Studying the effect of nanotechnology on building materials and their reflection on architecture

❖ **Abstract** :Nanotechnology has dominated various aspects of life in this age, especially architecture , It is the most promising technology in the field of architecture, It offers a variety of trends in the manufacture of new materials and modified materials after improving their properties, whether in construction materials or non-structural or coating materials, insulation and lighting, It also provides architecture with new systems that narrow the gap between the evolution of modern design methodologies resulting in complex forms and the methods available in the implementation of these forms and complex configurations, Which means that the design process is affected by nanotechnology, It also gave architecture multiple possibilities to form an architectural product that is interacting with the environment through the use of improved building materials such as glass, concrete, etc.

- Therefore, the study of the integration of nanotechnology and architecture increases the level of building performance, Development in this area can lead to the removal of the boundary between the building and the external environment, The casing of the building serves as a data-gathering interface that responds to the stimulus and external influences and adapts them through interaction with different levels of intelligence and responsiveness, The building envelope can also be transformed from one shape to another, from a fixed system to a dynamic one.
- The research deals with the development of nanotechnology and its impact on architecture, and its advanced properties of construction systems and various construction materials, whether concrete, steel, wood derivatives, or various cladding materials, Using digital processing, a new approach to the design and manufacture of building casings can be introduced by controlling the mechanical and physical properties of building materials at the scale of their nanoscale structures and their atomic composition To obtain new materials that are more efficient and effective than the less effective original materials. These new technologies allow buildings to create a dynamic relationship between the building and surrounding environmental factors such as heat, humidity, light, sound and wind, by modifying the performance and behavior of materials and even their form to ensure environmental control and energy saving strategies.

❖ **ملخص البحث :**

- لقد سيطرت تكنولوجيا النانو على مختلف مجالات الحياة فى هذا العصر وخاصة على العمارة، فتعد أكثر التقنيات الواعدة فى مجال الهندسة المعمارية، حيث تقدم إتجاهات متنوعة فى صناعة المواد الجديدة منها والمواد المعدلة بعد تحسين خصائصها، سواء فى مواد البناء الإنشائية أو غير الإنشائية أو مواد الطلاء والعزل والإضاءة، كما تمد الهندسة المعمارية بأنظمة جديدة تعمل على تضييق الفجوة بين التطور فى منهجيات التصميم الحديثة الناتج عنها أشكال معقدة وبين الأساليب المتاحة فى تنفيذ هذه الأشكال والتكوينات المعقدة، مما يعنى أن العملية التصميمية تتأثر بتقنيات النانو، كما أنها أعطت العمارة إمكانيات متعددة لتشكيل منتج معمارى متفاعل مع البيئة من خلال إستخدام خامات بناء محسنة بتقنيات النانو مثل الزجاج، والخرسانة،.....إلخ.
- لذلك فإن دراسة التكامل بين تكنولوجيا النانو والهندسة المعمارية يرفع مستوى أدآء المبانى، والتطوير فى هذا المجال يمكن أن يؤدى إلى إزالة الحدود بين المبنى والبيئة الخارجية، حيث يكون غلاف المبنى بمثابة واجهة تجمع البيانات وتستجيب للتحفيز والمؤثرات الخارجية وتتكيف معها من خلال التفاعل مع مستويات مختلفة من الذكاء وسرعة الإستجابة، كما يمكن أن يتحول غلاف المبنى من شكل إلى شكل أخر، ومن نظام ثابت إلى نظام ديناميكى.

- لذا يتناول البحث تطور تقنية النانو وتأثيرها على العمارة، وما أتاحته من خصائص متقدمة لنظم الإنشاء وخامات البناء المتنوعة من المواد المصنعة سواء الخرسانة أو الحديد الصلب أو مشتقات الأخشاب ومواد النهو والتشطيب المختلفة، وبإستخدام التصنيع الرقمى يمكن تقديم منهجاً جديداً لتصميم وتصنيع أغلفة المبانى من خلال التحكم فى الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمواد البناء على مستوى مقياس هياكلها النانونية وتكوينها الذرى للحصول على مواد جديدة محسنة الخواص والفاعلية بدلاً من المواد الأصلية الأقل فاعلية، حيث تسمح هذه التقنيات الجديدة بوجود مبانى قادرة على إنشاء علاقة ديناميكية بين المبنى والعوامل البيئية المحيطة مثل الحرارة والرطوبة والضوء والصوت والرياح، من خلال تعديل أداء وسلوك المواد وحتى شكلها من أجل ضمان التحكم البيئى وإستراتيجيات توفير الطاقة.

❖ المقدمة

- هناك تطورات كبيرة حدثت خلال القرن ٢١ فى المهارات التقنية والتكنولوجية، فظهرت تكنولوجيا النانو والتى تعتبر من نتاج الثورة الرقمية وإنتشرت تطبيقاتها فى جميع مجالات الحياة والعلوم، والتى تم تطويرها بشكل سريع خلال السنوات الأخيرة، ونال مجال الهندسة المعمارية جزءاً كبيراً من هذا التقدم مما إنعكس على صناعة البناء، سواء كان ذلك على مستوى الفكر والتصميم المعمارى أوتطبيقات لمواد جديدة أو نظم ومواد البناء، فتقنية النانو يتم من خلالها دراسة التحكم فى المادة على المستوى الذرى والجزيئى، حيث تتعامل مع عناصر بحجم ١٠٠ نانومتر أو أصغر، وتتضمن تطوير مواد ضمن هذا الحجم فكانت بمثابة بداية ثورة فى التكنولوجيا المعاصرة، لذلك فإن إستخدام هذه التكنولوجيا فى العمارة واسع ويتفاوت من المراحل الأولى للبناء إلى اللمسات الأخيرة من التشطيبات وخلال دورة حياة المبنى، وخاصة فى مجال إختيار المواد المناسبة، بالإضافة إلى أن إستخدام هذه التكنولوجيا لها دور كبير فى الحد من إستهلاك الطاقة والمواد الخام، ولهذا يجب دراسة تأثير التقدم فى تكنولوجيا النانو على الهندسة المعمارية، وتوضيح ما لهذه التقنيات الجديدة من تأثير كبير فى إعادة تشكيل وتغيير شكل العمارة، وجميع جوانب التصميم، ومازالت التطبيقات تتوالى فى مجال النانو تكنولوجى ،مع وجود إكتشافات جديدة يوميا فى هذا المجال يفتح أمامنا العديد من الآفاق والدروب من أجل استخدامات واختراعات وتحسينات لانهائية للمواد والصناعات فى مختلف المجالات.

❖ **الكلمات الدالة :الكلمات الإفتتاحية:** تكنولوجيا النانو nanotechnology، عمارة النانو nano architecture، مواد النانو nanomaterial

❖ الهدف من البحث :

- يهدف البحث إلى إلقاء الضوء على التطوير فى العمارة من خلال التقنيات الحديثة فى مواد البناء مثل تكنولوجيا النانو، والتى غيرت مسار الفكر المعمارى سواء كان هذا التغيير سلبياً أو إيجابياً، كما يهدف إلى التعرف على مفهوم تقنيات النانو وأثرها على تغيير المنتج المعمارى سواء كان ذلك على مستوى التفكير والتصميم المعمارى، أومواد البناء، وكذلك تأثيرها على الشكل والأداء البيئى، للوصول إلى نتائج تسعى إلى تحسين شكل وأداء المبانى بالإعتماد على تقنية النانو.

❖ أهمية البحث:

- تعد تكنولوجيا النانو واحدة من أهم التطوارت العلمية والتى لها أثر كبير على العديد من المجالات بما فيها العمارة حيث أنها تقدم مواداً وأنظمة جديدة من شأنها أن تؤثر على مواد البناء ولذلك لابد من دراسة هذا التأثير للحصول على مواد ذات كفاءة عالية وإنعكاسه على النتاج المعمارى.

❖ منهجية البحث :

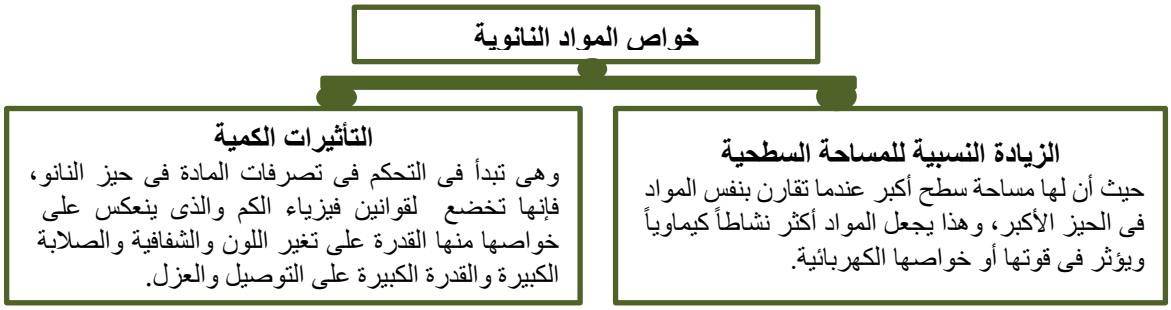
- يتم الوصول إلى الغرض المطلوب من خلال دراسة تقنية النانو و التعرف على مفهومها و المواد النانونية و خواصها و انواع المواد المستخدمة بها ،ودراسة تاثير تكنولوجيا النانو على النتاج المعمارى و تطبيقات تكنولوجيا النانو فى العمارة ، وذلك على مواد الانشاء ومواد النهو و التشطيبات و فى تحسين خواص بعض المواد ،مع عرض لإستخدامات تقنية النانو فى تطوير مواد البناء وملخص لمجالات الإستفادة من تطبيقات nano-tec فى الهندسة المعمارية مع تحليل بعض الأمثلة كتطبيق لإستخدام تكنولوجيا النانو فى المبانى ، وصولاً إلى النتائج النهائية المرجوة من البحث والتوصيات.

