميم بعض المنتجات، وكانت مكتشفاته وفنونه تلك نتيجة شغفه الدائم للمعرفة والبحث العلمى، وكانت تحوى العديد من الرسومات التفصيلية لإختراعاته المختلفة (Scholz, 2008)، وقدمت كراسات الرسم الخاصه به لاحقاً دليلاً على أن دافنشى قد وضع تصورات العديد من الإختراعات الحديثة قبل وقت طويل.

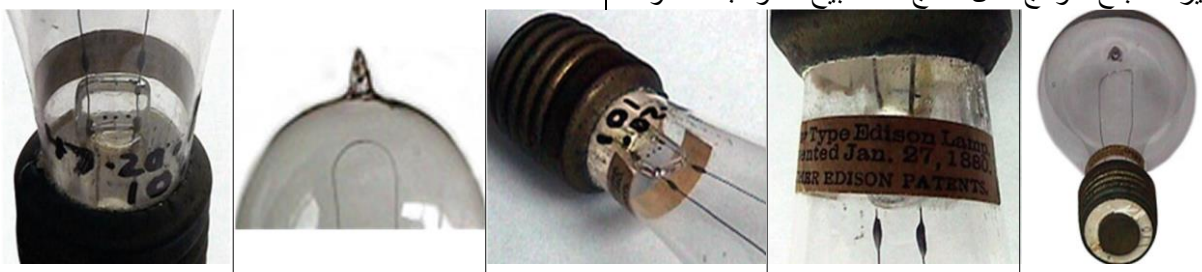
بالرغم من ندرة توافر المواد الموجودة فى عصر النهضة، تناسباً مع الموجودة اليوم فى عصرنا الحالى، كان دافنشى أحد أكثر المخترعين إنتاجاً فى التاريخ الموثق (Koestler-Grack, 2005)، ويعمل على إنتاج الابتكارات الإختراعات المستقبلية فى العديد من المجالات المختلفة، سواء كانت تصميمات لأسلحة الحروب أو آلات الطيران أو أنظمة رفع المياه أو أدوات العمل بشكل عام، والكثير من تلك المجموعة الواسعة من الأفكار الرائدة تؤثر على عالمنا حتى يومنا الحاضر، ويظل دافنشى شاهداً على براعة وإبداع العقل البشرى وتفرده، وكذلك البُعد عن كل ما هو تقليدى (Kuligowski, 2012)، يدرس العلوم ويخترع ويبتكر تياراً لا نهاية له من إنتاجية الأفكار المبتكرة والجريئة، ولكن كان يحده دوماً القصور الموجود حينها فى تواجد المواد والتكنولوجيا الخاصة بها لإنشاء أى من إختراعاته (Bucolo, et al., 2020)، ويوضح شكل (4) الرسومات الأصلية

لمقترح دبابة الفنان دافنشى وتفاصيلها الداخلية مفصلة كنموذج ثلاثى الأبعاد، ومقاربتها بالدبابة الحديثة الموجودة فى عصرنا الحالى.

الدبابة بمظهرها الحديث | الرسومات الأصلية | التفاصيل للدبابة الأصلي بتقنية الرسومات ثلاثية الأبعاد

شكل (4) الرسومات الأصلية لمقترح دبابة الفنان دافنشى ومقاربة عناصرها مع تفاصيل الدبابات الحديثة

فدائماً ما يكون التاريخ البشرى حافلاً بالإختراعات والإنجازات، ونجد كذلك توماس ألفا إديسون Thomas Alva Edison أحد أشهر المخترعين، وأنشأ مختبراً فى قبو منزل عائلته وقضى معظم الوقت فى التجارب، بعد أن عرفت والدته شغفه بالكيمياء والإلكترونيات، وكرس توماس حياته ليكون مخترعاً متفرغاً بعد عدة وظائف بسيطة فى السكك الحديدية وقتها (Dyer & Martin, 2018)، وبعد إنتقاله إلى مدينة نيويورك، وفى الفترة بين 1878 إلى 1880 عمل إديسون ورفاقه على ما لا يقل عن ثلاثة آلاف نظرية مختلفة لتطوير مصباح متوهج فعال، تنتج المصابيح المتوهجة الضوء باستخدام الكهرباء لتسخين شريط رقيق من المادة Filament حتى تصبح ساخنة بدرجة كافية لتتوهج (Collins et al., 2002)، ويوضح شكل (5) شكل مصباح إديسون الكهربائى، وأحد أهم إنجازات التاريخ البشرى، ويتكون مصباح إديسون من خيوط رفيعة موضوعة فى لمبة زجاجية مفرغة، وكان لديه سقيفة نفخ زجاجية خاصة به حيث تم تصنيع المصابيح الهشة بعناية لتجاربه، وكان إديسون يحاول التوصل إلى نظام مقاومة عالية يتطلب طاقة كهربائية أقل بكثير مما كان يستخدم لمصابيح القوس (Tagliaferro, 2003).



منظور لتفاصيل أسفل المصباح | تفاصيل إسم تصميم المصباح | منظور لمكونات المصباح من الداخل | تصميم القمة المدببة لمصباح إديسون | تفاصيل داخل المصباح

شكل (5) تفاصيل تصميم مصباح إديسون الكهربائى

وفى أحد الأيام، كان إديسون جالساً فى مختبره، وهو يلف قطعة من الكربون المضغوط بين أصابعه، بدأ فى تفحيم المواد لاستخدامها فى الخيوط، إختبر الخيوط المتفحمة لكل نبات يمكن تخيله، بما فى ذلك خشب البايود وخشب البقس والجوز والأرز والكتان والخيزران، حتى أنه اتصل بعلماء الأحياء الذين أرسلوا إليه أليافاً نباتية من أماكن فى المناطق الإستوائية، إعترف إديسون بأن العمل كان شاقاً ومتطلباً للغاية، خاصة على عماله الذين يساعدون فى التجارب (McPherson, 2013)، لقد أدرك دائماً أهمية العمل الجاد والتصميم، وتنوع المواد المستخدمة ومدى ملاءمة جميع العناصر.

فيقول إديسون عن تجاربه العديدة "قبل أن أنتهى من ذلك، إختبرت ما لا يقل عن 6000 مادة من الزراعات النباتية، وبحثت فى جميع أرجاء العالم بحثاً عن أنسب المواد"، "لقد تسبب لى الضوء الكهربائى فى أكبر قدر من الدراسة، وتطلب العمل على أكثر التجارب إرهاقاً وتفصيلاً"، ويقول أيضاً عن المحاولات التى لم يكتب لها النجاح "أنا لم أفشل، أنا فقط وجدت 10.000 طريقة لا تعمل" (Pederson, 2008)؛ فقرر حينها إديسون تجربة خيوط قطنية مكربنة Carbonized cotton thread filament، وعندما تم تطبيق الجهد على المصباح المكتمل، بدأ يشع وهجاً برتقالياً ناعماً، وبعد حوالى خمس عشرة ساعة من عمل المصباح المستمر، إحترق أخيراً الخيط المستخدم، وبعدها أنتجت المزيد من التجارب شعيرات يمكن أن تحترق لفترة أطول مع كل اختبار، وتم منح براءة الاختراع رقم 223898 لمصباح إديسون الكهربائى (Jenkins & Nier, 1984; Wachhorst & Millard, 1991).

على مر التاريخ، يُعد إختيار المواد داخل مراحل عملية نمذجة

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

المنتجات أمراً بالغ الأهمية، وذلك لتحقيق النجاح على المدى الطويل، بداية من عمليات التصنيع والإنتاج لأى من الأجزاء المُكونة للمنتج، وحتى بلوغ مرحلة الاستخدام الفعلى للمنتج وبيان نجاح عامل الإستعمالية (Nada & Dawood, 2022)، وتكون الإختيارات المناسبة للمواد أمراً ضرورياً فى توفير حلول هندسية مخصصة للمعالجات التصميمية المطلوبة، كما أن وظائف المنتجات تعتمد بشكل رئيسى على الخصائص الميكانيكية لأداء المنتج كما هو مُصمم، ويعنى ذلك القضاء على المخاطر بشكل كبير أو قابلية تعطل المنتج عن أداء الوظيفة (Jans & Degraeve, 2008)؛ فإن فهم العوامل فى إختيار المواد فى هندسة الأجزاء والمكونات العامة وحتى الهيكل الخارجى سيضمن أن المنتج لدية أفضل الفرص فى النجاح.

ويسعى المصمم دائماً لإنجاح المنتج بشتى الطرق الممكنة (Amer & Dawood, 2020)، ومع تواجد العديد من الصعوبات فى عملية إختيار المواد، يمكن أن تكون العملية التصميمية لمنتج معين عملية صعبة وقد تصل إلى المستحيل، لندرة توافر خصائص المادة المطلوبة فى زمن معين، ومع التقدم التكنولوجى والتطورات المتلاحقة، يقابلها بالطبع تطورات مصاحبة فى علوم وهندسة المواد (Dawood, 2021b)، تعمل على تيسير وظيفة المصمم، وتقدم له العديد من الخيارات الناجحة للكثير من المواد التى يمكن إستغلالها، ونظراً لقيود بعض المواد فى أزمنة معينة، ومحدودية خصائص تلك المواد حينها، وظهرت منتجات مستحدثة قد حلم بها العديد من مصممى المنتجات الصناعية فى أزمنة سابقة، وذلك بعد توافر مواد معينة سواء عن طريق الإكتشاف أو الإختراع (Dawood, 2021a)، وتم حل العديد من مشكلات التصميم فى منتجات أخرى عن طريق تطبيق مادة أو عملية جديدة، ويمكن للخصائص الفريدة لمادة مُكتشفة حديثاً – البوليمرات على سبيل المثال – أن تجعل الشكل العام لهيكل المنتجات أكثر ديناميكية، وتشكيل المنتجات والأجزاء الداخلية بطرق لم يتم النظر فيها من قبل، وسيتم إكتشافات عديدة تؤثر على تقديم خطوات وحلول أفضل داخل عمليات تصميم وتطوير المنتجات.

3ـ دور علوم تصميم وتطوير المنتجات فى ابتكار مواد جديدة:

فى واقع الأمر، تعتمد قدرات جميع هياكل المنتجات الصناعية المبتكرة على خصائص المواد التى يتم تصنيعها منها، وتكتسب منها المنتجات الصناعية خصائصها الفيزيائية للهيكل الخارجى (Dawood, 2017)، كما أن تطوير مواد جديدة يفتح باب الممكنات لتواجد أجهزة وتطبيقات جديدة كلياً؛ فالعملية التصميمية فى جوهرها تعتمد على مدى معرفة المصمم بالتقنيات المختلفة الخاصة بالمواد المقترح ترشيحها ضمن عملية التصميم وإنتاج أجزاء هيكل المنتج المستهدف، ومن أهمية المواد أنها يمكن أن تحدد الفروق فى تصميم الأجزاء، وإجراء عمليات التشغيل والتصنيع عليها (Ahmed et al., 2022)، وتمنح المصمم خيارات التعديل طبقاً لمتطلبات التصميم عنصر محدد أو عناصر مجمعة داخل المنتج.

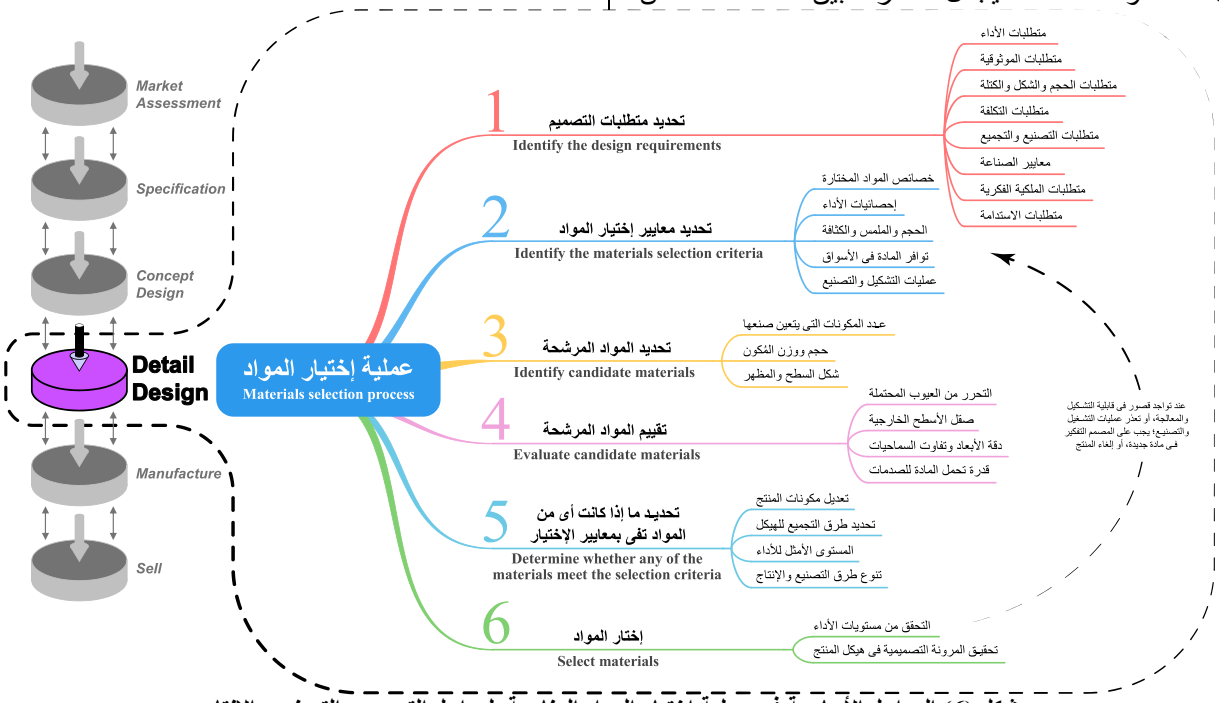
وغالباً ما تكون المواد أحد أهم دعائم إتخاذ قرارات التصميم، وكما هو الحال مع أى تقدم تكنولوجى، فإن الإكتشاف الأولى لمادة جديدة يتبعه سلسلة من الإكتشافات الإضافية، والتى بدورها تعمل على توسيع نطاق الإختراع أو الإكتشاف الأصلى (Richter et al., 2010)، وتستمر عملية التحسين على حدود وقدرات المادة الجديدة حتى تبلغ الأهداف المرجوة منها، وتُعرف أى خطوة من عمليات التحسين على أنها تسلسل متدرج فى خصائص المادة والتعرف الكامل عليها إستناداً إلى التجربة والخطأ (Wang et al., 2014)، وكل خطوة تعتمد كلياً على الخطوات التى تسبقها، وتكون بمثابة نقطة الإنطلاق لما قد يليها فى المستقبل القريب، ويمكن تعريف كل هذه المراحل على أنها التقنية الصناعية لمجال معين من علوم وهندسة المواد.