- **مفهوم تقنية النانو:**

- مصطلح نانو مشتق من الكلمة الإغريقية نانوس Nanos، وتعرف على أنها وحدة قياس مترية دقيقة ومتناهية الصغر. وقد ذكر مفهوم تقنية النانو لأول مرة فى عام ١٨٧٦ م، للفيزيائى جيمس ماكسويل James Clerk Maxwell، وتلاه العالم ريتشارد فيمان فى عام ١٩٥٩، وفى عام ١٩٧٤ ظهر مسمى تقنية النانو Norio Taniguchi عبر تعريف العالم اليابانى نوريو تانيغوشى Nanotechnology وفى عام ٢٠٠٠ أعلنت الولايات المتحدة الأمريكية (مبادرة تقنية النانو الوطنية NNI)، وفى عام ٢٠٠٣ تم معرفة أسرار هذه التقنية والتحكم بعالم المواد النانونية[١].
- يعتبر مصطلح "تكنولوجيا النانو" كمصطلح شامل فى كافة المجالات منها العلوم والهندسة والتكنولوجيا التى يتم إجراؤها على مستوى نانو - والذي يتضمن فهم المادة والتحكم فيها بأبعاد تتراوح ما بين ١ إلى ١٠٠ نانومتر تقريبًا، فهو العلم الذى يهتم بدراسة معالجة المادة على المقياس الذرى والجزيئى، نانومتر واحد يساوى واحد من المليون من المليمتر، وهذا المستوى فى فهم ومراقبة المواد على مقياس من واحد إلى مائة مليار من المتر أدى إلى احداث تغييرات هائلة في المواد وعمليات البناء[٢].

- **المواد النانونية Nanomaterial**

- الجسيمات النانوية هى جسيمات متناهية الصغر قطرها أقل من ١٠٠ نانومتر، تظهر خصائص جديدة (مثل التفاعل الكيميائي والسلوك البصرى) مقارنة مع جسيمات أكبر من نفس المواد، هذه المواد إما أن تركب على سطح العناصر المعمارية أو تدخل فى تكوينها.
- المواد النانوية هى مواد مصنوعة من مواد ذات مقياس نانومتر ولها إمكانيات هائلة و عديدة وتدعم وظائف جديدة ومبتكرة كما يعطى إستخدامها مبانى أخف وزنا وأكثر قوة مما يوفر فى تكلفة البناء.
- وهى الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التى يمكن من مواد عضوية أو غير عضوية طبيعية أو مصنعة، وتسلك تلك المواد سلوكا مغايراً للمواد التقليدية.



شكل رقم (١): يوضح خواص المواد النانونية
المصدر: المرجع رقم (٥) ص٨٨

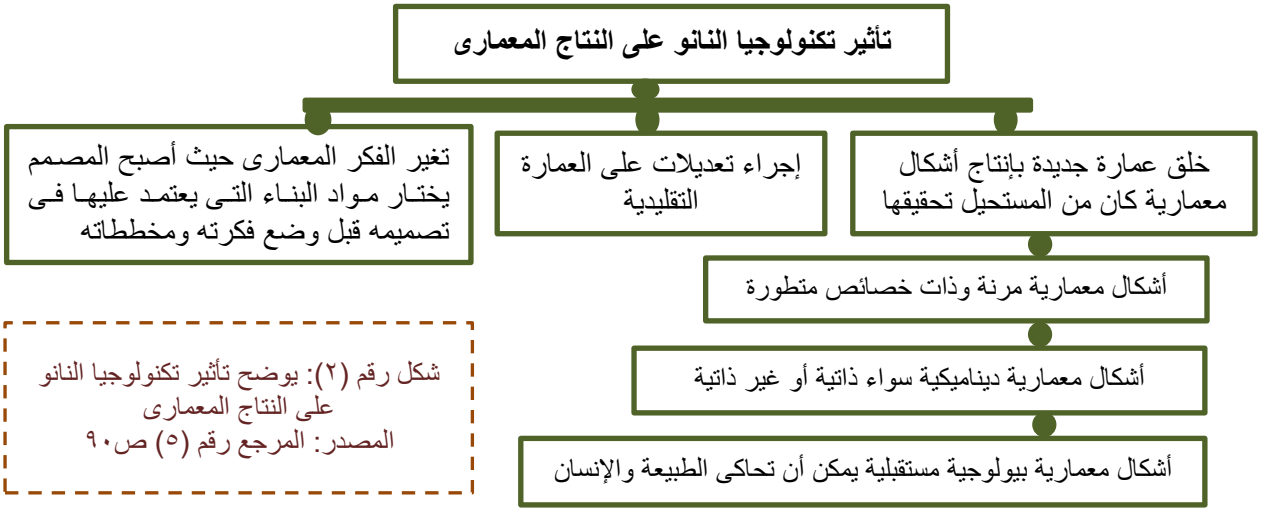
[١] العمارة فى ظل تقنية النانو،مرجع رقم٥،ص٨٦.
[٢] المواد النانوية في الهندسة المعمارية تطبيقاتها وخصائصها في المباني، مرجع رقم ٤، ص١٤.

- **أنواع المواد المستخدم بها تقنية النانو:**

أ) **المواد المصنعة:** أسطح هذه المواد تشبه المواد الطبيعية، حيث يتم تصنيعها فى المعامل بالمواصفات المطلوبة وإستغلال تقنية النانو فى تحسين خصائصها.

ب) **أسطح النانو التفاعلية:** حيث تصنع فى المعامل و تعتمد على دمج المواد الطبيعية مع جزيئات النانو.

ج) **معالجات تتم لأسطح المواد الطبيعية:** حيث يتم معالجة الأسطح من خلال طلائها بأغشية النانو للحفاظ على شكلها ولونها الطبيعى حتى لا تتأثر بالعوامل الجوية المحيطة.



شكل رقم (٢): يوضح تأثير تكنولوجيا النانو على النتاج المعمارى
المصدر: المرجع رقم (٥) ص٩٠

- **تطبيقات التكنولوجيا النانوية فى العمارة**

- حيث تسهم هذه التكنولوجيا فى إنتاج مواد بناء ذات ميزات وخصائص حرارية وكهربائية وفيزيائية وكيميائية وميكانيكية فريدة تمكن مبانى النانو من مقاومة درجات الحرارة العالية، والإشعاعات الضارة،والحماية من الحرائق، والقدرة على التنظيف الذاتى.
- كما تدخل تكنولوجيا النانو فى إنتاج مواد البناء لتحسين خصائصها ووظائفها، مثل المواد المستخدمة في الدهانات والمواد المضافة للخلطات الخراسانية والمواد الأسمنتية، والجبسية، والبلاط، والسيراميك، وتحسين صناعة الزجاج وصناعة مشتقات الأخشاب وصناعة الحديد الصلب، لتجعلها خفيفة الوزن وأكثر قوة ومتانة ومقاومة للتصدعات والتشققات والتآكل، ولتفيد في حماية الأسطح والجدران من التصاق الغبار والملوثات، والمحافظة على ثبات درجات الألوان، والعزل الحرارى، ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية، ومقاومة الرطوبة، هذا بالإضافة إلى الخصائص البيئية المتمثلة فى مساعدة مواد البناء فى التقليل من كمية انبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيئة، وبالتالى المحافظة على سلامة النظام البيئى.
- ومن الخصائص أيضا التى تقدمها تكنولوجيا النانو لمواد البناء، خاصية الإحساس بالأعطال والأضرار التى يمكن أن تحدث للمبنى، فإنتاج مواد حساسة بتكنولوجيا النانو تدخل فى مواد المبانى، سيفيد فى الإحساس مبكراً بالأعطال والأضرار والتصدعات والضغوط التى تحدث للمبنى، وكذلك فى مراقبة التغيرات فى درجات الحرارة وتأثيرها على المبنى[٣].وقد مرت العمارة فى بداية القرن الحادى والعشرين بالعديد من الأشكال والتوجهات المعمارية مما أدى إلى إدراج مواد وتكنولوجيا النانو فى التصميم ومواد البناء مثل الخرسانة والحديد والخشب، وفيما يلى عرض لدراستها:

أولاً: إستخدام تكنولوجيا النانو فى مواد الإنشاء:

- **تقنية النانو والخرسانة Concrete :**

الخرسانة هى من أكثر المواد التى تأثرت بشدة بالخصائص النانوية، وفهمها فى هذا المستوى يسفر عن طرق جديدة لتحسين خصائصها من القوة والمتانة. فيتم إضافة بعض المواد النانونية مثل النانو سليكا التى

[٣] تقنية البناء بالنانو، مرجع رقم (٢)، ص٤.

تعمل على زيادة قوتها ومتانتها، وكذلك مادة ثانى أكسيد التيتانيوم الذى يعمل على منع تلوث الأسطح وتكون البكتيريا كما يعمل على تنقية الهواء، مما يجعله فعال وخاصة فى الأماكن الأكثر تلوثاً فيخفف من التلوث البيئى المحيط بالمبنى، كما يعمل على إنشاء مبانى ديناميكية إنسيابية.

- **الخرسانة الشفافة Transparent Concrete:**حيث يتم دمج الألياف الضوئية إلى الخرسانة لإستخدامها فى أغراض إنشائية أو جمالية فى الفراغ حيث تخلق واجهات شفافة وديناميكية.
- **الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية Concrete Fiber Carbon:** حيث يتم إضافة ألياف الكربون الزجاجية النانونية والتى تعمل على زيادة مقاومة الشد والضغط وزيادة مرونتها ومقاومتها للماء والرطوبة والأملاح، وكذلك تجعلها عاكسة للحرارة ومقاومة للحريق وعازلة للصوت، بالإضافة إلى خفة وزنها وسهولة تنظيفها ومقاومتها للفطريات.
- ومع إستبدال حديد التسليح فى الخرسانة المسلحة بأنابيب الكاربون النانوية ذات مقاومة الشد العالية تصل إلى أضعاف حديد التسليح مما تزيد من مقاومة شد الخرسانة، كذلك فإن إمكانيات زيادة الديمومة للخرسانة والهياكل الخرسانية قد طورت بإستخدام مواد النانو من خلال جعلها تعالج الشقوق الشعرية التى تحدث وبالتالى تحقيق مبانى أكثر أمانا، وكل هذه الأهداف تصب نحو خفض تكاليف الإنشاء، وإنشاء مبانى قوية تقاوم قدر الإمكان تأثير الزلازل[٤].

- **تقنية النانو والصلب الحديد Steel:**

أدى التطور على مستوى النانو فى الصلب إلى إنتاج الكابلات الفولاذية عالية القوة، بالإضافة إلى إستخدامها في بناء الجسور وفى الخرسانة مسبقة الصب، كما أن مادة الكابلات القوية تقلل من التكاليف وفترة البناء.وهذا التقدم التكنولوجيى يؤدى إلى زيادة السلامة، وإستخدام المواد الأكثر كفاءة فى المبانى المعرضة لمشاكل زيادة الأحمال، وعند إضافة بعض المواد النانونية مثل جزيئات النحاس والماغنسيوم والكالسيوم تعمل على زيادة مقاومة الحديد للتآكل والحرارة مما يقلل من كمية التسليح المستخدمة فى الخرسانة والوصول إلى فراغات بمساحات واسعة دون وجود أعمدة، وكذلك إضافة المواد النانونية المالئة التى تعمل على زيادة قابلية الحديد للتشكيل وقوة إنحناؤه.

- **تقنية النانو والخشب Wood:**

تمثل تقنية النانو فرصة كبيرة فى صناعة مشتقات الأخشاب لتطوير منتجات جديدة وتحسين خصائصه، والحد بشكل كبير من تكاليف المعالجات المختلفة ، وفتح أسواق جديدة لإستخدام المواد الطبيعية وإنتشارها .
فيتم إضافة بعض المواد النانونية مثل أكسيد الألومنيوم النانونى الذى يعمل على زيادة صلابة الخشب ومقاومته للتأكل والخدوش، وكذلك مادة أكسيد الحديد وثانى أكسيد التيتانيوم الذى يعمل على حماية الخشب من الأشعة فوق البنفسيجية ومقاومة الفطريات والتعفن، بجانب مواد النانو سليكا التى تعمل على زيادة تصلب الخشب ومنع تسرب الماء وعدم نفاذية البخار، كما يمكن معالجة الخشب بإضافة بعض المواد النانونية الأخرى لتحسين خصائصه مثل البولى يوريثين لجعل الخشب مقاوم لأحوال الطقس وطارد للمياه والأوساخ ومانع لتشكل العفن، وأيضاً يمكن إضافة مواد نانونية أخرى مقاومة للحرائق تتمتع بالمرونة والمقاومة العالية للشد والضغط.

ثانياً: إستخدام تكنولوجيا النانو فى مواد النهو والتشطيب:

- **تقنية النانو والزجاج Glass:**

-يستخدم الزجاج على السطح الخارجى للمبنى فيتحكم فى الإضاءة والحرارة الداخلية مما يؤثر تأثيراًمباشراً على إستهلاك الطاقة، وتوصلت تكنولوجيا النانو إلى العديد من الإستراتيجيات المختلفة للتحكم فى الأشعة

[٤] تقنية النانو فى الإنشاء والإستدامة، مرجع رقم (٣)، ص ٢٥.

الشمسية القادمة من خلال الزجاج، منها **أولاً:** تطوير طبقات طلاء رقيقة ذات حساسية طيفية تطبق على سطح الزجاج، وهذه الطبقات لديها القدرة على ترشيح ترددات الأشعة تحت الحمراء غير المرغوب فيها من الضوء للحد من إكتساب الحرارة فى المبانى، **ثانياً:** يتم تطويرإستخدام تقنيات thermo chromic التى تتفاعل مع درجة الحرارة وتوفر العزل الحرارى فتحمى من الحرارة مع الحفاظ على مستويات الإضاءة الكافية، **ثالثاً:** إستخدام تقنيات photochromic التى تتفاعل مع التغيرات فى شدة الضوء عن طريق زيادة إمتصاص الأشعة الغير مرغوب بها، **رابعاً:** يتم تطوير الطلاء الكهرومغناطيسى الذى يتفاعل مع التغيرات في فرق الجهد المطبق باستخدام طبقة tungsten oxide.

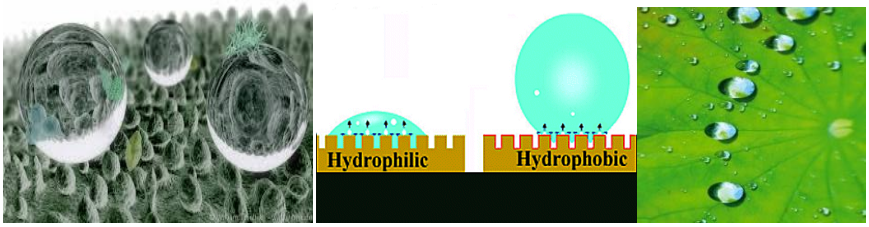
- بإستخدام أنسجة النانو السطحية **و**إضافة بعض المواد النانونية مثل أكسيد الزنك وثانى أكسيد التيتانيوم تعمل على جعل الزجاج طارد للمياه ومضاد لإنعكاس الأشعة الشمسية ومقاوم للضباب، وقادر على التنظيف الذاتى، وكذلك الإضافات النانونية الأخرى تجعل له القدرة على تغيير اللون والحرارة بالأمواج الكهربائية مما أدى إلى ظهور أنواع عديدة من الزجاج مثل **الزجاج ذاتى التنظيف Self-Cleaning Glass** حيث يتم إضافة طبقة رقيقة من ثانى أكيد التيتانيوم كمعالجة ضد إلتصاق الأوساخ به، **وزجاج الحماية من الشمس Solar Protection Glass** الذى يعتمد على الطريقة الكتروكرومية Electchromatic الذى يمكن التحكم بدرجة تعتيمه وفق الحاجة بطريقة يدوية، أو الطريقة الفوتوكرومية Photocromatic حيث يتم تعتيمه أو شفافيته تلقائياً معتمداً على حرارة الأشعة الشمسية، وكذلك **زجاج الحماية من الأشعة فوق البنفسجية UV Protection Glass**، يقلل من درجة الحرارة الداخلية وتقليل الأحمال وخفض الإكتساب الشمسى السالب حيث يعمل على منع الإبهار وتقليل دخول الأشعة فوق البنفسيجية.
- ويعد الزجاج المضاد للحريق أحد تطبيقات النانوتكنولوجى، وهو عبارة عن طبقة شفافة منتفخة واقعة بين ألواح زجاجية (كطبقة بينية)، هذه الطبقة مكونة من الجزيئات النانوية لغبار السيليكا (SiO_2) والتى تتحول بدورها إلى درع نارى شفاف عند تعرضها للحرارة[٥].

- **تقنية النانو والسيراميك Ceramic Tiles:**

يتم معالجة السيراميك بإضافة بعض المواد النانونية والطلاءات الشفافة لتحسين خصائصه مثل زيادة المتانة ومقاومة الخدوش وزيادة مرونته وسهولة تنظيفه وجعله طارد للمياه ومضاد للبكتيريا، بالإضافة إلى زيادة الإمكانات الجمالية فيه

- **تقنية النانو والدهانات والطلاء:**

- يتم تطبيق تقنية النانو على الدهانات لتحسين خصائص العزل لهذه المواد بإضافة خلايا بحجم النانو للمسام والجسيمات، مما يوفر مسارات محدودة للغاية للتوصيل الحراري، كما يستخدم هذا النوع من الطلاء للحماية من التآكل تحت العزل لأنه مقاوم للماء ويمكنه أيضًا حماية المعادن من المياه المالحة.
- يمكن بإستخدام هذه التقنية تعديل خصائص المواد مثل التنظيف الذاتى للأسطح، حيث أن دهانات النانو لديها تقنية التنظيف الذاتى فبمجرد تعرضها لأشعة الشمس أو للضوء فأنه كفيل بتنظيفها دون اللجوء إلى مواد التنظيف المختلفة أو بذل أى مجهود، وبإستخدام دهانات النانو يمكن للبلاط أن يقاوم تراكم الصابون، والأسطح الخشبية يمكن أن تقاوم تلف الأشعة فوق البنفسجية. شكل رقم (٣).



شكل رقم (٣): يوضح فكرة التنظيف الذاتى بإستخدام تقنية النانو
المصدر:
www.ytimg.com/vi/bFiOkxoXLic/maxresdefault.jpg

[٥] تكنولوجيا النانو وتأثيرها على العمارة من حيث أساليب البناء و مواد التشطيب مرجع رقم(٦)، ص٥٣.

شكل رقم (٤): يوضح الحوائط البيضاء تمتص الضوء وتجمع الطاقة الشمسية فى NANOHOUSE
المصدر: www.shedworking.co.uk,Nano house:Innovations for Small Dwellings

- ومثال على ذلك NanoHouse تم فيه إستخدام طلاء تبريد مشع على السطح الخارجى للسقف المعدنى بحيث يصبح عنصر تبريد فى المبنى بدلاً من كونه مصدرًا للإكتساب الحرارى غير المرغوب فيه، ومن السمات الأخرى للمبنى فى هذا المجال إستخدام زجاج التنظيف الذاتى وأنظمة الإضاءة الباردة والخلايا الشمسية الصبغية وهى خلايا ضوئية تعتمد على ثانى أكسيد التيتانيوم بدلاً من السيليكون شكل رقم (٤).
- ومن أهم خصائص دهانات النانو أنها مضادة للجراثيم ولا تمتص السموم أو الشوائب وتساعد على التخلص من البكتيريا وتمنع التآكل البيولوجى وليس له أى آثار لمواد متطايرة وله خصائص الحماية من الحرائق والعزل الحرارى ومقاوم للخدش لذلك فهو يعتبر صحى وآمن الاستعمال، ولا تتأثر بمياه الأمطار أو أشعة الشمس أو الملوثات العضوية أو الهواء الضار المحمل بالنتروجين أو أملاح الكبريت فلا تتغير ألوانها، كما لا تؤثر فيها الرياح أو ملوثات البيئة الصناعية أو الرطوبة أو الأشعة فوق البنفسجية فلا تتآكل الألوان أو تكشط.