كما أن عند تعذر ملاءمة إحدى المكونات لتواجد مادة معينة، سيؤدى بالضرورة إلى إجبار فريق التصميم على التفكير فى البدائل الثانوية، أو محاولة ابتكار مادة جديدة، أو إلغاء المنتج، مع ملاحظة أن ابتكار مادة جديدة يضيف عبء التكلفة، وكذلك المخاطر المحتملة القائمة على جهود التطوير (Gopalakrishna & Chatterjee, 1992)، ومع ذلك، تكون المخاطر المضافة لعملية الابتكار جديرة بالإهتمام وممارسة التجربة والمجازفة أحياناً، وتوفر ميزة تنافسية للشركات المتنافسة، وقد يكون إلغاء المنتج أمراً مطروحاً للنقاش والتنفيذ، بالرغم من أنه أمر غير مرغوب فيه (Yoon & Lilien, 1985)، ويوضح شكل (6) الخطوات الأساسية فى عملية إختيار مادة ذات خصائص معينة لتلائم أجزاء المنتج؛ لكن بغض النظر عن عملية اختيار المواد المستخدمة، تظل مراحل تطوير المنتجات الموازية لعملية تطوير المواد والتقنيات المصاحبة لها أمراً حتمياً.

ويجد المصمم العديد من التساؤلات المُلحة عند عملية إختيار المواد المناسبة لمنتج محدد (Alexopoulos et al., 2018)، لأن إختيار المواد هو قرار يتم إتخاذه فى المرحلة المبكرة من عملية تصميم وتطوير أى منتج جديد، ولكن هذا القرار له تأثير كبير على دورة حياة المنتج النهائى كاملة، وتكون النتيجة دائماً لإختيار مادة مناسبة هى إنجاح المنتج، بداية من خطوات التصميم والتطوير لجميع أجزاء المنتج، مروراً بعمليات التشغيل والتصنيع والإنتاج الكمى للمنتج النهائى، وكذلك مرحلة التجريب والاستخدام الفعلى، وبيان ملاءمة المنتج لعمليات التفاعل ومدى تحقيق الإستعمالية (Yamamoto & Lambert, 1994)، وحتى أثناء عملية إعادة تدوير المنتج، لكن مع ملاحظة أن المادة لها مجموعة عمليات تصنيع وتشغيل محددة يمكن أن تشترك بها، حيث أن ليست كل المواد مناسبة لجميع العمليات (Bohanec, 2022)، وبالرغم من ذلك كله، هناك عدد من العوامل المشتركة بين قرارات إختيار المواد المناسبة والعملية التصنيعية وشكل المنتج النهائى.

كما تتوسع مجموعة المواد المتاحة بمعدل مرتفع، مع مرور الوقت يتم إختراع مادة جديدة ذات خصائص مرجوة، أو إكتشاف مادة لم يكن يعرفها البشر من قبل، مما يمنح المصممين خيارات واسعة للمواد داخل منتج محدد، وعندما يتم تقديم مادة جديدة داخل مجال التصميم، تقوم العقول المبدعة بفحص المادة وإجراء العديد من الإختبارات عليها، وإستنتاج

خصائصها من ناحية المظهر والمتانة والملمس وتعدد الألوان... وغيرها من الخصائص التى تميز تلك المادة (Pezzotta et al., 2016)، وعادة ما تخضع مشاكل إختيار المواد لقيود وأهداف متعددة، ونظراً لإختلاف طبيعة كل خاصية داخل المادة عن الأخرى، وتقاس بوحدات غير متكافئة مثل الكتلة والتكلفة، مما يجعل المقارنة بين تعدد الخصائص بين المواد صعبة، وإختيار خصائص معينة للمواد هى مصدر كبير لقصور عام فى يقين المصمم (Schweitzer & Fuchs, 2007)؛ فقد تكون خصائص المواد متفرقة فى الكيفية، وتقاس بأساليب تجريبية لا يمكن مقارنتها بشكل مباشر، وحينها يتعرض المصمم لتشتتاً إحصائياً كبيراً.



شكل (6) المراحل الأساسية فى عملية إختيار المواد المناسبة لمراحل التصميم والتصنيع والإنتاج

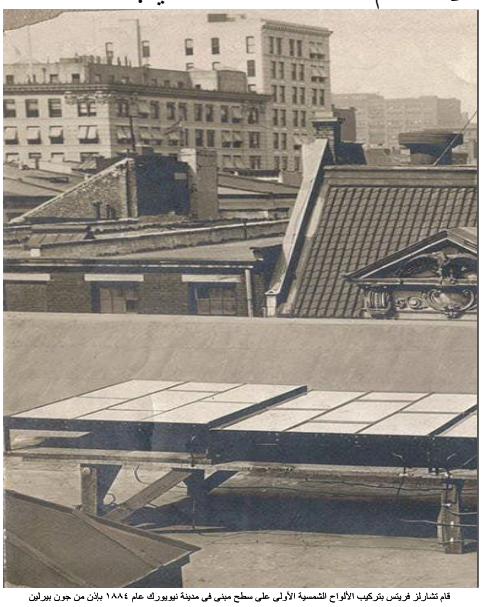
بسبب كل هذه الشكوك الكبيرة، غالباً ما تكون مشاكل إختيار المواد عملية معقدة للغاية، وتستند تلك القرارات فى أغلب الحالات إلى الحدس التوقعى أو سابقة التجربة أو قد تعتمد بشكل كبير على سمات معالجة محددة ضمن الخصائص المتاحة، وهذا النهج يمثل مشكلة واضحة لأن نتائج إختيار المواد تنعكس بشكل مباشر فى مشاكل استخدام المنتج، وتكون غير منطقية ولا يمكن حلها بشكل حدسى، وتسبب للمستخدم إرباك واضح أثناء عملية التفاعلات (Gopalakrishna & Lilien, 1995)، وكذلك التصميم القائم على سابقة التجارب ليس مناسباً فى مواجهة مواصفات التصميم المتغيرة والتطور الحاصل بها؛ فيلجأ حينها المصمم إلى إختيار نهج هجين يستند إلى الإختبارات الميدانية لتحديد مدى ملاءمة المواد المستخدمة.

وتبعاً لكل تلك الخطوات المتخذة لإختيار أفضل البدائل المتاحة للمواد، لا تزال عملية التصميم فى إحتياج متزايد من ظهور المواد الأكثر تطوراً داخل عمليات تصميم المنتجات؛ فبعض الإختراعات للمواد تم إيجادها لسد فجوة تكنولوجية معينة، تمت الدراسة على العديد من المواد لابتكار مادة جديدة قد تفى بالغرض (Popkova et al., 2018)، ويتم تمويل الأبحاث الأولية لتلك الإكتشافات من هيئات ومؤسسات قادرة على ذلك لأغراض خاصة بها، مثل الهيئات العسكرية كالجيوش، ووكالات إكتشاف ودراسة علوم الفضاء مثل وكالة الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء NASA، ووكالة ناسا عملت على العديد من المشروعات لأغراض إكتشاف الفضاء، ولعل أكثرها شهرة هى تصميم ألواح الطاقة الشمسية Solar panel تعمل بكفاءة عالية، والتى تعمل على إمداد جميع المنتجات التى تسبح فى الفضاء بالطاقة الدائمة من الشمس مباشرة، وذلك لتعذر إيجاد طاقة تقليدية دائمة دون توقف مثل مشتقات البترول، والتى تعمل عليها معظم المركبات الأرضية براً وبحراً وجواً، وبالرغم من أن وكالة ناسا لأبحاث الفضاء لم تكن أولى المخترعين لألواح الطاقة الشمسية، إلا أنها كانت أكبر مصدر لتطويرها إلى ما نعرفه اليوم (Alkan et al., 2018).

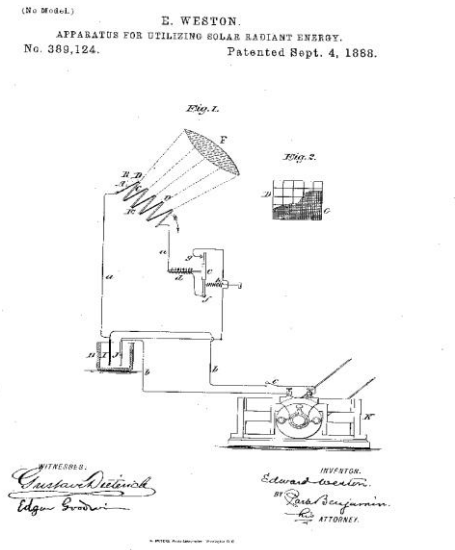
عمل المخترعون الأوائل لتكنولوجيا الطاقة الشمسية لأكثر من قرن ونصف، ولا تزال التحسينات فى الكفاءة والنواحى الجمالية مستمرة حتى الآن (Nathanson, 2021)، حينما بدأ الأمر مع إدموند بيكريل Edmond Becquerel، عالم فيزياء شاب يعمل فى فرنسا، لاحظ وإكتشف عام 1839 التأثير الكهروضوئى للألواح، والتى هى عملية تنتج جهداً أو تياراً كهربائياً عند التعرض للضوء أو طاقة مشعة، وبعد بضعة عقوم، إستوحى عالم الرياضيات الفرنسى أوغستين موشوت Augustin Mouchot من العمل السابق، وبدأ فى تسجيل براءة إختراع للمحركات التى تعمل بالطاقة الشمسية فى ستينيات القرن التاسع عشر، وبعدها إستوحى عدد من المخترعون براءات إختراع للأجهزة التى تعمل بالطاقة الشمسية منذ عام 1888، وقبلها بعدة أعوام، وتحديداً فى عام 1883 عندما أنشأ مخترع نيويورك تشارلز فريتس Charles Fritts أول خلية شمسية، عن طريق طلاء السيلينيوم Selenium بطبقة رقيقة من الذهب، وأفاد فريتس أن وحدة السيلينيوم أنتجت تياراً مستمراً وثابتاً وذو قوة كبيرة، حققت حينها هذه الخلية معدل تحويل طاقة من 1 إلى 2 بالمائة، وبعد بضع سنوات فقط فى عام 1888، حصل المخترع إدوارد ويستون Edward Weston على براءتى اختراع للخلايا الشمسية، براءة الاختراع الأمريكية 389124 وبراءة الاختراع الأمريكية 389425 (Gevorkian, 2007)، ويوضح شكل (7) الألواح الشمسية الأولى لتشارلز فريتس

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

على سطح المبنى، و براءة إختراع جهاز إدوارد ويستون لاستخدام الطاقة المشعة الشمسية.



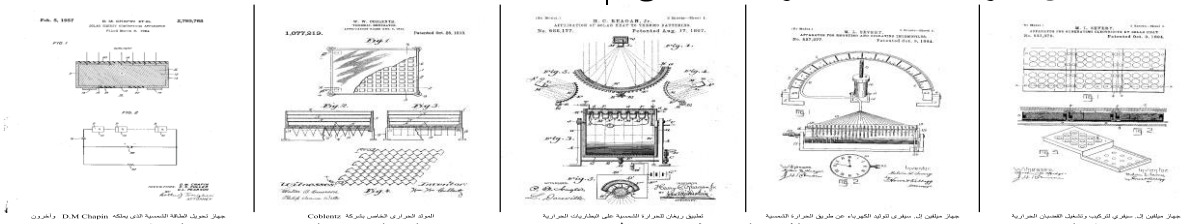
قام تشارلز فريتس بتركيب الألواح الشمسية الأولى على سطح مبنى فى مدينة نيويورك عام ١٨٨٤ بإذن من جون بيرلين



براءة اختراع "جهاز إدوارد ويستون لاستخدام الطاقة المشعة الشمسية" في ٤ سبتمبر ١٨٨٨. براءة الاختراع الأمريكية ٣٨٩١٢٤

شكل (7) الألواح الشمسية الأولى لتشارلز فريتس، وبراءة إختراع جهاز إدوارد ويستون

وتوالت بعدها التطورات المستمرة والمتلاحقة داخل مجال تطوير ألواح الطاقة الشمسية (Roy, 1998)، وإطلاق جهاز ميلفين إل. سيفرى Melvin L. Severy's لتركيب وتشغيل القضبان الحرارية، وأيضاً جهاز ميلفين إل. سيفرى Melvin L. Severy's لتوليد الكهرباء عن طريق الحرارة الشمسية، والحاصل على براءة إختراع فى 9 أكتوبر 1894، وتطبيق هارى ريغان Harry Reagan للحرارة الشمسية التى تعمل على البطاريات الحرارية، والمسجل ببراءة إختراع فى 17 أغسطس 1897، والمولد الحرارى لوليام كوبلنتز William Coblentz الخاص بشركة Coblentz، والحاصل على براءة إختراع فى 28 أكتوبر 1913، وجهاز تحويل الطاقة الشمسية الذى يملكه دارلى شابن D.M Chapin وآخرون Daryl Chapin, Calvin Fuller, and Gerald Pearson، والحاصل على براءة إختراع فى 5 فبراير 1957، ويوضح شكل (8) براءات الإختراع التى أسهمت بشكل مباشر فى تطوير تقنية الألواح الشمسية، والتى كان لها الدور الريادى فى وصول تكنولوجيا الخلايا الشمسية إلى الشكل الموجودة عليه اليوم (Mondal & Bansal, 2015).