ثالثاً: إستخدام تكنولوجيا النانو فى تحسين خواص بعض المواد:

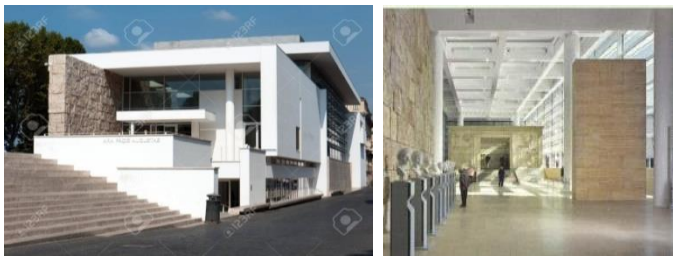
شكل رقم (٥): يوضح تحسين خصائص الأسطح
المصدر: www.ytimg.com/vi/bFiOkxoXLic/maxresdefault.jpg

أ) **<u>تصنيع رخام مقاوم للصدمات،</u>** ومقاوم للحريق وطارد للماء وسهل التنظيف، وذلك بتطبيق مادة من البوليمر المرن بالإضافة إلى طبقة من السيراميك الغير نافذ للماء.

ب) **<u>تصنيع الأسطح المضادة للجراثيم</u>** بإستخدام أيونات الفضة النانوية سواء كان ذلك فى صورة طبقة شفافة رقيقة أو إضافة بعض الجزيئات إلى المادة الأصلية لتحسين خصائصها، حيث ينتج التأثير المضاد للجراثيم من الإنتشار البطيئ المستمر لأيونات الفضة التى تعوق عملية انقسام الخلايا البكتيرية وتكاثرها مما يؤدى إلى القضاء على البكتيريا بشكل دائم دون إستخدام المواد الكيميائية شكل رقم (٥).

- **<u>ومن الأمثلة على ذلك:</u>**

١) متحف آرا باسيس بإيطاليا Ara Pacis Museum للمصمم Rihardmeier، حيث تم إستخدام مادة Lotsan كطلاء ذاتى التنظيف (Lotus-effect) على شكل طبقة رقيقة شفافة على الأسطح البيضاء، مما كان له الأثر الفعال وخاصة فى المدينة شديدة التلوث شكل رقم (٦).



شكل رقم (٦): يوضح الطلاء ذاتى التنظيف لمتحف آرا باسيس
المصدر: www. wikipedia.org/wiki/Museo_dell%27Ara_Pacis

٢) المبنى التجارى فى كرواتيا، للمصمم روسان Rusan أيضاً بإستخدام طلاء التنظيف الذاتى (Lotus-effect) فى حماية الأسطح البيضاء من الملوثات شكل رقم (٧).

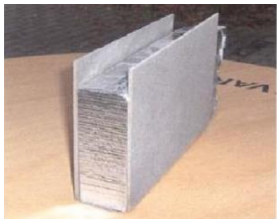
شكل رقم (٧): يوضح الطلاء ذاتى التنظيف للمبنى التجارى فى كرواتيا
المصدر: www. wikipedia.org/wiki/Museo_dell%27Ara_Pacis

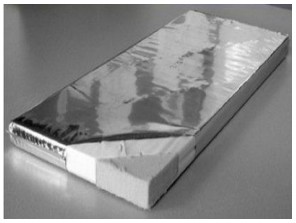
٣) مركـــز Kaldewei بألمانيـــا(KKC)، للمصـــمم ويلســـون Wilson ،حيـــث تـــم إستخدام ألواح من مـادة المينـا الصـلب ذات الألوان القياسية فى الواجهـة كمـا تـم طلائهـا بطبقة سـهلة التنظيف ممـا يقلل من تكـاليف صيانة المبنى شكل رقم (٨).

شكل رقم (٨): يوضح الطلاء ذاتى التنظيف مركز Kaldewei بألمانيا
المصدر:www..wikipedia.org/wiki/Museo_dell%27Ara_Pacis

ج) **مواد العزل الحرارى والصوتى**

- **ألواح العزل الحرارى والصوتى Thermal insulation Vacuum insulation panels.**

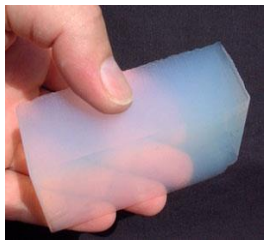




شكل رقم (9): يوضح الواح العزل الحرارى
المصدر: www.okorder.com/p/vokes-vacuum-insulation-panel

- من مميزاتها أنها تقدم أقصى عزل مع أقل سماكة حيث تعتمد على إستخدام مادة مالئة دقيقة للغاية بمسامية نانوية تبلغ حوالى ١٠٠ نانومتر، ويتراوح سمك هذه الألواح من٢ ملم إلى ٤٠ ملم، مما يجعل من السهل إستخدامها[٦].
- وتتكون من طبقة مصنوعة من رقائق بلاستيكية مطلية بالألومنيوم أو من الصلب الغير القابل للصدأ مع مادة مالئة بين الفراغات، على شكل رغوة أو مسحوق أو ألياف زجاجية مقاومة للضغط، ولكى تعمل هذه الألواح بكفاءة يجب أن تظل سليمة ولا يحدث بها اى ثقوب، كما يجب أن يتم تثبيتها بعناية ودقة والعمل على عدم وجود فجوات بين الألواح المجاورة لتجنب التسربات الحرارية شكل رقم (٩).

- **العزل الحراري ايروجيل Aerogel**



شكل رقم (١٠): يوضح العزل الحرارى ايروجيل
المصدر: www.arabic.alibaba.com/product-detail/silica-aerogel-thermal-insulation

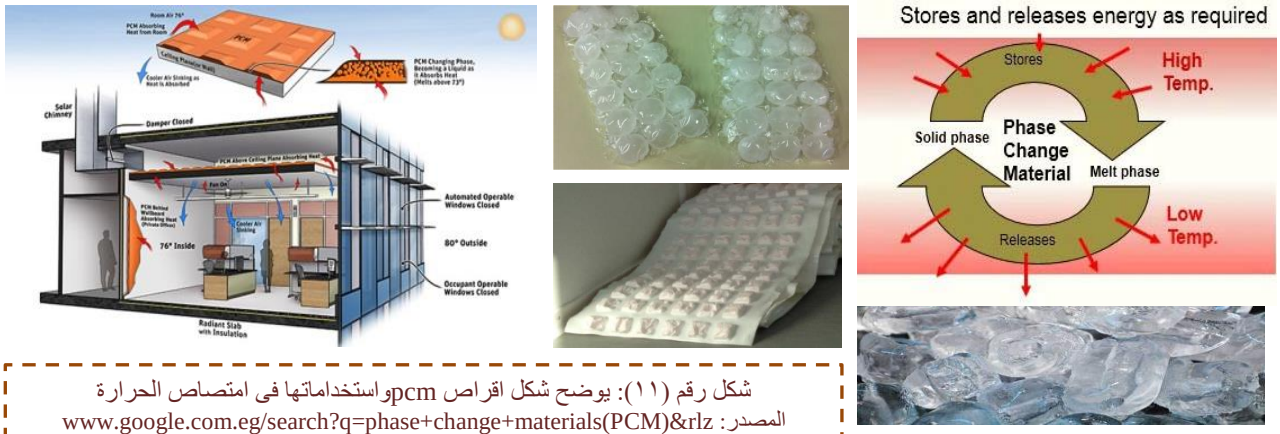
- يتميز هذا العزل الحرارى بأداؤه العالى وهو عبارة عن مواد صلبة ذات مسامية عالية، وبالتالى كثافة منخفضة، تم إستخدامه بكفاءة مع المواد الزجاجية مما يحسن من خصائصها من حيث توصيلها الحرارى المنخفض وقوتها العالية وكثافتها المنخفضة وخفة وزنها شكل رقم (١٠).
- الجل هو عبارة حبيبات كروية نصف شفافة ومعتمة قليلاً، تتميز بخفة وزنها تتكون من مادة ثانى أكسيد السيليكون، جزيئات الهواء المحصورة مسامها حوالى٢٠ نانومتر فقط، مما يمنح الهواء المضغوط خصائص عزل حرارى عالية، مما يؤدى إلى إمكانية إستخدامه كعازل للصوت أيضاً.

- **مواد تنظيم درجة الحرارة بإستخدام phase change materials(PCM)**

- يتكون PCM بشكل أساسى من هيدرات البارافين والأملاح على شكل كريات دقيقة (أقراص بلاستيكية) يتراوح قطرها بين ٢ و٢٠ نانومتر ضمن غلاف بلاستيكى محكم الغلق، يتم دمجها فى مواد البناء أو الدهانات حيث يمكن وضع حوالى ٣ ملايين كبسولة من هذا النوع فى سنتيمتر مربع واحد.

[6] Rahul Malik, Architecture Dependence on the Dynamics of Nano-LiFePO4 Electrodes, Institute of Technology.

- جزيئات PCM تكون قادرة على إمتصاص الحرارة الزائدة مما يحافظ على درجة برودة الفراغات الداخلية لمدة أطول ، وتعمل الحرارة الممتصة على إذابة محتويات الكبسولات النانونية microcapsule من جزيئات البارافين وتحويلها من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، وكذلك يتم عكس هذه العملية أيضاً حيث أنه عند إنخفاض درجة الحرارة تتصلب جزيئات البارافين المنصهرة تدريجياً باعثة أو مشعة للحرارة، فيظل مستوى درجات الحرارة ثابتة داخل الفراغات، كما يمكن تحديد درجة الحرارة المطلوبة مسبقا والعمل على تثبيتها، فيمكن إعتبارها نوع من البطاريات الحرارية القابلة لإعادة الشحن والتخزين بطريقة فعالة شكل رقم (١١).
- وبتطوير هذه التقنية فى عملية تخزين وإطلاق الطاقة الحرارية الكامنة، يمكن أن تعمل فى نطاق واسع من درجات الحرارة من دون الصفر إلى عدة مئات من الدرجات بإستخدام مجموعة واسعة من المواد الحرارية العضوية والغير عضوية والمتفاوتة فى التركيب الكيميائى والشكل المادى يمكن أن تستخدم فى تطبيقات مختلفة.



شكل رقم (١١): يوضح شكل اقراص pcmواستخداماتها فى امتصاص الحرارة
المصدر: www.google.com.eg/search?q=phase+change+materials(PCM)&rlz

د) **تنقية الهواء الداخلى**

- تعتمد على تقسيم الملوثات والروائح إلى الأجزاء المكونة لها حيث تستخدم تقنية النانو فى تفكيك الملوثات كيميائياً وتكسير الجزيئات المكونة منها وكذلك جزيئات النيكوتين أو الفورمالدهيد، مما يمنع تكون الأبخرة وثانى أكسيد الكربون، كما يمكن إضافة هذه المواد المضادة للبكتيريا antibacterial properties إلى مكونات الستائر لتنقية الهواء الداخلى.
- كما أنها تحتاج لكى تعمل بكفاءة فى تنقية الهواء إلى مساحة سطح كافية بالنسبة لحجم الفراغ، والأسطح المعرضة للهواء فقط هى القابلة للتنقية بخلاف الأسطح المخفية.
- مع التقدم الكبير فى تكنولوجيا النانو يمكن للعلماء تعديل وتعزيز تقنية ومواد الطلاء على الواجهات الأمامية لدمج ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي (TiO2) النشط الذى يخلق سلسلة من التفاعلات الكيميائية لتوليد الهيدروكسيل عند تعرضه لأشعة الشمس أو الضوء فوق البنفسجى فى فترات الليل ، كما تؤدى هذه المواد المولدة إلى أكسدة معظم الملوثات الجوية مثل المركبات العضوية المتطايرة volatile (VOCs) organic compoundsأو أكاسيد النيتروجين، وهذه التكنولوجيا يمكن أن تجعل أى سطح مضاد للبكتيريا والعفن، كما يمكنها تنقية الهواء المحيط وحماية المبانى من التلوث الحيوي.

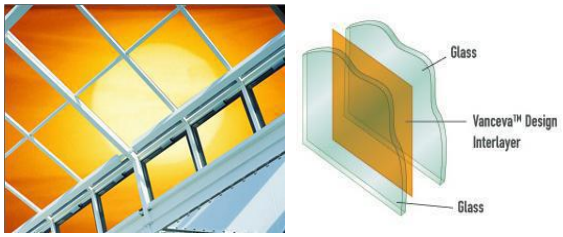
ه) **تقنيات الحماية من الشمس :**

- قد أتاحت تكنولوجيا النانو وسيلة جديدة لدمج النوافذ الكهروميكانيكية فى المبانى شكل رقم (١٢)، عن طريق إستخدام زجاج يعتم تلقائيا دون الحاجة إلى تيار كهربائى مستمر حيث يتسبب ضوء الشمس نفسه فى تعتيم الزجاج تلقائيًا دون فصل التيار.

شكل رقم (١٢): يوضح النوافذ الكهروميكانيكية فى المبانى
المصدر: www.solarcontrolfilmsinc.com/new-electrochromic-window-tint-goes-dark-instantly/s_switchable-smart-glass/

و) نوافذ لإمتصاص الحرارة Heat absorbing windows:

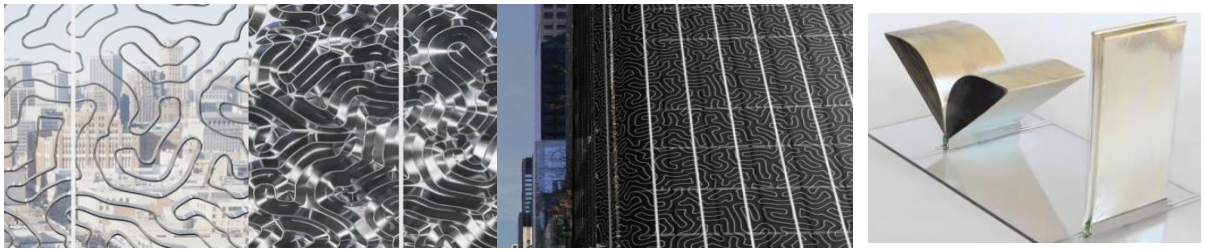
تعمل هذه النوافذ على إمتصاص الطاقة الشمسية من خلال الزجاج حيث يمكنها السيطرة على الحرارة من خلالها كما أنها خفيفة الوزن على أحمال المبنى، وتعمل على توفير التكاليف حيث أنها تحول الطاقة الشمسية إلى ضوء مرئى عن طريق طبقات الزجاج interlayers، والزجاج فى هذه النوافذ يعمل على الحماية من الأشعة الفوق بنفسيجية بنسبة تصل إلى ٩٩% ، ويمكن إستخدامه فى التصميم المعمارى فى الحوائط الستائرية والنوافذ والأبواب وواجهات المحلات شكل رقم (١٣).



شكل رقم (١٣): يوضح نوافذ إمتصاص الطاقة الشمسية
المصدر: نفس مرجع الشكل رقم (١٢)

ز) نظام واجهة Homeostatic Facade System

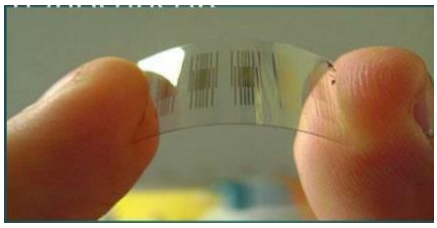
- طورت شركة الأبحاث Decker Yeadon architects ، التى مقرها نيويورك نظام الواجهات المثبّتة. وقد استخدم Kinetic Nano architecture مثل المواد المستخدمة فى نظام واجهة Homeostatic Façade System فى الصين التى صممها Decker Yeadon وبإستخدام تقنية النانو (Nanotechnology) تم بتطبيق مفهوم حركة قزحية العين فى الواجهة الزجاجية المزدوجة للمبنى حيث يستخدم مادة اللدائن (البوليمر) مع تغيير خصائصها بالاعتماد على تقنية النانو وهى عبارة عن شرائح مطلية بغشاء فضى رقيق ومثبتة بين طبقات الزجاج، تستجيب للأشعة الشمسية ودرجة حرارتها حيث تتسع هذه المادة لتخلق مزيداً من الظل فى حالة إرتفاع درجة حرارتها وعندما تنخفض درجة حرارتها تتكمش لتسمح بدخول المزيد من الضوء كما تمنح الشكل واجهة ديناميكية حقيقية، شكل رقم (١٤).
- تتمتع واجهة Homeostatic بالعديد من المزايا عن الأنظمة التقليدية نظراً لإستهلاكها المنخفض للطاقة والإنبعاثات المرتبطة بها مع توفير تنظيم الحرارة، والدرجة العالية من التحكم فى المواد يفيد بشكل خاص العمارة فى تطوير المعاصرة.



شكل رقم (١٤): يوضح نظام واجهة Homeostatic Facade System
المصدر: www.materia.nl/article/homeostatic-facade-system/

ح) إستخدام تكنولوجيا النانو فى تحسين خصائص الغلاف الخارجى للمبنى:

١- **خاصية الإستشعار فى تكنولوجيا النانو Nanosensors:** مصطلح الإستشعار مستمد من معنى الكلمة ذاتها إذ أنه يعنى إدراك وجود أو خصائص الأشياء، فجهاز الإستشعار هو جهاز يستجيب للتحفيز الفيزيائي أو الكيميائى مثل (الحركة ، الحرارة ،... إلخ)، يعطى إشارة أو نبضة والتي يمكن إستخدامها كأساس للقياس أو التحكم.

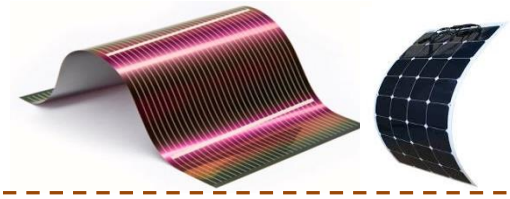


شكل رقم (١٥): يوضح أجهزة إستشعار النانو
المصدر:
www.sites.google.com/site/nanotechnic-nanotechnology/nanosensors

- أثرت تقنية النانو على تكنولوجيا الإستشعار عن طريق إنتاج جيل جديد من أجهزة إستشعار النانو شكل رقم (١٥)، حيث يمكن دمج هذه المستشعرات الصغيرة فى أغلفة المبانى أو عناصر البناء لجمع البيانات حول البيئة المحيطة ومستخدمى المبنى، مما يخلق التفاعل بين المبانى ومستخدميها. حيث تهدف هذه التقنية إلى بناء قاعدة من البيانات لجعل المبانى تتصرف كشبكة من الذكاء، من خلال جمع المعلومات عن درجة الحرارة، والرطوبة، والإهتزاز، والإجهاد، والتشققات، والعوامل الأخرى، فيمكن مع إستخدام أجهزة الإستشعار اللاسلكية المستندة إلى تقنية النانو التنبيه للتصدعات والأضرار التى تلحق بالمبانى والعناصر الهيكلية الأخرى بما يسمح بمراقبتها وتقييم نقاط الضعف.

٢- **الخلايا الشمسية النانوية:** دخلت الثورة النانونية القوية أيضاً فى مجال الخلايا الشمسية **ومنها :**

- الخلايا الشمسية المرنة شكل رقم (١٦) والتى من المتوقع أن تكون أقل تكلفة بكثير من الخلايا الشمسية المعتمدة على السيليكون، حيث أن المواد النانوية التى تدخل فى صناعة خلايا شمسية أكثر فعالية بالإضافة إلى مميزاتها العديدة والتى منها أنها تكون متاحة بألوان مختلفة الميزة الأخرى لهذه الأغشية الرقيقة هى المرونة، مما يزيد من إمكانية دمجها فى تطبيقات بناء أغلفة المبنى بدلاً من الألواح الزجاجية التقليدية أو الألواح الشمسية الصلبة، حيث يتم الجمع بين الخلايا الشمسية مع النوافذ والأسقف والواجهات، مع الحفاظ على النواحى الجمالية للمبنى.