جهاز ميلفين إل. سيفرى لتركيب وتشغيل القضبان الحرارية — جهاز ميلفين إل. سيفرى لتوليد الكهرباء عن طريق الحرارة الشمسية — تطبيق ريغان للحرارة الشمسية على البطاريات الحرارية — المولد الحرارى الخاص بشركة Coblentz — جهاز تحويل الطاقة الشمسية الذى يملكه D.M Chapin وآخرون

شكل (8) براءات إختراع جهازى ميلفين إل. سيفرى، وتطبيق هارى ريغان، ومولد وليام كوبلنتز، وجهاز دارلى شابن

كما أن الألواح الشمسية وتكنولوجيا الطاقة الشمسية قد قطعت أشواطاً عديدة من التطوير كغيرها من المنتجات (Fudholi et al., 2010)، حتى وصلت لأن تكون بالشكل المتواجد حالياً، ومتوافقة مع تقنيات المواد الموجودة؛ فجميع أفكار المنتجات بوجه عام بدأت بفكرة مجردة، وإنتقلت بعدها إلى تصميم قد لا يمكن تنفيذه، وبعدها تم إختبار العديد من المواد للتأكد من صلاحيتها وإختبار مستويات الأداء، وصولاً إلى منتج بدائى وشبه مكتمل يمكن تطويره فيما بعد بشكل متوازى مع ابتكارات علوم وهندسة المواد (Roozenburg & Eekels, 1995)، لذا فإن هذه الاختراعات الحاصلة على براءة إختراع هى دليل دامغ على أن التكنولوجيا المتطورة فى علوم وهندسة المواد لا تزال تعمل على تحسين كفاءتها وجمالياتها، وكذلك تنوعها وتوافر مستحدثاتها فى عمليات التصميم والتطوير للعديد من المنتجات التفاعلية، وقد مرت تطورات علوم وهندسة المواد بمراحل عديدة، وطرق إستكشافية مختلفة منها المواد الموجودة فى الطبيعة الأم، وكذلك المواد المخلطة طبقاً مثل المركبات والتى تقدم خصائص فائقة عن المواد الأصلية، وأيضاً المواد المصنعة طبقاً للخصائص المطلوبة، ومن خلال تطور المواد بشكل متوازى مع تقنيات التصنيع والإنتاج فى عصر المعلوماتية، أنتج ذلك أجيالاً جديدة من المنتجات التفاعلية، بعد أن إنتقلت علوم التصميم من مرحلة التصميم التقليدى للهيكل الخارجى، إلى مرحلة متقدمة من تصميم هياكل منتجات لها طابع ديناميكى جذاب، ومنها إلى بدايات ما يسمى بالتقنيات التفاعلية، ودمجها داخل المنتج.

4- تحسين واجهة المستخدم/خبرة المستخدم والتحول نحو التفاعلية:

منذ أولى المجتمعات الحضارية التى أنشأها الإنسان، ويعتمد البشر على المواد الموجودة من حوله، وبها أبدع الإنسان فى صنع أدواته ومعداته المختلفة، واستخدامها فى تذليل العديد من العقبات وتسهيل إجراءات حياته اليومية، وتطور إكتشاف العديد من المواد مع الثورة الصناعية الأولى، وهى تمثل إنتقال الصناعة من القوة العضلية للإنسان إلى الطاقة الميكانيكية للآلات، وتحويل نطاق الحياة من القرى والحقول والمزارع، إلى المدن الحديثة والمصانع (Ljungberg, 2007)، وتم تخليط الكثير من المواد الأخرى مع دخول العالم الثورة الصناعية الثانية، والتى فيها تم التوسع فى الصناعات الإنتاجية بشكل كمى، وظهور علوم التصميم والتطوير للمنتجات

والأنظمة الحياتية، وتم تصنيع مواد مخلطة منذ بداية الثورة الصناعية الثالثة، وتشكلت ملامح المعلوماتية ضمن المنتجات اليومية التى يتفاعل معها البشر، وحينها وُجدت حالة مُلحة فى إيجاد مواد مستحدثة لتغيير ملامح منتجات التاريخ البشرى (Ashby & Johnson, 2014)، وبدأ مصطلح الرقمنة فى الظهور بشكل كبير فى تصميم المنتجات والأنظمة، والتوجة فى محاولات جادة إلى زيادة مستويات الأتمتة التى توجد فى المنتجات والأنظمة التفاعلية.

كما يعد عامل السرعة فى تطور وإستحداث التقنيات، هو بمثابة المحدد الأول لمدى تقدم العصر الحالى، والإستدلال على مدى تقدم الحضارات داخل المجتمعات الحديثة (Raizman, 2020)، والعصر الحالى من تاريخ البشرية يتسم بالسرعة والتطور المتلاحقين فى جميع نواحى تقنيات المواد، ومع بدايات الثورة الصناعية الرابعة كانت ملامح التكنولوجيا الرقمية قد بدأت فى التشكل من جديد، وإتخذت طابعاً تفاعلياً وذكياً، وأصبحت المنتجات ليست فقط الشكل الخارجى هو من يمثلها، بل أيضاً البرمجيات التى بداخلها تعبر عن مستويات الأداء، كما توغل ما يعرف بثورة الذكاء الإصطناعى وتعلم الآلة بداخل المنتجات التى نتعامل معها يومياً، وهو ما يمثل القوة المعرفية للآلة من خلال الإنتقال من البدائية إلى مستقبل ما بعد الحداثة، وخاصة المعالِجات الإلكترونية للبيانات – وحدة المعالجة المركزية CPU- Central Processing Unit – ويقصد بها جميع المعالِجات المستخدمة فى الأجهزة الإلكترونية الحديثة، مثل التى بداخل الحاسب الآلى والهاتف الذكى... ومثيلاتها من المنتجات (Ljungberg & Edwards, 2003)، والذى كانت منتجاتها لها النصيب الأكبر فى عمليات التصميم والتطوير الجذرية التى تتم على أى منتج، وتطورت تلك المنتجات من الشكل التقليدى إلى ديناميكية الهيئة الخارجية، بل وأيضاً تطور المستوى الأدائى أيضاً، وتميزها البرمجيات الحديثة وتصميم واجهات المستخدم بالسرعة والدقة الغير مسبوقة (KLYOSOV, 2008).

وبعد أن قطعت البشرية شوطاً كبيراً من التطورات التكنولوجية المتلاحقة فى علوم وهندسة المواد، والتاريخ البشرى حافلاً بنتائج تلك الإنجازات الابتكارية فى جميع المجالات، وخاصة مجال تصميم وتطوير المنتجات التى تعمل على تيسير حياة الإنسان (Ashby, 2012)، ومع التقدم الهائل فى علوم وهندسة المواد فى عصرنا الحالى، تغيرت ملامح المنتجات التقليدية إلى منتجات تفاعلية منذ وقتها وإلى الأبد، وأصبحت حينها تصميم المنتجات يعتمد بشكل مباشر على تقنيات المواد المستحدثة، وذلك لتصميم واجهات المستخدم لإتمام عمليات التفاعل المباشر بين المستخدم والمنتج، وتقلص دور المواد التقليدية القديمة (McDowell et al., 2010)، والتى تستخدم غالباً فى تشكيل وصناعة هياكل المنتجات، نظراً لإحتياجها إلى عاملى القوة والمتانة، وتوسع العالم فى استخدام المواد المستحدثة مثل البوليمرات وأشباه الموصلات والمواد الذكية ومواد تقنية النانو، وذلك لقدرتها العالية فى تفادى الكثير من عيوب المواد السابقة، وكذلك زيادة مميزاتها عن نظيرتها التقليدية، وإكساب المنتجات الصناعية من خلالها الطابع التفاعلى الفريد (Rognoli et al., 2011)، وهو الأمر الذى أصبح مألوفاً لدى العديد من المستخدمين الحاليين.

فتواجد مفهوم واجهة المستخدم UI وخبرة المستخدم UX فى أغلب المنتجات التى يتفاعل معها البشر مؤكداً منذ أقدم العصور، ولكنه تأكد بعد بداية الثورات الصناعية حيث أن المنتجات تم تطويرها لتقوم بعمليات محددة، وكان هناك دواعى لإيجاد لغة حوار للتفاعل مع الآلة؛ لكنها قد تكون بأشكال مختلفة عن غيرها، وكانت فى السابق توجد داخل المنتجات التقليدية تحت مسمى وسائل البيان والتحكم، كانت نتيجة القيود الحدود الموجودة للمواد حينها، وهى عبارة عن أزار ووحدات تحكم، وكل منها لديه وظيفة محددة، إما أن يكون لإرسال بيان محدد للمنتج، أو يكون لإستقبال معلومة عن شئ ما بداخل المنتج (Ayuningtyas & Janah, 2018)، وإنتقلت فيما بعد لتكون متمثلة فى شاشات رقمية بدائية، ولكنها كانت تفى بالغرض وتقوم بعرض بعض الرسائل للمستخدم، وبعد التطور الثورى الحاصل فى علوم وهندسة المواد بظهور البوليمرات وأشباه الموصلات، تم تصغير مكونات التحكم كالأزرار التى تستخدم فى عمليات الإدخال، حتى تلاشت فى العديد من المنتجات ليتم إحلالها عن طريق شاشات اللمس Touch Screen مع إستحداث منظومة برمجيات المنتجات، والتى يكون التفاعل معها عن طريق اللمس (Lee et al., 2017)، وبها أيضاً عرض للمعلومات التى يحتاجها المستخدم.

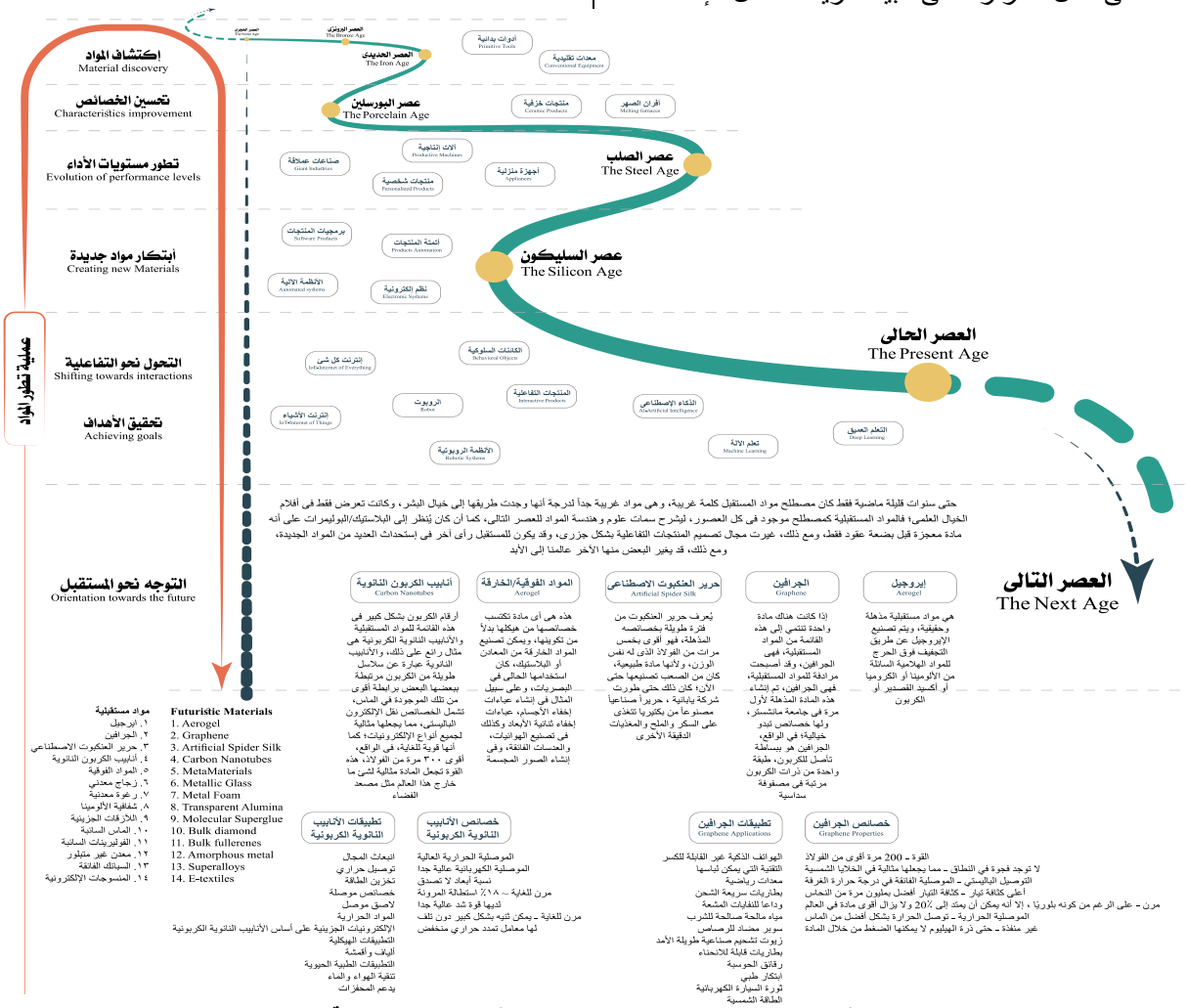
أيضاً يعمل المصمم على تحسين إستعمالية المنتجات، من خلال قراءة الأحداث والتطورات، وإتخاذ الخطوات الإستباقية فى إختبارات المواد، وإختيار الأكثر تناسباً مع وظيفة الأجزاء المُكونة للمنتج، أو التطلع إلى مواد حديثة مازالت قيد التجريب، لكن نتائجها قد تكون واعدة، ويجد أمامه العديد من الخيارات المتعددة، يمكن تجريبها والحصول على الأفضل من بينها (Alomari et al., 2020)، ويوضح شكل (9) المستويات المختلفة لتطور المنتجات والمواد المُصنعة منها عبر التاريخ الموثق، وما يمكن تحقيقه فى المستقبل القريب من خلال تحديات ابتكارات المواد فى العصر الحالى، وكذلك العصر التالى والذى يتحدد هويته حالياً من خلال الإكتشافات والإبداعات البشرية الحالية فى علوم وهندسة المواد.

نجد أن التطورات الثورية والمتلاحقة فى علوم وهندسة المواد، دائما ما يستغلها المصمم فى تطوير المنتجات والأنظمة الصناعية، ومنها تسهيل إجراءات التفاعل بين المستخدم والمنتج، ومن خلالها يمكن تعزيز عامل الإستعمالية بوجه عام، وبعد الإنتقال من التحكم فى المنتج عن طريق الأزرار، إلى الشاشة التفاعلية التى تعمل عن طريق اللمس (BANDYOPADHYAY & BUCK, 2015)، والتى سيطرت على أغلب المنتجات فى العصر الحالى، وإنتقل حينها مجال تصميم وتطوير المنتجات إلى مستوى جديد، أطلق عليه المنتجات والأنظمة التفاعلية، ومنه إلى مستوى آخر من المنتجات الذكية وآلات لديها القدرة على التعلم الذاتى، وكان لعلوم وهندسة المواد، وكذلك التقدم التقنى الحاصل بهذا المجال، الفضل الكبير على ظهور تلك الإبداعات البشرية وخروجها إلى الوجود، وكانت بداية حقبة جديدة من المنتجات السلوكية، وتطورت حينها واجهات المستخدم مرة أخرى وأصبحت أكثر فاعلية، وكانت معظمها عن طريق التفاعل الطبيعى للكائنات الحية، وهو عبارة عن الإيماءات والإشارات والتلفظ اللغوى، وتلك المنتجات لها تواجد سلوكى منافس للكائنات الحية، وكانت تلك الكائنات السلوكية سُميت الروبوت، وهو آلة متطورة لديها القدرة على العمل بذكاء (Joo, 2017)، حينها أدرك المصممون أن لديهم القدرة على ابتكار العديد من المنتجات المستقبلية، والتى يمكنها أن تؤثر على حياة البشر وتحسين إستعمالية المنتجات.