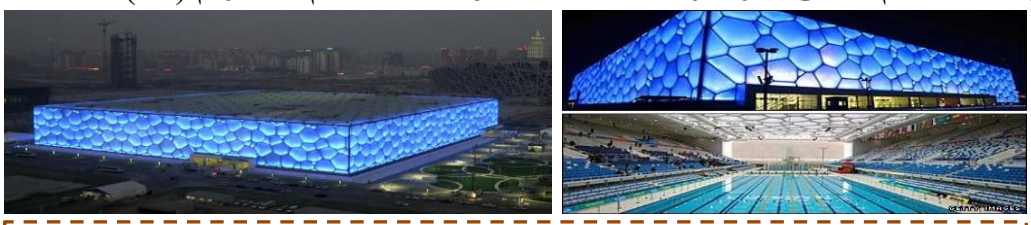


شكل رقم (١٦): يوضح الخلايا الشمسية النانوية المرنة
المصدر:
www.ecobuildingpulse.com/products/ecohome-readers-most-requested-green-building-products

- الألواح الشمسية التقليدية تتطلب أشعة شمسية مباشرة وتنخفض كفاءتها بشكل كبير عند وجود الظلال، لكن بإستخدام تكنولوجيا النانو تم إنتاج تقنيات جديدة مدمجة فى الخلايا الشمسية لجعلها أكثر كفاءة حيث تصنع موجهات ضخمة يمكنها أن تولد الطاقة من الضوء المنتشر، مما يسمح بإستخدامها فى أى واجهة للمبنى بشكل فعال دون التقيد بواجهة أو توجيه محدد.

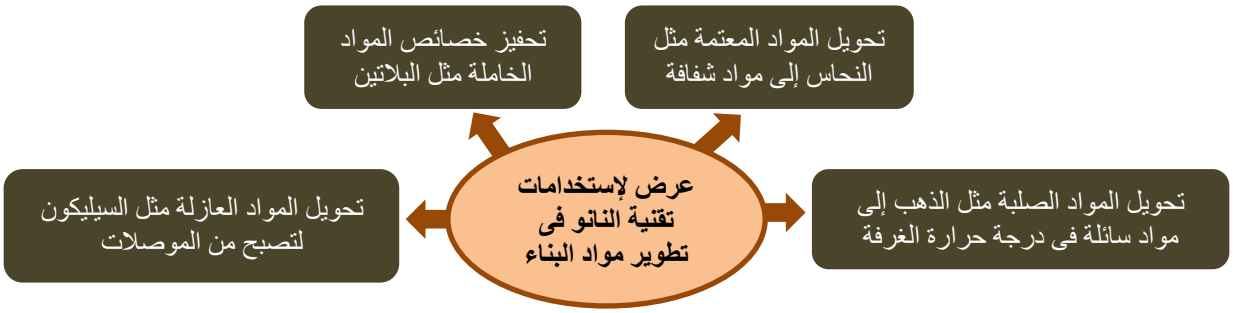
ط) إستخدام تكنولوجيا النانو فى المبانى المستدامة

حيث تقدم هذه التقنية وسائل تكنولوجية جديدة فى معالجة تغيير المناخ والمساعدة فى تقليل إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى وتقليل إنبعاث غاز ثانى أكسيد الكربون وخاصة أن قطاع المبانى هو المنتج الرئيسى له، فتستخدم لتحقيق أكبر قدر من كفاءة الطاقة والبناء المستدام شكل رقم (١٧) .

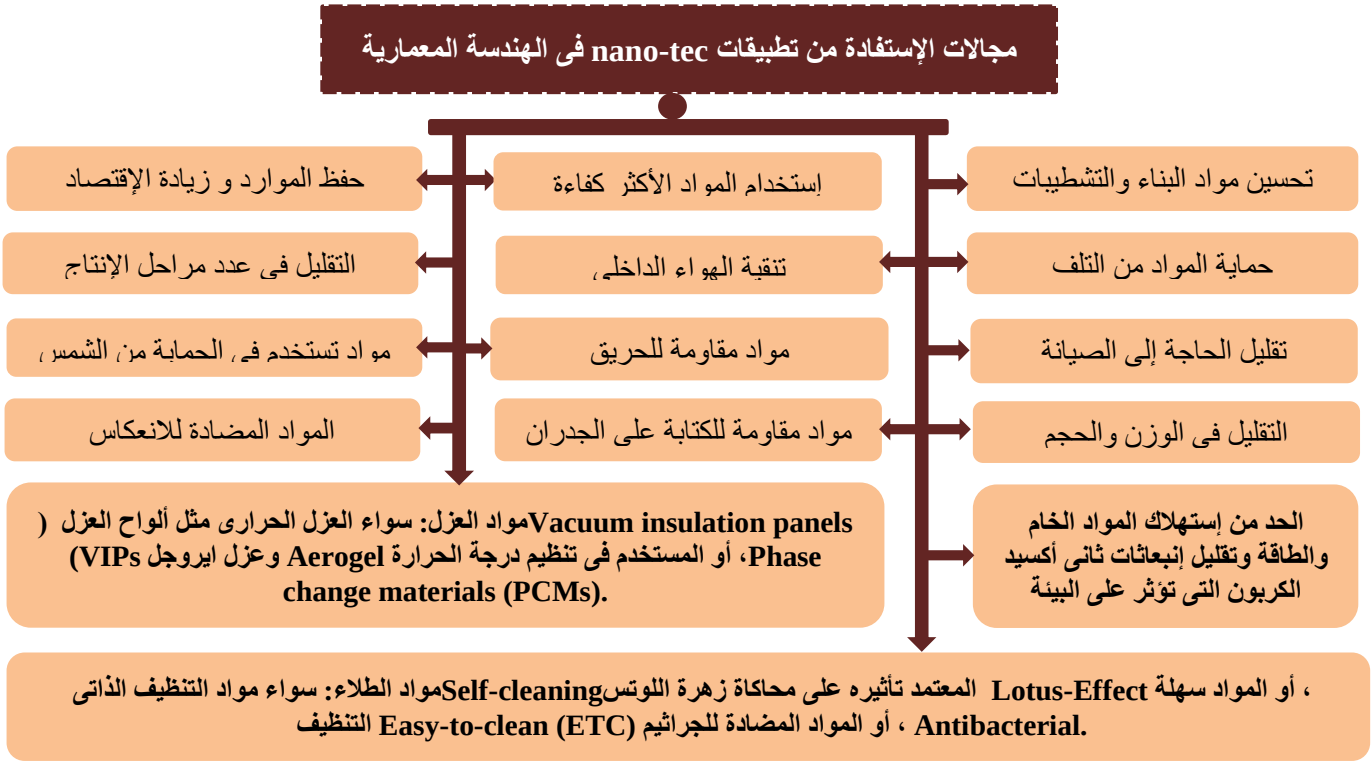


شكل (١٧): يوضح المركز الوطني للسباحة فى الألعاب الأولمبية لعام ٢٠٠٨ فى بكين، الصين، كرات البوكي كبيرة الحجم. يشبه نمط قشرة مبنى المكعب المائي
المصدر: www.afsoc.us/maison-familiale-design-a-beijing-en-china-par-arch-studio.html

- و أخيراً هناك العشرات من مواد البناء المستخدمة فى تقنية النانو، بدءاً من النوافذ ذاتية التنظيف إلى الطلاء المعزول بتقنية Wi-Fi، بالإضافة إلى الخرسانة ذاتية المعالجة، والمواد اللآزمة لمنع الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء، والحوائط والأسقف التى ينبعث منها الضوء، وغلاف الطاقة Energy coating، ومساحيق نانو الألومنيوم Quantum Spheres, and Nano aluminum powders، Ultra Low Energy High Brightness Light (ULEHB)، والعديد منها قيد التطوير ومازالت الأبحاث والدراسات تنتج وتطور مواد أخرى مما يسهم فى الإرتقاء بالمنتج المعمارى النهائى.



شكل رقم (18): يوضح إستخدامات تقنية النانو فى تطوير مواد البناء
المصدر: الباحث



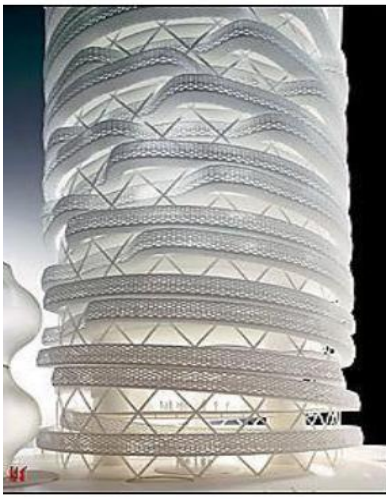
شكل رقم (19): يوضح مجالات الإستفادة من تطبيقات nano-tec فى الهندسة المعمارية
المصدر : الباحث

- وفيما يلى عرض لدراسة و تحليل ثلاث امثلة لمبانى مختلفة تم استخدام تكنولوجيا النانو بها وبيان تاثير تقنيات النانو على مواد البناء وأساليب وطرق التنفيذ و مردود ذلك على تطور المبانى.