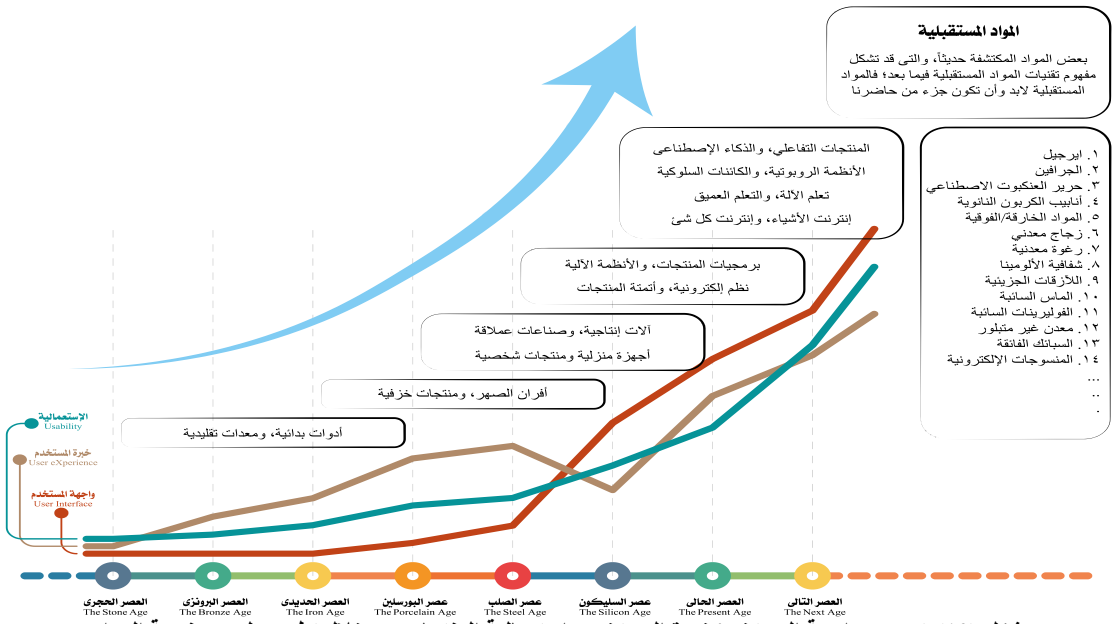
ويكون التعرف على تجربة التفاعل العامة مع المنتجات التفاعلية والمستقبلية وكذلك الأنظمة الروبوتية، عن طريق شقين رئيسيين فى عملية الاستخدام، وهم تصميم واجهة المستخدم UI – كيف تبدو أشكال العناصر والمجسمات؟، وتصميم خبرة المستخدم UX – كيفية عمل المكونات والأشياء؟ (Ritter & Winterbottom, 2017)، ويوضح شكل (10) تطور واجهات التفاعل فى المنتجات وخبرة المستخدم عبر العصور، ومروراً بالوقت الحاضر، ووصولاً

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

إلى المستقبل القريب، والتحولات التى يأمل لها المصمم فى جميع منتجاته دائماً، مثل تخفيف الوزن، تصغير الحجم، قوة ومتانة أعلى، أقل ضرراً على البيئة، زيادة عامل الإستدامة، وتقليل التكلفة؛ فتكون النتيجة منتجاً أقرب إلى المثالية، ويعمل على تحسين إستعمالية المنتجات.



شكل (9) مستويات تدرج تطورات مجال تصميم المنتجات الموازى لتطورات علوم وهندسة المواد عبر التاريخ الموثق



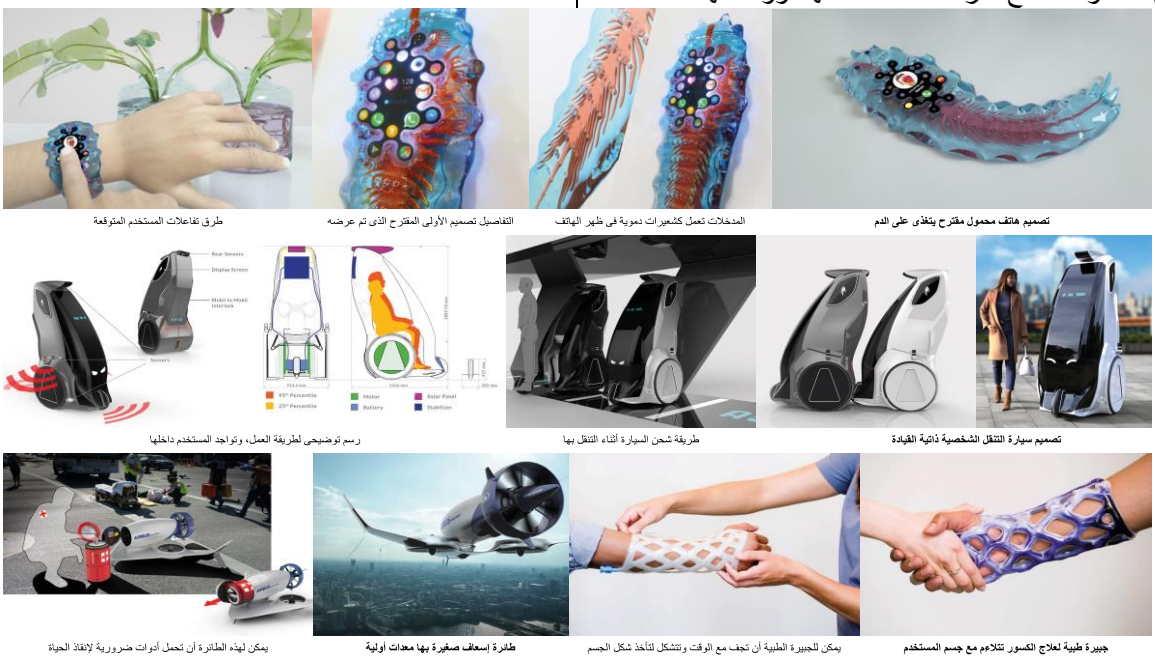
شكل (10) تحسين واجهة المستخدم/خبرة المستخدم وإستعمالية المنتجات من خلال تطور علوم وهندسة المواد
(adapted from: Paduraru, 2021; Hillmann, 2021; Eui-Chul & Kyungbo, 2015; Hopkins, 2017)

Citation: Mahmoud Al Gazar & Mina Dawod (2023), Usability: Improving UI/UX in Design by challenges of Materials Innovations, International Design Journal, Vol. 13 No. 1, (January 2023) pp 37-56

بالفعل لقد شكلت المواد تاريخ البشرية منذ فجر الحضارة، ومع التقدم التقنى فى علوم وهندسة المواد على مر العصور المتتالية، يستمر التطور المتلاحق فى تصميم المنتجات التفاعلية والمستقبلية فى العصر الحالى، ومنها إدخال تحسينات على تصميم واجهة المستخدم بتداخل تكنولوجيات مستحدثة فى المستقبل القريب، وبالتبعية نمو خبرة المستخدم بشكل كبير مع كثرة تجارب التفاعل التى يجريها المصمم فى الأوقات اللاحقة، وتعزيز مفهوم إستعمالية المنتجات والأنظمة، وتعظيم القيم النفعية وتحسين جودة الحياة بوجه عام؛ فبتطبيق الإكتشافات الحديثة مثل المواد الذكية وتقنية النانو... وغيرهم من المستحدثات التكنولوجية، يمكن الإستفادة منها فى تصميم مواد المنتجات من خلال التغيرات الفيزيائية والكيميائية الموجودة فى خصائص تلك المواد، كذلك المواد الخارقة أو الفوقية التى تم تصميمها لإنتاج تأثيرات لا تمتلكها المواد التقليدية عادةً (Lubar, 2000)، وأيضاً يمكن تداخل تلك المواد إلى حيز تطوير المنتجات، وأصبحت التأثيرات الجديدة التى تدخلها تقنيات المواد الحديثة شائعة، يؤدى بالضرورة إلى تطور غير مسبوق فى علوم الحاسب والذكاء الإصطناعى، وتطوير أشكال تخزين المعلومات لأغراض الحوسبة الكمية، وكذلك إذا أصبحت التأثيرات الجديدة التي أظهرتها هذه الاكتشافات شائعة، فإن التقنيات التى تحدد الحقبة التالية من تاريخ البشرية ستعتمد على تلك المواد المُكتشفة فى الحقبة التى تسبقها، ويكون تطور المواد مصحوباً بالتفضيلات التى قد تكون مستحيلة التى يسعى إليها المصممين، مثل تطور القدرات الحرارية والبصرية والميكانيكية للمواد المستقبلية.

ويواصل العلماء صنع مواد أفضل تكون أقوى وأخف وزناً وأكثر فاعلية من المواد التقليدية (Harvey, 2018)، ودائماً ما يعتمد نجاح المواد فى التطبيقات الصناعية أو التقنية على سلامتها أثناء التشغيل، ومدى ملاءمتها من خلال التوصيف القوى وطرق التنبؤ التى توفر خصائص مواد موثوقة، ويصبح هذا الأمر أكثر أهمية من غيره، لأن المواد الهندسية تستخدم بشكل أقرب إلى الحد الأقصى لزيادة أداء أى آلات وهياكل صناعية، ومن أجل لزيادة القيمة الهندسية للمادة، يتم تصميم المكونات مع مراعاة خصائصها ووظائفها المتعددة الفيزيائية والتى تتطلب تحقيقاً أكثر شمولاً وتوصيفاً لهذه المواد، سواء كانت مواد تقليدية أو حديثة أو حتى مستقبلية، ومع التقدم فى تكنولوجيا علوم وهندسة المواد (Hicks & Beaudry, 2010)، يبدو أن المواد الجديدة وتركيبات المواد لا نهاية لها، كما يشمل البحث والتطوير الحاليين دراسة العناصر الأرضية النادرة، والتى لها خصائص فريدة، ويبحث المهندسون بإستمرار عن طرق لتحسين مستويات الأداء، وقد يشمل ذلك وزناً أخف، وتكلفة أقل، وقوة أعلى، وأماناً متزايداً، وتأثيراً أقل على البيئة، وأهدافاً أخرى قد تكون مرغوبة حالياً ومستقبلاً.

وبعد أن كانت بعض الأمنيات بعيدة المنال، تحققت منذ وقت قريب بعضها عن طريق توافر تقنيات المواد اللازمة لذلك، مثل المكوك الفضائى القابل لإعادة الاستخدام والرجوع مرة أخرى إلى الأرض، وتقنية الكاربون فايبر ذات المتانة العالية فى السيارات، والذى كان السبب الرئيسى فى تخفيف وزن السيارات بشكل كبير، معالجات المواد التقليدية عن طريق تقنية النانو، وتصغير العديد من المنتجات الكبيرة الحجم وثقيلة الوزن، ودخول المواد الذكية ساحة علوم التصميم، وجعل أسطح المنتجات قابلة للتفاعل، والقماش مقاوم العرق والإتساخ، محكاة العقل البشرى الذى يسعى الإنسان إلى تحقيقه عن طريق الذكاء الإصطناعى وتعلم الآلة، ويعمل المصممون على تحقيق كل تلك الآمال والتوقعات الحالمة عن طريق مزامنة التعريفات الموجودة، والقيام بمراجعة البحوث المفاهيمية والتجريبية، والوقوف على ماهية المشكلة، وبيان بدائل الحلول المتوفرة لديهم، والكشف عن القيود والحدود العامة لتحقيق منتجات فائقة، تقارب إحتياجات وتطلعات جمهور المستخدمين، ويوضح شكل (11) بعض المقترحات المقدمة من المصممين لمنتجات مستقبلية، بناء على ما يمكن توافره من تكنولوجيات، ومواد أخرى متقدمة فى المستقبل القريب.



شكل (11أ) بعض المقترحات المقدمة من المصممين لمنتجات مستقبلية
(Chernyshev, 2020; Ahirwar, 2021; Mistry, 2020; Sowards, 2012)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

غسالة ملابس على شكل مدار كوكبى | توضيح الهيئة العامة للغسالة أثناء بدء التشغيل والاستخدام | منضدة تنس الطاولة تفاعلية | يمكن للمنضدة أن تقوم بدور الحكم

شكل (ب11) بعض المقترحات المقدمة من المصممين لمنتجات مستقبلية

(Chernyshev, 2020; Ahirwar, 2021; Mistry, 2020; Sowards, 2012)

كما يجد المصمم توقعات كبيرة، وآمال قد تكون حالمة من المستخدمين عند تصميم وتطوير المنتجات والأنظمة، وفى أغلب الأحيان يتطلع المستخدم إلى المزيد، وتم رصد العديد من تلك التوقعات التى يأمل جمهور المستخدمين بتحقيقها فى المنتجات الموجودة بالفعل، أو بتصميم منتج جديد يحقق تلك الإحتياجات، مثل البطاريات التى لا تنتهى، أو على الأقل تستمر إلى عشرات السنوات، ومنتجات لديها طاقة داخلية غير منتهية، أو على أقل التقديرات يمكن تجديدها ذاتياً دون تدخل، والمواد الغير قابلة للتلف أو الكسر فى بعض المنتجات التى تحتاج لهذه الخاصية، وجعل المنزل تفاعلى كاملاً دون الحاجة إلى تعب الإنسان فى عمليات كثيرة، والحاسبات الآلية ذات القدرات الفائقة، والتى تساهم فى عمليات ومراحل تصميم وتطوير المنتجات، وتطور الذكاء الإصطناعى وتعلم الآلة ليحل محل الإنسان فى كل الأعمال التى تحتاج إلى ذلك، ودمج بعض التقنيات داخل الإنسان ذاته، لتعمل على تسهيل بعض الإجراءات مثل الكشف عن أى خلل عضوى أو تحديد موقعه الحالى، وتطوير بعض المهارات المعرفية لديه، ولكن لا يزال أمام البشرية العديد من الوقت لتحقيق ذلك.

والتقدم التقنى له عدة طرائق خاصة فى ابتكارات تصميم المنتجات، لكن تظل المواد غير الموجودة وغير المكتشفة أحد أهم عوائق طريق المصمم لتحويل إبداعاته إلى منتجات مادية ملموسة ويمكن استخدامها ضمن نطاق حياتنا العادية، ومع ظهور تياراً لا ينتهى من المواد المستقبلية المحتملة، مثل خشب نصف شفاف، أسمنت مضئ، طوب البناء الخفيف، أسمنت خرسانى لتعمير المريخ... وغيرها من الإكتشافات والابتكارات فى عالم المواد، يمكن للمصمم إعادة التفكير فى المنتجات والأنظمة التقليدية أو حتى التفاعلية منها مرة أخرى، وذلك لجعلها أكثر إبداعاً من الناحية الابتكارية الجمالية والوظيفية وأكثر إستدامة من التقليدية التى تسبقها وتعزز مفهوم الإستعمالية، وسيستمر المهندسون والعلماء والباحثون الآخرون فى دفع حدود علوم وهندسة المواد؛ فلن يؤدى التقدم المادى إلى تحسين أنواع المنتجات التى يمكننا تصنيعها فحسب، بل سيعزز أيضاً الفرص فى إنشاء عالم أكثر صحة وإستدامة وفاعلية.

5ـ نتائج البحث Results:

- المواد الموجودة فى الطبيعة هى المحرك الأول للإبداع البشرى عبر التاريخ، وكانت الابتكارات الإنسانية كلها مستلهمة من الطبيعة كأشكال الهياكل الخارجية ووظائف المكونات والأجزاء الداخلية أيضاً، ويتم إنتاجها من المواد الموجودة المكتشفة أو المُخلطة أو المُصنعة.
- ناقش البحث تأثير تطور علوم وهندسة المواد على تطوير المنتجات وتحولها نحو التفاعلية، ومنها التوجه نحو المستقبل فى مدى توافر البدائل والمعايير المتاحة فى مشاكل إختيار وتوافر المواد، ولا تزال هناك حاجة لتعزيز قدرة أساليب إختيار المواد المناسبة للتصميم على أساس الخصائص المتاحة أو التى يمكن تصنيعها.
- تلعب المواد دوراً هاماً داخل عملية تصميم المنتجات بمختلف أشكالها، أى أن السمات الأساسية للمواد وخصائصها تحدد طبيعة المنتج أو قد تحد من المهام، لأن المنتجات وُجدت لتحقيق بعض أهداف الأداء، والتى يتم تحديدها من خلال مراعاة مواصفات التصميم من ناحية إختيار المواد الأنسب لتلك العمليات.
- إحتياج مجال التصميم إلى الكثير من التركيز على أهمية عمليات إختبارات النمذجة المادية، بإعتبارها العامل الأول فى تقييم المواد ومدى ملاءمتها داخل أجزاء المنتج المُصمم، وسيسمح ذلك للمصممين بأن يكونوا قادرين على تقييم المواد المختلفة بسهولة، ومقارنتها مع خصائص مختلفة ومؤشرات أداء وتكاليف فى وقت واحد.
- مواكبة مستحدثات تقنيات علوم وهندسة المواد يثرى العملية التصميمية للمنتجات التفاعلية والمستقبلية، وابتكار منتجات تتسم بالأشكال الديناميكية الجذابة، وتعزز مفهوم إستعمالية المنتجات وتثرى نوعية الحياة بوجه عام، حيث إن فحص وإختبار المواد يعد شرطاً أساسياً لمرحلة الإختبارات النهائية لنموذج الإنتاج الفعلى.
- قد يكون من الممكن فى الإصدارات المستقبلية من عمليات تصميم وتطوير المنتجات التفاعلية وجود برامج وأدوات محاكاة للمواد وكيفية إختبارها بواقعية، ويتم دمجها مع التصميم مع الأخذ فى الإعتبار دور إختيار المواد فى التصميم الحالى بشكل متزامن داخل محاكاة الإختبارات الفيزيائية للمواد والمنتجات.

6ـ توصيات البحث Recommendation:

- ضرورة إهتمام مؤسسات التعليم العالى بالأبحاث الإستكشافية، والتى تعمل على ابتكار العديد من المواد الجديدة ذات خصائص محددة يحتاجها المصمم لتشكيل أجزاء المنتج النهائى.
- تطوير مقررات التصميم علوم وهندسة المواد بكليات

الفنون التطبيقية، مع ضرورة التركيز على أهمية فهم طبيعة المواد فى التصميم، والتى هى أحد الدعائم الاساسية ضمن مراحل عملية تصميم المنتج.

- حث طلاب كليات التصميم على الإلمام بعلوم وهندسة المواد ضمن المعارف الأساسية لهم، ومحاولة الوقوف على ما يمكن تحقيقه مستقبلاً من مواد حديثة، وتصميم منتجات ذات خصائص تفاعلية.

7ـ مناقشة Discussion:

لقد تطورت علوم وهندسة المواد كمجال إجرائى تجريبى بشكل كبير، ويتم تطورها بإستحداث العديد من الأفكار التصميمية لدى المبدعين، ودمجها ضمن طرق جديدة للابتكار لإعادة التفكير فى التصميم الأصلى، وقد ساعد هذا المجال الباحثين والمصممين على تحويل المواد ضمن مراحل التصميم، وذلك من عملية إختيار ذات توجه تقنى ضيق التركيز، إلى ممارسة حيوية وإستقصائية ملهمة لجميع دارسى وممارسى التصميم؛ فيقدم البحث العلاقات الجديدة والناشئة بين المصمم والمواد والمنتج النهائى، ويتم تقديم موجز عام لسلسلة الترابط بين الإطار النظرى لإختيار المواد ومدى ملاءمة التجربة للمنتج الفعلى، وتم الإستعانة بأربعة محاور رئيسية تحدد وجهة النظر المعاصرة لتجارب إختيار المواد، وهم كالتالى:

- كان المحور الأول يعبر عن الدور المتغير للتصميم والبشر المصممين عبر التاريخ الإنسانى، حيث تم تقديم ممارسات التصميم المدفوعة بالمواد، وذلك على مر التاريخ البشرى الحافل بتصميم الأدوات والمعدات، وعمل المواد المخلطة والسبائك للحصول على خصائص جديدة، وتطورت الأدوات والمعدات من خلالها للقيام بمهام مختلفة.
- ويناقش المحور الثانى الدور المتغير للمواد نفسها، والتى أصبحت هى محور التفكير فى التصميم النهائى على نحو متزايد، وكيفية تقديم الحلول المبتكرة لتلافى أى عيوب فى التصميم قد ينتج من خلال المواد، لأن المواد لها حدود وقيود عامة لا يمكن تركها، مثل إمكانية عمليات اللحام وتناسب المواد مع بعضها فى عمليات الإحتكاك والتحمل، وكذلك الهياكل الخارجية للمنتجات ومدى ملاءمة المادة المختارة لها.
- ويذكر المحور الثالث دور عمليات التصميم والتطوير فى علوم وهندسة المواد، وذلك من خلال دور تجربة المواد فى الإستجابة لأهدف الإستدامة، مما يوفر أساساً علمياً ليس فقط لإلهام الابتكارات المادية للمنتج، ولكن أيضاً لإستكشاف مواد جديدة تناسب مقترحات تصميمية مستقبلية، وكل تلك العمليات هى بمثابة عوامل نشطة ومؤثرة داخل عمليات التصميم وخارجها، مما يجعل تطوير تصميم المنتج أمراً يسيراً.
- وتم التأكيد فى المحور الرابع على أن تطور علوم وهندسة المواد أمر بديهى، ويكون التطور هذا مصحوباً بتطورات مقابلة فى المنتجات، وأسهمت تلك العمليات فى تحول المنتجات إلى المستوى التفاعلى، والذى فيه يكون تصميم واجهات التفاعل هامة جداً، ويتم تصميمها مع مراعاة أنماط وسلوكيات جمهور المستخدمين، حينها تكون حققت التقنيات المتطورة فى علوم وهندسة المواد تحسينات على واجهات المستخدم، والتى يمكن من خلالها التفاعل مع المنتج.

وبمجرد ذكر أو سماع كلمة منتج مستقبلى futuristic product يستحضر البشر على الفور صوراً لأشياء فائقة الحداثة فى العقل، والشئ الأكثر إثارة للاهتمام فى التصميم أو الشى المستقبلى هو أنه يمكن بسهولة أن يترك الناس فى حالة ذهول ويترك خيالهم يتدفق؛ فمن المتوقع مستقبلاً أن تزداد أهمية تجارب المواد، لأن جميع المنتجات المادية تحتاج إلى تلك المواد من أجل عمليات التصنيع والإنتاج، وحتى التقنيات الإفتراضية والتى تعمل داخل نطاق رقمى تحتاج إلى وسائط فيزيائية وأجهزة مادية لتعمل من خلالها، وذلك ينطبق داخل مراحل وعمليات تصميم وتطوير المنتجات التفاعلية والمستقبلية أيضاً؛ فتواجد تلك التطورات فى مجالات تصميم المنتجات يعمل كحافز رئيسى لتطور ممارسات تصميمية إبداعية جديدة، ويتم فيها التركيز على طرق التفكير المبتكرة، وتحسين مستوى العمليات الإنتاجية بطرق متنوعة جديدة، وكذلك يمكن الإستنتاج من خلال التطورات المتسارعة فى علوم وهندسة المواد أنها المؤثر الأول على قرارات المصمم، لأنها تعمل كتأثير على الإختيارات المدروسة بعناية لتناسب المواد للتصميم، وكعدسة تحليلية يمكن من خلالها إتخاذ قرارات مدروسة جيداً فى تطوير المواد الجديدة، وإستحداث قدر كبير من مواد مستقبلية عمل على إدخال المزيد من التحسينات على عملية تصميم المنتجات.

8ـ الخلاصة Conclusion:

تتطلب عملية تصميم وتطوير المنتجات بإختلاف أشكالها وأنواعها سواء كانت المنتجات التقليدية أو حتى التفاعلية منها الكثير من العمليات المتداخلة التفاصيل التى تتم داخل مراحل عملية التصميم وحتى بلوغ مرحلة الإنتاج والاستخدام الفعلى للمنتج المستهدف؛ فكانت ولازالت عملية تصميم الأدوات المعدات المنتجات والأنظمة تعتمد بشكل رئيسى على مدى توافر المواد وتطورها، وتعد المواد المتاحة هى المحدد العام لإختيارات المصمم فى تحديد خصائص المكونات العامة والعناصر الشكلية وكذلك الأجزاء الداخلية، وكلما كانت المواد المتاحة لعملية تصميم منتج ما بها تنوع كمى وكيفى، كانت عملية تصميم المنتجات مفعمة بالحيوية وأكثر مرونة؛ فيمكن تلخيص مشاكل إختيار المواد فى فئتين أساسيتين وهما إختيار المواد بناءً على خصائص المادة ذاتها، وإختيار المواد بناءً على متطلبات تصميم المنتج، حيث تقترن خصائص المواد بخصائ الهيكل المادى، والخصائص الهيكلية ذات الصلة بالمكونات العامة، وتُعد المعرفة الجيدة ببيانات خصائص المواد أمراً ضرورياً، من أجل صياغة الشروط والمتطلبات التى يقررها المصمم كمعايير هامة، ومجموعة القيود والحدود التى يتم وصفها بدقة، يمكن أن تكون مؤشراً ناجحاً لإختيار المواد المناسبة؛ كما يمكن تصنيف عوامل التصميم القائم على تحديات المواد إلى مجالين هما الأهداف والقيود، والأهداف هى ما يمكن تحقيقه بالفعل، أو الممكنات التى يتعين على المصمم تحقيقها داخل التصميم، والقيود هى العوامل والإشتراطات التى يمكن من خلالها لتحديد ماهية خصائص المواد الممكن استخدامها والمطلوبة لتحقيق الأهداف العامة للمنتج.

9ـ مراجع البحث References:

1. Afsar, M. N., Birch, J. R., Clarke, R. N., & Chantry, G. W. (1986). The measurement of the properties of materials. *Proceedings of the IEEE*, *74*(1), 183–199.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Materials and design: The art and science of material selection in product design. Butterworth-Heinemann.
13. Ayuningtyas, K., & Janah, N. Z. (2018). Development and UI/UX usability analysis of Pinjemobil web-based application using User Satisfaction Model. *2018 International Conference on Applied Engineering (ICAE)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/incae.2018.8579391
14. BANDYOPADHYAY, K. I. R. S. T. E. N., & BUCK, R. E. B. E. C. C. A. (2015). From UI to UX: Building ethnographic praxis in a usability engineering culture. *Ethnographic Praxis in Industry Conference Proceedings*, *2015*(1), 156–143. https://doi.org/10.1111/1559-8918.2015.01047
15. Beretta, D., Neophytou, N., Hodges, J. M., Kanatzidis, M. G., Narducci, D., Martin-Gonzalez, M., Beekman, M., Balke, B., Cerretti, G., Tremel, W., Zevalkink, A., Hofmann, A. I., Müller, C., Dörling, B., Campoy-Quiles, M., & Caironi, M. (2019). Thermoelectrics: From history, a window to the future. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, *138*, 100501. https://doi.org/10.1016/j.mser.2018.09.001
16. Bohanec, M. (2022). Dex (decision expert): A qualitative hierarchical multi-criteria method. *Multiple Criteria Decision Making*, 39–78. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7414-3_3
17. Bucolo, M., Buscarino, A., Famoso, C., Fortuna, L., & Gagliano, S. (2020). Automation of the Leonardo da Vinci machines. *Machines*, *8*(3), 53.
18. Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2021). *Materials science and engineering an introduction*. John Wiley and Sons Australia, Ltd.
19. Casu, C., & Rivella, S. (2014). Iron age: Novel targets for Iron Overload. *Hematology*, *2014*(1), 216–221. https://doi.org/10.1182/asheducation-2014.1.216
20. Chapman, A. (2017). Middle/late bronze age to iron age settlement. *Bronze Age Monuments and Bronze Age, Iron Age, Roman and Anglo-Saxon Landscapes at Cambridge Road, Bedford*, 55–82. https://doi.org/10.2307/j.ctv170x4rn.9
21. Chernyshev, A. (2020, May 25). *Aristarkh Chernyshev imagines the future of cell phones with a blood-feeding organism*. designboom. Retrieved September 20, 2022, from https://www.designboom.com/art/aristarkh https://doi.org/10.1109/proc.1986.13432
2. Ahirwar, A. (2021). *2040 mobility - MOBII*. Behance. Retrieved November 20, 2022, from https://www.behance.net/gallery/113709857/2040-Mobility-MOBII?tracking_source=search_projects_recommended%7Cfuturistic%2Bproduct%2Bdesign
3. Ahmed, El Samany Abdel Moteleb, Dawood, Mina Eshaq Tawfilis, & Ebrahim, Omar Mohamed Ahmed. (2022). Ergonomics For Upgrading User Experience and Improve Usability. *Alqulzum Scientific Journal, 13*. Article 5. 93-110.
4. Alexandru Cătălin, Jaliu, C., & Comsit, M. (2020). *Product design*. IntechOpen.
5. Alexopoulos, K., Koukas, S., Boli, N., & Mourtzis, D. (2018). Architecture and development of an industrial internet of things framework for realizing services in Industrial Product-Service Systems. *Procedia CIRP*, *72*, 880–885. https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.152
6. Alkan, B., Vera, D., Ahmad, B., & Harrison, R. (2018). A method to assess assembly complexity of industrial products in early design phase. *IEEE Access*, *6*, 989–999. https://doi.org/10.1109/access.2017.2777406
7. Alomari, H. W., Ramasamy, V., Kiper, J. D., & Potvin, G. (2020). A user interface (UI) and user experience (UX) evaluation framework for cyberlearning environments in computer science and software engineering education. *Heliyon*, *6*(5). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03917
8. Amar, Z. (2002). The history of the paper industry in al-Sham in the Middle Ages. *Towns and Material Culture in the Medieval Middle East*, 119–133. https://doi.org/10.1163/9789004476158_011
9. Amer, Ayman Mouhamed Afifi, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2020). Robot Ergonomics: A cognitive scenario of the new Behavioral Objects. *International Design Journal*, *10* (3). Article 26. 319-331. DOI: 10.21608/idj.2020.96353.
10. Andreoni, W., & Yip, S. (2020). *Handbook of Materials Modeling*. Springer.
11. Ashby, M. F. (2012). *Materials and the environment: Eco-informed material choice 2nd edition*. Elsevier Science.
12. Ashby, M. F., & Johnson, K. (2014).