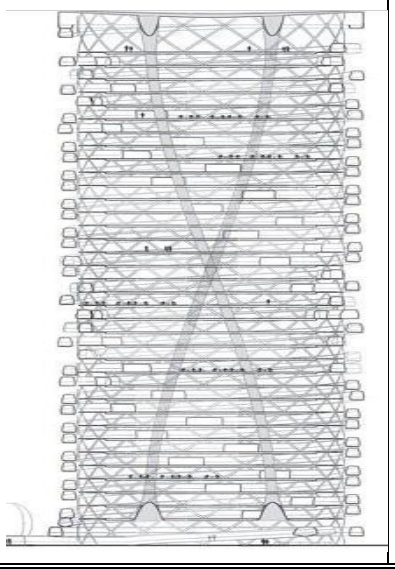
❖ **الأمثلة :**

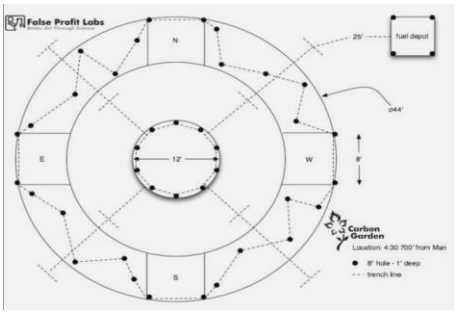
- **النموذج الاول : مبنى Carbon Tower**

إســـم المشـروع	**Carbon Tower**
المصمم المعمارى	المهندس المعماري بيتر تيستا Peter Testa
مكـان المشـروع	سانتا مونيكا، كاليفورنيا



وصف المبنى	- هو برج شاهق من مواد مركبة عبارة عن حلزون مزدوج لأربعة وعشرين ضفيرة من الخيوط المتشابكة من ألياف الكربون تلتف حول المبنى حيث ينتهى بالمنحدر (Ramp) الذى يعتبر بمثابة دعامة جانبية فعالة للمبنى.
المواد النانونية	- يعتمد على **تكنولوجيا النسيج المتقدمة**،حيث تعمل هذه الأشرطة الرقيقة على تحمل الحمل الإنضغاطى الرأسي بأكمله بشكل مستمر من أسفل إلى أعلى المبنى، مما يتطلب البعد عن التقليدية والتخلى شبه الكامل عن مبادئ التسلسل الهرمى فى أنظمة البناء. - تم استبدال الحديد **بالألياف الكربونية** المعدلة، فإستخدام المواد النانوية بما فى ذلك **الأنابيب النانوية الكربونية** carbon nanotubes وquantum dot **وأجهزة إستشعار النانو** Nano sensors يخلق أنواع جديدة من البيئات التى لا تحدها قيود المواد التقليدية.
الخصائص النانونية	- يعد برج الكربون تطوراً فى صناعة هندسة الإنشاءات، فله العديد من المزايا عن المواد التقليدية مثل **القوة وخفة الوزن**، ومن الجدير بالذكر أن تصنيع ألياف الكربون والراتنجات **تتطلب طاقة أقل** من المستخدمة فى صناعة الحديد. - الأنابيب النانوية الكربونية هى المادة الرئيسية الستخدمة فى هذه التقنية وذلك **لقوتها وخفة وزنها وشفافيتها** المستخدمة تجعل الهيكل اللولبى المحيط بالمبنى المكون من ٤٠ طابقًا بدون أعمدة داخلية، ويعتبر بمثابة الغلاف الخارجى للمبنى، والذى يعد **واجهة تفاعلية** بين الفراغات الداخلية والبيئة الخارجية.
دور تكامل النمذجة الرقمية مع الهندسة النانونية	- تم إستخدام **أدوات النمذجة الحاسوبية** المعقدة فى عملية التصميم، فبإستخدام التصنيع الرقمى يمكن تقديم منهجًا جديدًا **لتصميم وتصنيع أغلفة المبانى** من خلال **التحكم فى الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمواد البناء** الأصلية على مستوى هياكلها الصغيرة والنانوية، على سبيل المثال **تغيير شفافية المادة** للسيطرة على مستويات الضوء داخل الفراغ، **وفتح وإغلاق المسام المدمجة للتهوية**.

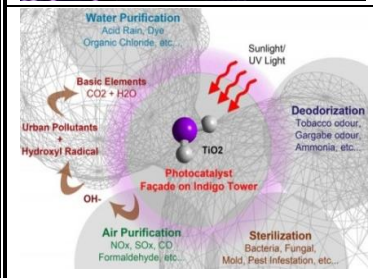
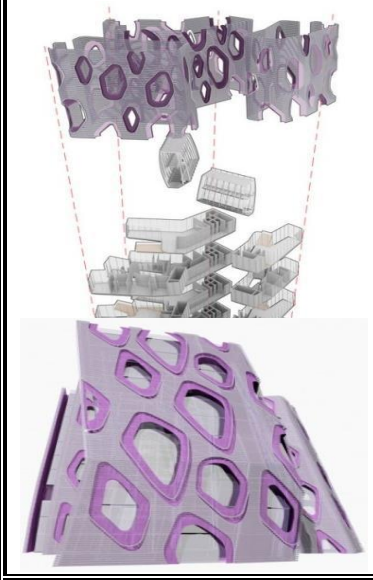




يعتبر المثال نموذجاً للتكامل بين إستخدام النمذجة الرقمية مع تقنيات النانو فى تطور صناعة هندسة الإنشاءات

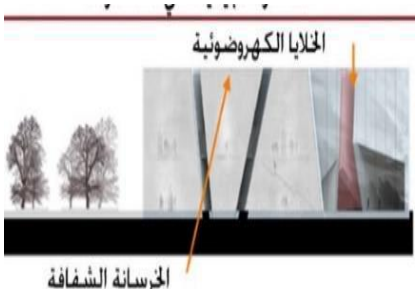
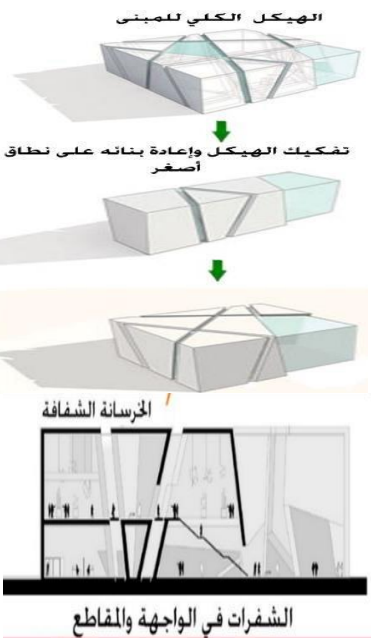
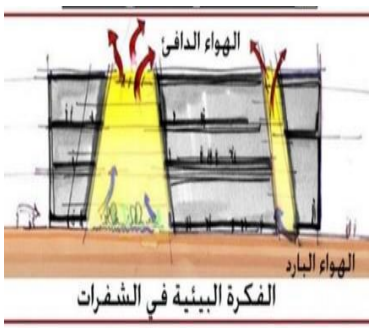
جدول رقم (١) المصدر: الباحث

- **النموذج الثانى : مبنى برج النيلى Indigo Tower**

إســـم المشـروع	برج النيلى Indigo Tower	
المصمم المعمارى	Ted Givens, Benny Chow	
مكـــان العـــرض	تشينجداو، الصين China،Qingdao	
وصف المبنى	- يعتبر مبنى برج إنديجو نموذج تدريبى بحثى ضمن سلسلة من المشاريع البحثية التي تهدف إلى تحسين جودة البيئة المبنية، حيث يعالج مشكلة التلوث الحضرى، فهو عبارة عن تجربة تهدف إلى الإستفادة الكاملة من تقنية الطاقة الشمسية السالبة التى يتم دمجها بعناية مع فوائد غلاف المبنى المطلى والمستوحى من الملمس الخلوى لجزىء ثانى أكسيد التيتانيوم (TiO2).	
المواد النانونية	- عن طريق إستخدام **طلاء نانو** من ثاني أكسيد التيتانيوم على الغلاف الخارجى للمبنى يكافح مشكلة الهواء الملوث بهدف المساعدة فى تنقية الهواء ومقاومة الأوساخ والأتربة. - بالإضافة أيضاً إلى إستخدام **نوافذ التنظيف الذاتى وطلاء بلاط الفراغات** الداخلية وخاصة الحمامات والخدمات **بمادة طلاء ذكية** تعمل على إزالة الأوساخ والبكتيريا فيمكنها أن تحافظ على نظافة الأسطح، كما يمكن **إستخدام المادة النانوية** فى الممرات الداخلية وغرف القمامة والمصاعد لإزالة أو تقليل العوامل البكتيرية.	
الخصائص النانونية	- TiO2هو عامل أكسدة قوى ينشأ من خلال محفز ضوئي، ففى فترات النهار يعمل التفاعل بشكل طبيعي بواسطة ضوء الشمس، أما خلال الليل يتم الحفاظ على التفاعل من خلال سلسلة من الأضواء فوق البنفسجية التى تعمل بواسطة الطاقة التى يتم جمعها من الألواح الضوئية خلال النهار فيصبح رمزاً للتنظيف خلال ٢٤ ساعة. تسمح مساحة السطح بزيادة كمية ثانى أكسيد التيتانيوم التى يمكن وضعها على المبنى، مما يعزز كمية الهواء التى يتم تنظيفها. كما يعتمد على تنقية الهواء من خلال مزيج من التقنيات الشمسية السالبة وتكنولوجيا النانو المتقدمة.	
تأثير مفردات التشكيل على الأداء البيئى	- يميل المبنى نحو الجنوب لتوفير التظليل الطبيعى فى الواجهات الجنوبية وإستغلال الواجهة الشمالية لتعظيم ضوء النهار إستناداً لأفكار الإتجاهات الشمسية السالبة، ويستخدم الغلاف الخارجى لحجز الأشعة فوق البنفسجية الضارة، كما تقع سلسلة من الحدائق على مسافات منتظمة على طول إرتفاع البرج، تصبح أماكن مجمعات عامة بالإضافة إلى إستخدامها لجمع المياه الناتجة من التفاعلات الكيميائية للغلاف ولتصفية ومعالجة المياه الرمادية من الأبراج، وتحول النباتات أيضًا ثاني أكسيد الكربون إلى أكسجين. - يغطى المبنى بسلسلة من الفتحات تشبه الخلايا العضوية وهى مدببة لجمع مياه الأمطار بشكل طبيعى. - ومن الجدير بالذكر أن إتباع جميع المبانى فى المناطق المركزية تكنولوجيا المبنى النيلى أدى إلى إنخفاض التلوث الجوى بشكل كبير يمكن أن يصل إلى نسبة ٨٠ بالمائة، فمجرد الحيادية لا يكفي حيث يجب أن تعمل المبانى الجديدة معًا على تحسين جودة البيئة المادية.	
يعتبر المثال نموذجاً لإستغلال مفردات التشكيل المعمارى وتقنيات النانو لرفع كفاءة الأدآء البيئى للمبنى		