35. Gopalakrishna, S., & Chatterjee, R. (1992). A communications response model for a mature industrial product: Application and implications. *Journal of Marketing Research*, *29*(2), 189–200. https://doi.org/10.1177/002224379202900204
36. Gopalakrishna, S., & Lilien, G. L. (1995). A three-stage model of Industrial Trade Show Performance. *Marketing Science*, *14*(1), 22–42. https://doi.org/10.1287/mksc.14.1.22
37. Graedel, T. E., Harper, E. M., Nassar, N. T., Nuss, P., & Reck, B. K. (2015). Criticality of metals and metalloids. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(14), 4257–4262. https://doi.org/10.1073/pnas.1500415112
38. Grassby, R. (2005). Material culture and cultural history. *The Journal of Interdisciplinary History*, *35*(4), 591–603. https://doi.org/10.1162/0022195043327426
39. H., J. D. R., & Ashby, M. F. (2019). *Engineering materials 1: An introduction to properties, applications and Design*. Butterworth-Heinemann.
40. HAMILAKIS, Y. A. N. N. I. S. (1996). Wine, oil and the dialectics of power in Bronze Age Crete: A review of the evidence. *Oxford Journal of Archaeology*, *15*(1), 1–32. https://doi.org/10.1111/j.1468-0092.1996.tb00071.x
41. Harvey, K. editor. (2018). *History and material culture: A student's guide to approaching alternative sources*. Routledge.
42. Hicks, D., & Beaudry, M. C. (2010). Material Histories. In *The Oxford Handbook of Material Culture Studies* (pp. 150–172). essay, Oxford University Press.
43. Hillmann, C. (2021). The history and future of XR. *UX for XR*, 17–72. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7020-2_2
44. Hopkins, A. (2017). *An abridged history of ui - medium*. Medium. Retrieved September 22, 2022, from https://blog.prototypr.io/an-abridged-history-of-ui-7a1d6ce4a324
45. Ingold, T. (2012). Toward an ecology of materials. *Annual Review of Anthropology*, *41*(1), 427–442. https://doi.org/10.1146/annurev-anthro-081309-145920
46. Jans, R., & Degraeve, Z. (2008). Modeling industrial lot sizing problems: A Review. *International Journal of Production Research*, *46*(6), 1619–1643. -chernyshev-the-future-of-cell-phones-05-25-2020/
22. Collins, T. M., Gitelman, L., & Jankunis, G. (2002). *Thomas Edison and Modern America: A brief history with documents*. Bedford/St. Martin's.
23. Czichos, H., Saito, T., & Smith, L. (2007). *Springer Handbook of Materials Measurement Methods*. Springer.
24. Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2017). *4D Ergonomics Modeling in the Interaction Design field*. Unpublished Master Thesis. Arab Republic of Egypt: Faculty of Applied Arts, Helwan University.
25. Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2021a). *The Impact of Interaction Design in Innovating a Scenario of Robot Ergonomics*. Unpublished Ph.D. Thesis. Arab Republic of Egypt: Faculty of Applied Arts, Damietta University.
26. Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2021b). Robot Ergonomics: Giving the Behavioral Objects a dynamic presence. *International Design Journal*, *11*(5). Article 23. 293-304. DOI: 10.21608/idj.2021.191705.
27. Deliyannis, D., Dey, H., & Squatriti, P. (2019). Fifty early medieval things. https://doi.org/10.7591/9781501730283
28. Dyer, F. L., & Martin, T. C. (2018). *Edison: His life and inventions*. SNova.
29. Eui-Chul, J., & Kyungbo, M. (2015). Ux scenario development based on chatting UI for IOT home appliances. *Proceedings of the International Seminar on Computation, Communication and Control*. https://doi.org/10.2991/is3c-15.2015.9
30. Foxhall, L. (1995). Bronze to iron: Agricultural systems and political structures in Late Bronze Age and early iron age Greece. *The Annual of the British School at Athens*, *90*, 239–250. https://doi.org/10.1017/s006824540001618x
31. Fudholi, A., Sopian, K., Ruslan, M. H., Alghoul, M. A., & Sulaiman, M. Y. (2010). Review of solar dryers for agricultural and Marine Products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*(1), 1–30. https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.032
32. Gevorkian, P. (2007). *Solar power in building design the engineer's Complete Resource*. MCGRAW-HILL COMPANIES (OH).
33. Ginn, V. R. (2016). Bronze age review. *Mapping Society: Settlement Structure in Later Bronze Age Ireland*, 6–20. https://doi.org/10.2307/j.ctvxw3nrs.6
34. Goodno, B. J., Gere, J. M., & Gere, J. M. (2021). *Mechanics of Materials*. Cengage.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

57. Ljungberg, L. Y., & Edwards, K. L. (2003). Design, materials selection and marketing of successful products. *Materials & Design*, *24*(7), 519–529. https://doi.org/10.1016/s0261-3069(03)00094-3
58. Lubar, S. D. (2000). *History from things: Essays on material culture*. Smithsonian Institution Press.
59. McCabe, J. F., Yan, Z., Al Naimi, O. T., Mahmoud, G., & Rolland, S. L. (2011). Smart Materials in Dentistry. *Australian Dental Journal*, *56*, 3–10. https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01291.x
60. McDowell, D. L., Panchal, J. H., & Choi, H.-J. (2010). *Integrated design of multiscale, multifunctional materials and products*. Butterworth-Heinemann.
61. McPherson, S. S. (2013). *War of the currents: Thomas Edison vs. Nikola Tesla*. Twenty-First Century Books.
62. Mistry, N. (2020, September 21). *Medical innovations that will revolutionize the future of your healthcare! - yanko design*. Yanko Design - Modern Industrial Design News. Retrieved September 20, 2022, from https://www.yankodesign.com/2020/06/29/medical-innovations-that-will-revolutionize-the-future-of-your-healthcare/
63. Mittemeijer, E. J. (2021). *Fundamentals of Materials Science: The microstructure-property relationship using metals as model systems*. Springer International Publishing.
64. Mondal, A. K., & Bansal, K. (2015). A brief history and future aspects in automatic cleaning systems for solar photovoltaic panels. *Advanced Robotics*, *29*(8), 515–524. https://doi.org/10.1080/01691864.2014.996602
65. Moulson, A. J., & Herbert, J. M. (2008). *Electroceramics: Materials, properties, applications*. Wiley.
66. Nada, Osama Ali ElSayed, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2022). Digital Twin: Methodologies for modeling the Work Environment during the Design and Development processes. *International Design Journal*, *12*(5). Article 22. 225-242. DOI: 10.21608/IDJ.2022.260602.
67. Nathanson, A. (2021). *A history of solar power art and design*. Routledge, Taylor & Francis Group.
68. Newnham, R. E. (2004). Tensors and physical properties. *Properties of Materials*. https://doi.org/10.1093/oso/9780198520757.003.0002
47. Jeevanandam, J., Ling, J. K., Barhoum, A., Chan, Y. S., & Danquah, M. K. (2022). Bionanomaterials: Definitions, sources, types, properties, toxicity, and regulations. *Fundamentals of Bionanomaterials*, 1–29. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824147-9.00001-7
48. Jeevanandam, J., Vadanasundari, V., Pan, S., Barhoum, A., & Danquah, M. K. (2022). Bionanotechnology and Bionanomaterials. *Bionanotechnology : Emerging Applications of Bionanomaterials*, 3–44. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823915-5.00009-5
49. Jenkins, R. V., & Nier, K. A. (1984). A record for invention: Thomas Edison and his papers. *IEEE Transactions on Education*, *27*(4), 191–196. https://doi.org/10.1109/te.1984.4321702
50. Joo, H. S. (2017). A study on the development of experts according to UI / UX understanding. *KOREA SCIENCE & ART FORUM*, *31*, 401–411. https://doi.org/10.17548/ksaf.2017.12.30.401
51. Kelly, J. R., & Benetti, P. (2011). Ceramic Materials in Dentistry: Historical Evolution and current practice. *Australian Dental Journal*, *56*, 84–96. https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01299.x
52. KLYOSOV, A. A. (2008). Improving wood–polymer composite products: A case study. *Wood–Polymer Composites*, 331–353. https://doi.org/10.1533/9781845694579.331
53. Koestler-Grack, R. A. (2005). *Leonardo Da Vinci: artist, inventor, and Renaissance man*. Infobase Publishing.
54. Kuligowski, S. (2012). *Leonardo da Vinci: Renaissance Artist and Inventor*. Teacher Created Materials.
55. Lee, H.-J., Lee, J.-S., Jee, E., & Bae, D.-H. (2017). A user experience evaluation framework for mobile usability. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, *27*(02), 235–279. https://doi.org/10.1142/s0218194017500097
56. Ljungberg, L. Y. (2007). Materials selection and design for development of Sustainable Products. *Materials & Design*, *28*(2), 466–479. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2005.09.006

for Design. *Proceedings of the 2011 Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces - DPPI '11*, 1–8. https://doi.org/10.1145/2347504.2347540
81. Roozenburg, M. N. F., & Eekels, J. (1995). *Product design: Fundamentals and methods*. John Wiley & Sons.
82. Roy, S. A. (1998). The origin of the smaller, faster, cheaper approach in NASA's Solar System Exploration Program. *Space Policy*, *14*(3), 153–171. https://doi.org/10.1016/s0265-9646(98)00021-6
83. Saini, A., Kumar, R., & Kumar, R. (2021). Introduction and brief history of thermoelectric materials. *Thermoelectricity and Advanced Thermoelectric Materials*, 1–19. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819984-8.00012-6
84. Sanford, E. M. (1944). The study of ancient history in the Middle Ages. *Journal of the History of Ideas*, *5*(1), 21–43. https://doi.org/10.2307/2707100
85. Scholz, M. P. (2008). *Advanced Nxt: The Da Vinci Inventions Book*. Scholars Portal.
86. Schweitzer, E., & Fuchs, C. (2007). Life cycle management of Industrial Product-Service Systems. *Advances in Life Cycle Engineering for Sustainable Manufacturing Businesses*, 171–176. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-935-4_30
87. Shahbazi, S. (2020). *Circular product design and development*. Technical University of Denmark.
88. Singh, S., Uddin, M., & Prakash, C. (2022). Introduction, history, and origin of composite materials. *Fabrication and Machining of Advanced Materials and Composites*, 1–18. https://doi.org/10.1201/9781003327370-1
89. Smith, W. F. (2002). *Principles of Materials Science and Engineering*. McGraw-Hill.
90. Solé, A., Miró, L., Barreneche, C., Martorell, I., & Cabeza, L. F. (2013). Review of the T -history method to determine thermophysical properties of phase change materials (PCM). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *26*, 425–436. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.066
91. Soper, R. (1971). A general review of the Early Iron Age of the southern half of Africa. *Azania: Archaeological Research in Africa*, *6*(1), 5–37. https://doi.org/10.1080/00672707109511545
92. Sowards, A. (2012, April 3). *125+ unbelievable futuristic design concepts that* 7.003.0007
69. O'Connor, A. (2007). Before the stone age existed. *Finding Time for the Old Stone Age*. https://doi.org/10.1093/oso/9780199215478.003.0009
70. Ortner, H. M., Ettmayer, P., & Kolaska, H. (2014). The history of the technological progress of Hardmetals. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, *44*, 148–159. https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2013.07.014
71. Paduraru, A. (2021). *UI/UX Design Guide: What are Ui Designers, and how are they different than UX designers?* freeCodeCamp.org. Retrieved September 29, 2022, from https://www.freecodecamp.org/news/ui-ux-design-guide/
72. Pederson, C. E. (2008). *Thomas Edison*. ABDO Pub.
73. Pezzotta, G., Pirola, F., Rondini, A., Pinto, R., & Ouertani, M.-Z. (2016). Towards a methodology to engineer industrial product-service system – evidence from power and automation industry. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, *15*, 19–32. https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2016.04.006
74. Pollock, D. D. (2020). *Physical properties of materials for Engineers*. CRC Press.
75. Popkova, E. G., Ragulina, Y. V., & Bogoviz, A. V. (2018). Fundamental differences of transition to industry 4.0 from previous industrial revolutions. *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*, 21–29. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7_3
76. Prasher, R. (2006). Thermal interface materials: Historical perspective, status, and future directions. *Proceedings of the IEEE*, *94*(8), 1571–1586. https://doi.org/10.1109/jproc.2006.879796
77. Raizman, D. S. (2020). *History of modern design: Graphics and products since the Industrial Revolution*. Laurence King Publishing.
78. Richter, A., Sadek, T., & Steven, M. (2010). Flexibility in industrial product-service systems and use-oriented business models. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, *3*(2), 128–134. https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2010.06.003
79. Ritter, M., & Winterbottom, C. (2017). *Ux for the web: Build websites for user experience and usability*. Packt Publishing.
80. Rognoli, V., Salvia, G., & Levi, M. (2011). The aesthetic of interaction with materials

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Research on industrial product–service configuration driven by value demands based on ontology modeling. *Computers in Industry*, *65*(2), 247–257. https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.11.002