جدول رقم (٢) المصدر: الباحث

- **النموذج الثالث : مبنى الجناح الإيطالى فى معرض اكسبو ٢٠١٠ م**

إســـم المشـروع	**مبنى الجناح الإيطالى فى معرض اكسبو ٢٠١٠ م**	الجناح في النهار
المصمم المعمارى	المعمارى جيامباولو امبريغى Giampaolo Imbrighi:	
مكـــان المشـروع	يقع المبنى فى شنغهاى، الصين	
وصف المبنى	- الجناح عبارة عن بناء مستطيل بقاعدة مربعة مساحتها ٣٦٠٠ م٢، بإرتفاع ٨١ م يضم قاعة ومطعمين، ومتجر للهدايا، ومكتبة، ومكاتب وصالات ومناطق للمعارض المؤقتة، وفناء داخلى. - غلاف المبنى يمثل التقدم التكنولوجى فى دراسة و انتاج المواد المبتكرة	
المواد الثانوية	- **تم إستخدام أحدث المواد المبتكرة من:** أ) **الخرسانة الشفافة** كمادة بناء رئيسية. ب) **الزجاج الشفاف** منخفض الإنبعاثية وذاتى التنظيف Self Cleaning. ج) **الخرسانة النشطة** فى الجدران وبلاط السيراميك. د) **الحديد الصلب** المقاوم للصدأ.	
الخصائص الثانوية	- إعتماد المبنى على الخرسانة الشفافة ذات شفافية تتراوح من ٢٠% : ٨٠%، امكن من إدراك و تحسين درجة الحرارة الداخلية والخارجية والرطوبة من المبنى. - الزجاج المستخدم منخفض الإنبعاثية Low-E، وموفر للطاقة Energy Saving حيث يقلل من الإعتماد على الإضاءة الصناعية خلال ساعات النهار، كما أنه فى معظم المناطق يحتوى على وحدات كهروضوئية Photovoltaic Solar التى تمتص الطاقة الشمسية وتحولها إلى طاقة كهربائية.  - الخرسانة النشطة فى الجدران وبلاط السيراميك يعملان على التقليل من الضباب الدخانى وتنقية الهواء من الملوثات. - إستخدام تقنية التنظيف الذاتى الضوئى Cleaning Self حيث يعطى الواجهات نظافة دائمة مما يعمل على تقليل التلوث البيئى.	 الشفرات في الواجهة والمقاطع
تأثير مفردات التشكيل	- الديناميكية والحيوية العالية من خلال استخدام الواح الخرسانة شبه الشفافه وتناوبها مع الاسطح غير الشفافه. - الراحة البصرية من خلال التجانس بين مواد النهو والتشطيبات. - الاحساس بالمقياس المنتظم من خلال الواح الخرسانة والزجاج. - البساطة فى الكتلة والتحكم فى المناخ الداخلى من خلال الغلاف الخارجى للمبنى . - المرونة فى تصميم الفراغات.	 الفكرة البيئية في الشفرات
يعتبر المثال نموذجاً لإستغلال مفردات التشكيل المعمارى وتقنيات النانو لتقليل التلوث البيئى و توفير الطاقة.		

جدول رقم (٣) المصدر: الباحث

❖ النتائج والتوصيات:

- ساهمت تقنية النانو فى تحسين أدآء العديد من مواد البناء ومواد النهو (الطلاء والتشطيبات) ورفعت من كفاءتها البيئية والتشكيلية مثل استخدام تقنية النانو فى إعداد وتجهيز الخرسانة السميكة من خلال إضافة النانو سيلكا ليزيد من مقاومة الخرسانة.
- إن المعرفة بالإتجاهات الجديدة فى التصميم مثل الهندسة النانوية وأدوات التصميم الرقمى تؤدى إلى فهم التكامل بين تكنولوجيا النانو والتصنيع الرقمى من أجل إنشاء مواد جديدة للبناء ذات الإمكانات الجديدة.
- ساعدت تكنولوجيا النانو فى تحسين البيئة الداخلية والخارجية فى مجال تحسين وإزالة التلوث البيئى بالقدرة على معالجة وتنظيف الواجهات ، كما امكن إستخدام المواد النانوية المعدلة فى الممرات الداخلية وغرف القمامة والمصاعد لإزالة أو تقليل العوامل البكتيرية، حيث ان الهدف المستقبلى هو تدمير جزيئات الملوثات بما فى ذلك أكاسيد النيتروجين والتى مصدرها الرئيسى الصناعات الثقيلة وإنبعاثات السيارات.
- قدمت تقنية النانو وسائل تكنولوجية جديدة فى معالجة تغير المناخ، والمساعدة فى تقليل إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى، وذلك من خلال التحكم الفائق فى الإشعاع الشمسى داخل الفراغ، مما يؤدى إلى تحسين أدآء المبنى.
- سمحت هذه التقنيات الجديدة بوجود مبانى قادرة على إنشاء علاقة ديناميكية بين المبنى والعوامل البيئية المحيطة مثل الحرارة والرطوبة والضوء والصوت والرياح، من خلال تعديل أداء وسلوك المواد وحتى شكلها من أجل ضمان التحكم البيئى وإستراتيجيات توفير الطاقة.
- تعتبر تقنية النانو وسيلة هامة لتحقيق قدر أكبر من كفاءة الطاقة والبناء المستدام، كما أنها عززت من مستويات الذكاء فى المبانى حيث تحول غلاف المبنى الثابت إلى غلاف ديناميكى متفاعل مع إحتياجات المبنى والمستخدم، هذا بجانب أن أنظمة تكنولوجيا النانو تقدم تقنيات يمكن دمجها مع المبانى القائمة لتحسين مستوى أدائها، أو فى إنشاء مبانى أكثر ملاءمة وإستجابة لإحتياجات المستخدمين.
- يجب وضع ضوابط تنظيمية جديدة من قبل المعماريين والعلماء للتقنيات الحديثة والتفكير بعناية في أى قضايا أوثقافية أومعمارية أوبيئية تثيرها تكنولوجيا النانو، كما يجب إجراء الدراسات على آثار وسلبيات هذه التكنولوجيا على البيئة المبنية ومن ثم العمل على تجنبها وخاصة لصغر حجم جسيمات النانو مما يسهل إمتصاصها من الجسيمات الأكبر منها، وذلك بهدف تقليل المخاوف والأضرار المحتملة الناتجة عنها، وعدم الإهتمام فقط بمزاياها، وذلك من خلال التعاون بين المعماريين وعلماء فيزياء المواد.
- ضرورة تقييم وتلافى أى مخاطر ناتجة عن استخدام مواد الناتو فى تصنيع مواد النانو أو فى التعليق الفعلى من خلال إعداد مواصفات فنية للتعامل مع المواد الشتوية.
- يجب دراسة وتطوير إستخدام تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها فى صيانة والحفاظ على المبانى الأثرية، بالإضافة إلى دراسة دمج تقنيات النانو مع الإتجاهات المعمارية المختلفة مثل العمارة البيولوجية والعمارة المستدامة، والعمارة الحركية،وغيرهم..
- ضرورة زيادة وعى المختصين فى مجال العمارة بإمكانات تطبيقات النانو بالعمارة من خلال المؤتمرات والندوات والمحاضرات، والدعوة إلى تكثيف المواد الدراسية الخاصة بعمارة النانو فى مناهج الجامعات وكليات العمارة والتعرف على كيفية الإستفادة منها.
- العمل على زيادة الوعى بأهمية تكنولوجيا النانو فى تطبيقات صناعة الإنشاء فى مصر والدول الأخرى مع عمل ورش عمل تثقيفية لشركة المقاولات والمصنعين المواد البناء فى المراكز البحثية.
- الاستفادة من الأبحاث التى تم نشرها خلال السنوات السابقة فى تحديث الكودات ومواصفات بنود الأعمال لمواد البناء . واستخلاص أهم التوصيات التى تم سردها وعمل متابعة لمحاولة تنفيذها على أرض الواقع.

❖ **المراجع:**

١. خالد محمود هيبة: **التكنولوجيا والعمارة المعاصرة**،ردمك،١-٥٢-٨٠١٨-٦٠٣-٩٧٨.
٢. رزين فهد الفوزان: **تقنية البناء بالنانو**، كلية الهندسة، جامعة القصيم، ربيع أول ١٤٣٨.
٣. صدى عبدالخالق حسن: **تقنية النانو فى الإنشاء والإستدامة**،٢٠١٣.
٤. عبدالله علي صقر محمد الهاجري -**المواد النانوية في الهندسة المعمارية تطبيقاتها وخصائصها في المباني** - ماجستير - كلية الهندسة - قسم الهندسة المعمارية, جامعة القاهرة – ٢٠١٤ .
٥. لؤي مرهج ،**العمارة في ظل تقنية النانو**،مجلة جامعة البعث – المجلد ٣٩ – العدد ١٨ – ٢٠١٧.
٦. ياسر محمد صلاح الدين محمود المغربى- **تكنولوجيا النانو و تأثيرها على العمارة من حيث أساليب البناء و مواد التشطيب**– ماجستير - كلية الهندسة - قسم الهندسة المعمارية, جامعة القاهرة-2013.
7. M.A. Fernandez, A Game-changing radio communication architecture for cube/nano satellite.
8. M. M. Eshaghian-Wilner, nano-scale architecture for constant time image processing, University of California at Los Angeles, USA,2015.
9. Rahul Malik, Architecture Dependence on the Dynamics of Nano-LiFePO4 Electrodes, Institute of Technology,Cambridge,M,2014.
10. Ülker Ogutveren, 11th International Conference on Engineering, Science and Technology(ICEST'2017), Dubai (UAE).
11. Wijdan Deyaa, The Impact of Nano-Concrete in Contemporary Architecture, University of Technology in Baghdad,2017.
12. http://www.evolo.us/architecture/indigo-bio-purification-tower-with-titanium-dioxide-facade/
13. Mcquaid, M., Extreme textile-Design for high performance, Princeton Architectural press, 2005.