102. Wang, Z. L. (2001). Characterization of nanophase materials. *Particle & Particle Systems Characterization*, *18*(3), 142–156. https://doi.org/10.1002/1521-4117(200110)18:3<142::aid-ppsc142>3.0.co;2-n
103. White, M. A. (2016). Mechanical properties of materials. *Physical Properties of Materials*, 395–446. https://doi.org/10.1201/9780429468261-18
104. White, M. A. (2019). *Physical properties of materials*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
105. White,, L. (1940). Technology and invention in the Middle Ages. *Speculum*, *15*(2), 141–159. https://doi.org/10.2307/2849046
106. Wrigley, E. A. (1962). The supply of raw materials in the Industrial Revolution. *The Economic History Review*, *15*(1), 1. https://doi.org/10.2307/2593286
107. YAMADA, S. H. I. G. E. H. I. K. O., & SATO, H. I. R. O. S. H. I. (1962). Some physical properties of glassy carbon. *Nature*, *193*(4812), 261–262. https://doi.org/10.1038/193261b0
108. Yamamoto, M., & Lambert, D. R. (1994). The impact of product aesthetics on the evaluation of Industrial Products. *Journal of Product Innovation Management*, *11*(4), 309–324. https://doi.org/10.1111/1540-5885.1140309
109. Yoon, E., & Lilien, G. L. (1985). New industrial product performance: The effects of market characteristics and strategy*. *Journal of Product Innovation Management*, *2*(3), 134–144. https://doi.org/10.1111/1540-5885.230134

inspire creativity. Daily Business Resources for Entrepreneurs, Web Designers, & Creatives by Andy Sowards. Retrieved September 20, 2022, from https://www.andysowards.com/blog/2012/125-unbelievable-futuristic-design-concepts-that-inspire-creativity/

93. Strafford, K. N., Newell, R., Audy, K., & Audy, J. (1996). Analysis of bell material from the Middle Ages to the recent time. *Endeavour*, *20*(1), 22–27. https://doi.org/10.1016/0160-9327(96)10003-x
94. Szmuk, P., Ezri, T., Evron, S., Roth, Y., & Katz, J. (2007). A brief history of tracheostomy and tracheal intubation, from the bronze age to the space age. *Intensive Care Medicine*, *34*(2), 222–228. https://doi.org/10.1007/s00134-007-0931-5
95. Tagliaferro, L. (2003). *Thomas Edison: Inventor of the age of electricity*. Lerner Publications Co.
96. Tew, B., & Hurstfield, J. (1953). History of the Second World War. the control of raw materials. *The Economic History Review*, *6*(2), 216. https://doi.org/10.2307/2590962
97. Trinder, D., Macey, D. J., & Olynyk, J. K. (2000). The New Iron Age. *International Journal of Molecular Medicine*, *6*(6), 607–619. https://doi.org/10.3892/ijmm.6.6.607
98. Unger, R. (2008). Cartography in antiquity and the Middle Ages. https://doi.org/10.1163/ej.9789004166639.i-300
99. Wachhorst, W., & Millard, A. (1991). Edison and the business of innovation. *The Journal of American History*, *78*(1), 354. https://doi.org/10.2307/2078193
100. Walsh, G. G. (1940). The Middle Ages. *Thought*, *15*(1), 157–159. https://doi.org/10.5840/thought1940151231
101. Wang, P. P., Ming, X. G., Wu, Z. Y., Zheng, M. K., & Xu, Z. T. (2014).

Citation: **Mahmoud Al Gazar & Mina Dawod (2023), Usability: Improving UI/UX in Design by challenges of Materials Innovations, International Design Journal, Vol. 13 No. 1, (January 2023) pp 37-56**

Usability: Improving UI/UX in Design by challenges of Materials Innovations

Mahmoud Ahmed Gouda Elgazzar
Asst. Prof. of Industrial Design Department, Faculty of Applied Arts – Benha University, mahmoud.algazar@fapa.bu.edu.eg

Mina Eshaq Tawfilis Dawood
Lecturer of Industrial Design Department, Faculty of Applied Arts – Damietta University, minaeshaq@du.edu.eg

Abstract:

When people use interactive products, the first thing they interact with is the user interface. UI/UX is always designed considering the cognitive responses and behavioral patterns of users. However, research on the evolution of UI-User Interface and UX-User Experience still has many limitations related to the diversity of materials used, as well as its production technology. In this research, we will discuss the design of industrial products and user interfaces, their evolution from traditional forms, and the application of multiple improvements to it until reaching an attractive dynamic form, which we find on the smartphones' screen, and afterwards reaching the stage of intelligent systems capable of analyzing data through cognitive interactions. We will also study the direct relationship between the development of material production, that are used in the manufacturing processes of smart and interactive products, and the improvement of user experiences which has a great impact on enhancing the use of these products significantly. The diversity of materials and their development provides the designers with many alternatives that they can choose among them to implement the different parts of the product. And on this basis, the presence and diversity of materials is the first determinant of implementing the designer's innovations, and their presence within a specific product as a real and tangible reality, and there are still many future products and systems that will not appear except with emergence of other advanced materials; Then the search process for and improvement of new materials is a combined scientific and engineering endeavor. **Background and problem:** The designer always works to facilitate the interaction procedures between the user and the product, by creating a cognitive scenario that acts as a lexicon for the communication between the user and the product, and in this case, it is called the user interface (UI). The interactive products and their traditional ones have the user interface directly correlated to the evolution of materials and the emergence of new ones including improvements to user interfaces based on the evolution and availability of materials within products. Through this, the research problem is limited to the inadequacy of the designers to keep up with the material production technology, and the designers' familiarity with the characteristics of the materials they need within the product design and development process. This is due to the scarcity of exploratory research that introduces the designer to what is new in the engineering of materials developed in the field of design, and the lack of innovative materials to introduce new creative additions within interactive products and make them more fun and attractive. **Objectives:** In light of the tremendous development of the product design process and the shift towards interactivity, the research aims to increase the awareness of the industrial and interactive designer of the revolutionary development in materials science and engineering, and the extent to which new materials innovations affect the flexibility of designing more efficient interactive products, by making improvements to the user interface/user experience UI/UX, and providing the user with fun and effective interaction experience, which represents a major challenge for the industrial and interactive designer, who in turn aspire to provide advanced improvements in user interfaces during the process of direct interaction with products/systems, to achieve maximum product usage efficiency and enhance the utilization factor. **Significance:** Demonstration of the importance of materials found in nature as the first engine of human creativity, by providing innovative and unusual solutions for the development of tools, equipment, and systems in parallel with the discovery of new materials throughout human history, as well as the subsequent evolution of materials science and engineering through the four industrial revolutions, and the creation of new laboratory-produced materials used to conduct effective

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

improvements to the user interface/user experience UI/UX, and to provide the interactive products with a new aesthetic measure through the developments of available materials. This supports the designer decisions in reaching innovative materials that fit the parts of the product to be designed and provides solutions and functional treatments for user interaction interfaces and achieve sustainability element of products in general. **Methodology:** The research relied on the inductive approach to study the problem, achieve the research hypothesis, and indicate its importance. **Major results:** The materials found in nature are the first engine of human creativity throughout history, and all human innovations were inspired by nature, such as the forms of external structures and the functions of components and internal parts as well, and they are produced from existing materials discovered, mixed, or manufactured. The research discussed the impact of the development of materials science and engineering on the development of products and their transformation towards interactive, including the orientation towards the future in the availability of alternatives and available standards in the problems of choosing and availability of materials, and there is still a need to enhance the ability of methods for selecting appropriate materials for design based on available characteristics or that can be manufactured. Materials play an important role in the product design process of their various forms, that is, the basic features and characteristics of materials determine the nature of the product or may limit the tasks because the products were found to achieve some performance objectives, which are determined by considering the design specifications in terms of choosing the most appropriate materials for these processes. The design field needs a lot of focus on the importance of physical modeling tests, as it is the first factor in evaluating materials and their suitability within the parts of the designed product, which will allow designers to be able to easily evaluate different materials, and compare them with different characteristics, performance indicators and costs simultaneously. Keeping pace of the latest technologies of materials science and engineering enriches the design process of interactive and future products, creates products characterized by attractive, dynamic shapes, and enriches the quality of life in general, because the examination and testing of materials is a prerequisite for the final testing stage of the actual production model. It may be possible in future versions of interactive product design and development processes to have software programs and tools to simulate and to test materials realistically, and they are integrated with the design, taking into account the role of choosing materials in the current design simultaneously within the simulation of physical tests for materials and products.

Keywords:

Interaction Design, Interactive Ergonomics, User Interface, User eXperience, Usability, Materials Science

References:

1. Afsar, M. N., Birch, J. R., Clarke, R. N., & Chantry, G. W. (1986). The measurement of the properties of materials. *Proceedings of the IEEE*, *74*(1), 183–199. https://doi.org/10.1109/proc.1986.13432
2. Ahirwar, A. (2021). *2040 mobility - MOBII*. Behance. Retrieved November 20, 2022, from https://www.behance.net/gallery/113709857/2040-Mobility-MOBII?tracking_source=search_projects_recommended%7Cfuturistic%2Bproduct%2Bdesign
3. Ahmed, ElSamany AbdElmoteleb, Dawood, Mina Eshaq Tawfilis, & Ebrahim, Omar Mohamed Ahmed. (2022). Ergonomics For Upgrading User Experience and Improve Usability. *Alqulzum Scientific Journal, 13*. Article 5. 93-110.
4. Alexandru Cătălin, Jaliu, C., & Comsit, M. (2020). *Product design*. IntechOpen.
5. Alexopoulos, K., Koukas, S., Boli, N., & Mourtzis, D. (2018). Architecture and development of an industrial internet of things framework for realizing services in Industrial Product Service Systems. *Procedia CIRP*, *72*, 880–885. https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.152
6. Alkan, B., Vera, D., Ahmad, B., & Harrison, R. (2018). A method to assess assembly complexity of industrial products in early design phase. *IEEE Access*, *6*, 989–999. https://doi.org/10.1109/access.2017.2777406
7. Alomari, H. W., Ramasamy, V., Kiper, J. D., & Potvin, G. (2020). A user interface (UI) and user

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

experience (UX) evaluation framework for cyberlearning environments in computer science and software engineering education. *Heliyon*, *6*(5). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03917

8. Amar, Z. (2002). The history of the paper industry in al-Sham in the Middle Ages. *Towns and Material Culture in the Medieval Middle East*, 119–133. https://doi.org/10.1163/9789004476158_011
9. Amer, Ayman Mouhamed Afifi, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2020). Robot Ergonomics: A cognitive scenario of the new Behavioral Objects. *International Design Journal, 10* (3). Article 26. 319-331. DOI: 10.21608/idj.2020.96353.
10. Andreoni, W., & Yip, S. (2020). *Handbook of Materials Modeling*. Springer.
11. Ashby, M. F. (2012). *Materials and the environment: Eco-informed material choice 2nd edition*. Elsevier Science.
12. Ashby, M. F., & Johnson, K. (2014). *Materials and design: The art and science of material selection in product design*. Butterworth-Heinemann.
13. Ayuningtyas, K., & Janah, N. Z. (2018). Development and UI/UX usability analysis of Pinjemobil web-based application using User Satisfaction Model. *2018 International Conference on Applied Engineering (ICAE)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/incae.2018.8579391
14. BANDYOPADHYAY, K. I. R. S. T. E. N., & BUCK, R. E. B. E. C. C. A. (2015). From UI to UX: Building ethnographic praxis in a usability engineering culture. *Ethnographic Praxis in Industry Conference Proceedings*, *2015*(1), 156–143. https://doi.org/10.1111/1559-8918.2015.01047
15. Beretta, D., Neophytou, N., Hodges, J. M., Kanatzidis, M. G., Narducci, D., Martin- Gonzalez, M., Beekman, M., Balke, B., Cerretti, G., Tremel, W., Zevalkink, A., Hofmann, A. I., Müller, C., Dörling, B., Campoy-Quiles, M., & Caironi, M. (2019). Thermoelectrics: From history, a window to the future. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, *138*, 100501. https://doi.org/10.1016/j.mser.2018.09.001
16. Bohanec, M. (2022). Dex (decision expert): A qualitative hierarchical multi-criteria method. *Multiple Criteria Decision Making*, 39–78. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7414-3_3
17. Bucolo, M., Buscarino, A., Famoso, C., Fortuna, L., & Gagliano, S. (2020). Automation of the Leonardo da Vinci machines. *Machines*, *8*(3), 53.
18. Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2021). *Materials science and engineering an introduction*. John Wiley and Sons Australia, Ltd.
19. Casu, C., & Rivella, S. (2014). Iron age: Novel targets for Iron Overload. *Hematology*, *2014*(1), 216–221. https://doi.org/10.1182/asheducation-2014.1.216
20. Chapman, A. (2017). Middle/late bronze age to iron age settlement. *Bronze Age Monuments and Bronze Age, Iron Age, Roman and Anglo-Saxon Landscapes at Cambridge Road, Bedford*, 55–82. https://doi.org/10.2307/j.ctv170x4rn.9
21. Chernyshev, A. (2020, May 25). *Aristarkh Chernyshev imagines the future of cell phones with a blood-feeding organism*. designboom. Retrieved September 20, 2022, from https://www.designboom.com/art/aristarkh-chernyshev-the-future-of-cell-phones-05-25-2020/
22. Collins, T. M., Gitelman, L., & Jankunis, G. (2002). *Thomas Edison and Modern America: A brief history with documents*. Bedford/St. Martin's.
23. Czichos, H., Saito, T., & Smith, L. (2007). *Springer Handbook of Materials Measurement Methods*. Springer.
24. Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2017). *4D Ergonomics Modeling in the Interaction Design field*. Unpublished Master Thesis. Arab Republic of Egypt: Faculty of Applied Arts, Helwan University.
25. Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2021a). *The Impact of Interaction Design in Innovating a Scenario of Robot Ergonomics*. Unpublished Ph.D. Thesis. Arab Republic of Egypt: Faculty of Applied Arts, Damietta University.
26. Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2021b). Robot Ergonomics: Giving the Behavioral Objects a dynamic presence. *International Design Journal, 11*(5). Article 23. 293-304. DOI: 10.21608/idj.2021.191705.

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

27. Deliyannis, D., Dey, H., & Squatriti, P. (2019). Fifty early medieval things. https://doi.org/10.7591/9781501730283
28. Dyer, F. L., & Martin, T. C. (2018). *Edison: His life and inventions*. SNova.
29. Eui-Chul, J., & Kyungbo, M. (2015). Ux scenario development based on chatting UI for IOT home appliances. *Proceedings of the International Seminar on Computation, Communication and Control*. https://doi.org/10.2991/is3c-15.2015.9
30. Foxhall, L. (1995). Bronze to iron: Agricultural systems and political structures in Late Bronze Age and early iron age Greece. *The Annual of the British School at Athens*, *90*, 239–250. https://doi.org/10.1017/s006824540001618x
31. Fudholi, A., Sopian, K., Ruslan, M. H., Alghoul, M. A., & Sulaiman, M. Y. (2010). Review of solar dryers for agricultural and Marine Products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*(1), 1–30. https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.032
32. Gevorkian, P. (2007). *Solar power in building design the engineer's Complete Resource*. MCGRAW-HILL COMPANIES (OH).
33. Ginn, V. R. (2016). Bronze age review. *Mapping Society: Settlement Structure in Later Bronze Age Ireland*, 6–20. https://doi.org/10.2307/j.ctvxw3nrs.6
34. Goodno, B. J., Gere, J. M., & Gere, J. M. (2021). *Mechanics of Materials*. Cengage.
35. Gopalakrishna, S., & Chatterjee, R. (1992). A communications response model for a mature industrial product: Application and implications. *Journal of Marketing Research*, *29*(2), 189–200. https://doi.org/10.1177/002224379202900204
36. Gopalakrishna, S., & Lilien, G. L. (1995). A three-stage model of Industrial Trade Show Performance. *Marketing Science*, *14*(1), 22–42. https://doi.org/10.1287/mksc.14.1.22
37. Graedel, T. E., Harper, E. M., Nassar, N. T., Nuss, P., & Reck, B. K. (2015). Criticality of metals and metalloids. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(14), 4257–4262. https://doi.org/10.1073/pnas.1500415112
38. Grassby, R. (2005). Material culture and cultural history. *The Journal of Interdisciplinary History*, *35*(4), 591–603. https://doi.org/10.1162/0022195043327426
39. H., J. D. R., & Ashby, M. F. (2019). *Engineering materials 1: An introduction to properties, applications and Design*. Butterworth-Heinemann.
40. HAMILAKIS, Y. A. N. N. I. S. (1996). Wine, oil and the dialectics of power in Bronze Age Crete: A review of the evidence. *Oxford Journal of Archaeology*, *15*(1), 1–32. https://doi.org/10.1111/j.1468-0092.1996.tb00071.x
41. Harvey, K. editor. (2018). *History and material culture: A student's guide to approaching alternative sources*. Routledge.
42. Hicks, D., & Beaudry, M. C. (2010). Material Histories. In *The Oxford Handbook of Material Culture Studies* (pp. 150–172). essay, Oxford University Press.
43. Hillmann, C. (2021). The history and future of XR. *UX for XR*, 17–72. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7020-2_2
44. Hopkins, A. (2017). *An abridged history of ui - medium*. Medium. Retrieved September 22, 2022, from https://blog.prototypr.io/an-abridged-history-of-ui-7a1d6ce4a324
45. Ingold, T. (2012). Toward an ecology of materials. *Annual Review of Anthropology*, *41*(1), 427–442. https://doi.org/10.1146/annurev-anthro-081309-145920
46. Jans, R., & Degraeve, Z. (2008). Modeling industrial lot sizing problems: A Review. *International Journal of Production Research*, *46*(6), 1619–1643. https://doi.org/10.1080/00207540600902262
47. Jeevanandam, J., Ling, J. K., Barhoum, A., Chan, Y. S., & Danquah, M. K. (2022). Bionanomaterials: Definitions, sources, types, properties, toxicity, and regulations. *Fundamentals of Bionanomaterials*, 1–29. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824147-9.00001-7
48. Jeevanandam, J., Vadanasundari, V., Pan, S., Barhoum, A., & Danquah, M. K. (2022). Bionanotechnology and Bionanomaterials. *Bionanotechnology : Emerging Applications of Bionanomaterials*, 3–44. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823915-5.00009-5
49. Jenkins, R. V., & Nier, K. A. (1984). A record for invention: Thomas Edison and his papers.

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

IEEE Transactions on Education, *27*(4), 191–196. https://doi.org/10.1109/te.1984.4321702
50. Joo, H. S. (2017). A study on the development of experts according to UI / UX understanding. *KOREA SCIENCE & ART FORUM*, *31*, 401–411. https://doi.org/10.17548/ksaf.2017.12.30.401
51. Kelly, J. R., & Benetti, P. (2011). Ceramic Materials in Dentistry: Historical Evolution and current practice. *Australian Dental Journal*, *56*, 84–96. https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01299.x
52. KLYOSOV, A. A. (2008). Improving wood–polymer composite products: A case study. *Wood–Polymer Composites*, 331–353. https://doi.org/10.1533/9781845694579.331
53. Koestler-Grack, R. A. (2005). *Leonardo Da Vinci: artist, inventor, and Renaissance man*. Infobase Publishing.
54. Kuligowski, S. (2012). *Leonardo da Vinci: Renaissance Artist and Inventor*. Teacher Created Materials.
55. Lee, H.-J., Lee, J.-S., Jee, E., & Bae, D.-H. (2017). A user experience evaluation framework for mobile usability. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, *27*(02), 235–279. https://doi.org/10.1142/s0218194017500097
56. Ljungberg, L. Y. (2007). Materials selection and design for development of Sustainable Products. *Materials & Design*, *28*(2), 466–479. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2005.09.006
57. Ljungberg, L. Y., & Edwards, K. L. (2003). Design, materials selection and marketing of successful products. *Materials & Design*, *24*(7), 519–529. https://doi.org/10.1016/s0261-3069(03)00094-3
58. Lubar, S. D. (2000). *History from things: Essays on material culture*. Smithsonian Institution Press.
59. McCabe, J. F., Yan, Z., Al Naimi, O. T., Mahmoud, G., & Rolland, S. L. (2011). Smart Materials in Dentistry. *Australian Dental Journal*, *56*, 3–10. https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01291.x
60. McDowell, D. L., Panchal, J. H., & Choi, H.-J. (2010). *Integrated design of multiscale, multifunctional materials and products*. Butterworth-Heinemann.
61. McPherson, S. S. (2013). *War of the currents: Thomas Edison vs. Nikola Tesla*. Twenty-First Century Books.
62. Mistry, N. (2020, September 21). *Medical innovations that will revolutionize the future of your healthcare! - yanko design*. Yanko Design - Modern Industrial Design News. Retrieved September 20, 2022, from https://www.yankodesign.com/2020/06/29/medical-innovations-that-will-revolutionize-the-future-of-your-healthcare/
63. Mittemeijer, E. J. (2021). *Fundamentals of Materials Science: The microstructure-property relationship using metals as model systems*. Springer International Publishing.
64. Mondal, A. K., & Bansal, K. (2015). A brief history and future aspects in automatic cleaning systems for solar photovoltaic panels. *Advanced Robotics*, *29*(8), 515–524. https://doi.org/10.1080/01691864.2014.996602
65. Moulson, A. J., & Herbert, J. M. (2008). *Electroceramics: Materials, properties, applications*. Wiley.
66. Nada, Osama Ali ElSayed, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2022). Digital Twin: Methodologies for modeling the Work Environment during the Design and Development processes. *International Design Journal*, *12*(5). Article 22. 225-242. DOI: 10.21608/IDJ.2022.260602.
67. Nathanson, A. (2021). *A history of solar power art and design*. Routledge, Taylor & Francis Group.
68. Newnham, R. E. (2004). Tensors and physical properties. *Properties of Materials*. https://doi.org/10.1093/oso/9780198520757.003.0007
69. O'Connor, A. (2007). Before the stone age existed. *Finding Time for the Old Stone Age*. https://doi.org/10.1093/oso/9780199215478.003.0009
70. Ortner, H. M., Ettmayer, P., & Kolaska, H. (2014). The history of the technological progress of Hardmetals. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, *44*, 148–159.

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2013.07.014
71. Paduraru, A. (2021). *UI/UX Design Guide: What are Ui Designers, and how are they different than UX designers?* freeCodeCamp.org. Retrieved September 29, 2022, from https://www.freecodecamp.org/news/ui-ux-design-guide/
72. Pederson, C. E. (2008). *Thomas Edison*. ABDO Pub.
73. Pezzotta, G., Pirola, F., Rondini, A., Pinto, R., & Ouertani, M.-Z. (2016). Towards a methodology to engineer industrial product-service system – evidence from power and automation industry. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, *15*, 19–32. https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2016.04.006
74. Pollock, D. D. (2020). *Physical properties of materials for Engineers*. CRC Press.
75. Popkova, E. G., Ragulina, Y. V., & Bogoviz, A. V. (2018). Fundamental differences of transition to industry 4.0 from previous industrial revolutions. *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*, 21–29. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7_3
76. Prasher, R. (2006). Thermal interface materials: Historical perspective, status, and future directions. *Proceedings of the IEEE*, *94*(8), 1571–1586. https://doi.org/10.1109/jproc.2006.879796
77. Raizman, D. S. (2020). *History of modern design: Graphics and products since the Industrial Revolution*. Laurence King Publishing.
78. Richter, A., Sadek, T., & Steven, M. (2010). Flexibility in industrial product-service systems and use-oriented business models. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, *3*(2), 128–134. https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2010.06.003
79. Ritter, M., & Winterbottom, C. (2017). *Ux for the web: Build websites for user experience and usability*. Packt Publishing.
80. Rognoli, V., Salvia, G., & Levi, M. (2011). The aesthetic of interaction with materials for Design. *Proceedings of the 2011 Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces - DPPI '11*, 1–8. https://doi.org/10.1145/2347504.2347540
81. Roozenburg, M. N. F., & Eekels, J. (1995). *Product design: Fundamentals and methods*. John Wiley & Sons.
82. Roy, S. A. (1998). The origin of the smaller, faster, cheaper approach in NASA's Solar System Exploration Program. *Space Policy*, *14*(3), 153–171. https://doi.org/10.1016/s0265-9646(98)00021-6
83. Saini, A., Kumar, R., & Kumar, R. (2021). Introduction and brief history of thermoelectric materials. *Thermoelectricity and Advanced Thermoelectric Materials*, 1–19. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819984-8.00012-6
84. Sanford, E. M. (1944). The study of ancient history in the Middle Ages. *Journal of the History of Ideas*, *5*(1), 21–43. https://doi.org/10.2307/2707100
85. Scholz, M. P. (2008). *Advanced Nxt: The Da Vinci Inventions Book*. Scholars Portal.
86. Schweitzer, E., & Fuchs, C. (2007). Life cycle management of Industrial Product-Service Systems. *Advances in Life Cycle Engineering for Sustainable Manufacturing Businesses*, 171–176. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-935-4_30
87. Shahbazi, S. (2020). *Circular product design and development*. Technical University of Denmark.
88. Singh, S., Uddin, M., & Prakash, C. (2022). Introduction, history, and origin of composite materials. *Fabrication and Machining of Advanced Materials and Composites*, 1–18. https://doi.org/10.1201/9781003327370-1
89. Smith, W. F. (2002). *Principles of Materials Science and Engineering*. McGraw-Hill.
90. Solé, A., Miró, L., Barreneche, C., Martorell, I., & Cabeza, L. F. (2013). Review of the T -history method to determine thermophysical properties of phase change materials (PCM). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *26*, 425–436. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.066
91. Soper, R. (1971). A general review of the Early Iron Age of the southern half of Africa. *Azania: Archaeological Research in Africa*, *6*(1), 5–37. https://doi.org/10.1080/00672707109511545
92. Sowards, A. (2012, April 3). *125+ unbelievable futuristic design concepts that inspire creativity*. Daily Business Resources for Entrepreneurs, Web Designers, & Creatives by Andy Sowards.

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Retrieved September 20, 2022, from https://www.andysowards.com/blog/2012/125-unbelievable-futuristic-design-concepts-that-inspire-creativity/

93. Strafford, K. N., Newell, R., Audy, K., & Audy, J. (1996). Analysis of bell material from the Middle Ages to the recent time. *Endeavour*, *20*(1), 22–27. https://doi.org/10.1016/0160-9327(96)10003-x
94. Szmuk, P., Ezri, T., Evron, S., Roth, Y., & Katz, J. (2007). A brief history of tracheostomy and tracheal intubation, from the bronze age to the space age. *Intensive Care Medicine*, *34*(2), 222–228. https://doi.org/10.1007/s00134-007-0931-5
95. Tagliaferro, L. (2003). *Thomas Edison: Inventor of the age of electricity*. Lerner Publications Co.
96. Tew, B., & Hurstfield, J. (1953). History of the Second World War. the control of raw materials. *The Economic History Review*, *6*(2), 216. https://doi.org/10.2307/2590962
97. Trinder, D., Macey, D. J., & Olynyk, J. K. (2000). The New Iron Age. *International Journal of Molecular Medicine*, *6*(6), 607–619. https://doi.org/10.3892/ijmm.6.6.607
98. Unger, R. (2008). Cartography in antiquity and the Middle Ages. https://doi.org/10.1163/ej.9789004166639.i-300
99. Wachhorst, W., & Millard, A. (1991). Edison and the business of innovation. *The Journal of American History*, *78*(1), 354. https://doi.org/10.2307/2078193
100. Walsh, G. G. (1940). The Middle Ages. *Thought*, *15*(1), 157–159. https://doi.org/10.5840/thought1940151231
101. Wang, P. P., Ming, X. G., Wu, Z. Y., Zheng, M. K., & Xu, Z. T. (2014). Research on industrial product–service configuration driven by value demands based on ontology modeling. *Computers in Industry*, *65*(2), 247–257. https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.11.002
102. Wang, Z. L. (2001). Characterization of nanophase materials. *Particle & Particle Systems Characterization*, *18*(3), 142–156. https://doi.org/10.1002/1521-4117(200110)18:3<142::aid-ppsc142>3.0.co;2-n
103. White, M. A. (2016). Mechanical properties of materials. *Physical Properties of Materials*, 395–446. https://doi.org/10.1201/9780429468261-18
104. White, M. A. (2019). *Physical properties of materials*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
105. White,, L. (1940). Technology and invention in the Middle Ages. *Speculum*, *15*(2), 141–159. https://doi.org/10.2307/2849046
106. Wrigley, E. A. (1962). The supply of raw materials in the Industrial Revolution. *The Economic History Review*, *15*(1), 1. https://doi.org/10.2307/2593286
107. YAMADA, S. H. I. G. E. H. I. K. O., & SATO, H. I. R. O. S. H. I. (1962). Some physical properties of glassy carbon. *Nature*, *193*(4812), 261–262. https://doi.org/10.1038/193261b0
108. Yamamoto, M., & Lambert, D. R. (1994). The impact of product aesthetics on the evaluation of Industrial Products. *Journal of Product Innovation Management*, *11*(4), 309–324. https://doi.org/10.1111/1540-5885.1140309
109. Yoon, E., & Lilien, G. L. (1985). New industrial product performance: The effects of market characteristics and strategy*. *Journal of Product Innovation Management*, *2*(3), 134–144. https://doi.org/10.1111/1540-5885.230134

Paper History:

Paper received 10th September 2022, Accepted 15th November 2022, Published 1st of January 2023

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License