وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعـــــــــــة بـــــــابـــــــل
كليـــة التربيـــة للعلـــوم الصرفـة
قـســـــــــــم الفيـــزيـــــــــاء

استخدامات النانو تكنولوجي في الطب

مشروع مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل

وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في الفيزياء

من قبل

حمدية اسعد إسماعيل علوان

بأشراف

د. انتهاء عبد الله الجبوري

للعام الدراسي

2023-2022

﴿ يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آَمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴾

صدق الله العظيم

المجادلة الآية ﴿11﴾

إهداء

إلى من أشتاق إليه بكل جوارحي.... وطني الغالي.

إلى مثال التفاني والإخلاص ..... أبي الحبيب

إلى من أمدَّتني بالنصح والإرشاد... امي الغالية.

إلى كل من دعا لي بالخير

أهديكم ذلك العمل المتواضع.....

حمدية

شكر وتقدير

نحمد لله وحده والصلاة والسلام على من لا نبي بعده الشكر والتقرير للدكتورة انتهاء عبد الله الجبوري الذي اشرفت على هذا البحث لما جهدت وما قدمته لنا من توجيه وعناية وارشاد وتحمل مما كان لها من الفضل في اتمام البحث بصورته هذه. فلها كل الشكر والتقدير والاحترام.

حمدية

الملخص:

يعتبر علم النانو من العلوم الحديثة ذات التطبيقات الواعدة في العصر الحديث لذا اهتم هذا البحث بتعريف علم النانو واستعراض بعض تطبيقاته المختلفة مع التركيز على التطبيقات الطبية ووضح هذا العلم أن المادة النانوية يمكن تعين خصائصها بصورة كبيرة بحيث تختلف عن خصائصها الأم مما يسهل استخدام هذه الخواص الجديدة. وتم التعرف على تقنية النانو واستخداماتها في المجالات المختلفة مع التركيز أيضاً على التطبيقات الطبية في علاج السرطان بتقنية النانو ومقارنتها بالطرق التقليدية ولإعطاء فكرة مبسطة عن هذه التقنية.

اختراعات علم النانو تدخل في كل مجال من مجالات العلوم. تقنيات النانو تقريبًا تجعل الحياة أسهل في هذا العصر. يمثل علم النانو وتكنولوجيا النانو مجال بحث موسع، والذي يتضمن الهياكل والأجهزة والأنظمة ذات الخصائص والوظائف الجديدة بسبب ترتيب ذراتها على مقياس من 1 إلى 100 نانومتر. كان هذا المجال خاضعًا لوعي عام وجدل متزايد في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، وبالتالي بدأت التطبيقات التجارية لتقنية النانو. تساهم تقنيات النانو في كل مجال من مجالات العلوم تقريبًا، بما في ذلك الفيزياء وعلوم المواد والكيمياء والبيولوجيا وعلوم الكمبيوتر والهندسة. والجدير بالذكر أنه في السنوات الأخيرة تم تطبيق تقنيات النانو على صحة الإنسان مع نتائج واعدة، لا سيما في مجال علاج السرطان. لفهم طبيعة تقنية النانو.

الفهـــــــــرست

الفصل الأول / مقدمة نظرية عن تقنية النانو		
1-1	تقانة الجزيئات متناهية الصغر أو تقانة الصغائر أو تقانة النانو	1
2-1	علوم النانو وتقانة النانو	2
3-1	تقنية النانو	3
الفصل الثاني / طرق تصنيع المواد النانوية الطبية واهميتها		
1-2	طريقة ترسيب الليزر النبضي	4
2-2	طريقة الطحن	5
3-2	طريقة التحضير الكيميائي الميكانيكي	6
4-2	طريقة تفريغ الأسلاك النبضية	7
5-2	طريقة الترسيب الكيميائي	8
6-2	تقنية الـ Sol-Gel	9
الفصل الثالث / استخدامات النانو تكنولوجي في المجال الطبي		
1-3	علاج مرض السرطان	10
2-3	العلاج الجيني	11
3-3	الادوية المضادة	12
4-3	استخدامها كأوعية دموية	13
5-3	في المنظفات والضمادات الصحية	14
6-3	النانو وامراض القلب	14

7-3	النانو ومستحضرات التجميل وكريمات الوقاية من الشمس	14
8-3	زيادة سرعة نمو الخلايا العظمية	14
9-3	علاج أمراض الكلى بتقنية النانو	15
10-3	تقنية النانو في علاج حب الشباب	15
11-3	التصوير	16
12-3	توصيل الدواء	16
الفصل الرابع / الاعمال المستقبلية لتقنية النانو تكنولوجي		
1-4	ماذا يعني تطوير تقنية النانو اليوم	17
2-4	هل الطب النانوي أكثر فعالية من الأدوية التقليدية	17
3-4	هل ثمّة مخاطر ترتبط بتقنية النانو، باعتبارها تقنية جديدة	18
4-4	في أي المجالات يمكن لتقنية النانو أن تحدث فرقًا في المستقبل	18
5-4	مَن يقدر على تحمّل تكلفة "أدوية المستقبل"	19
6-4	هل نتصوّر أن التقنية النانوية يمكنها مستقبلًا أن تطيل عمر الإنسان	19
الفصل الخامس/ الخاتمة والاستنتاجات		20
المصادر		21

الفصل الاول

مقدمة نظرية عن تقنية النانو

1-1 تقانة الجزيئات متناهية الصغر أو تقانة الصغائر أو تقانة النانو:

هو العلم الذي يهتم بدراسة معالجة المادة على المقياس الذري والجزيئي. تهتم تقانة النانو بابتكار تقنيات ووسائل جديدة تقاس أبعادها بالنانومتر وهو جزء من الألف من الميكرومتر أي جزء من المليون من الميليمتر. عادة تتعامل تقانة النانو مع قياسات بين 1 إلى 100 نانومتر أي تتعامل مع تجمعات ذرية تتراوح بين خمس ذرات إلى ألف ذرة. وهي أبعاد أقل كثيرا من أبعاد البكتيريا والخلية الحية. حتى الآن لا تختص هذه التقنية بعلم الأحياء بل تهتم بخواص المواد، وتتنوع مجالاتها بشكل واسع من أشباه الموصلات إلى طرق حديثة تماما معتمدة على التجميع الذاتي الجزيئي. هذا التحديد بالقياس يقابله اتساع في طبيعة المواد المستخدمة، فتقانة النانو تتعامل مع أي ظواهر أو بنايات على مستوى النانو الصغير. مثل هذه الظواهر النانوية يمكن أن تتضمن تقييد كمي التي تؤدي إلى ظواهر كهرومغناطيسية وبصرية جديدة للمادة التي يبلغ حجمها بين حجم الجزيء وحجم المادة الصلبة المرئي. تتضمن الظواهر النانوية أيضا تأثير جيبس-تومسون -وهو انخفاض درجة انصهار مادة ما عندما يصبح قياسها نانويا، اما عن بنايات النانو فأهمها أنابيب النانو الكربونية.

يستخدم بعض الكتاب الصحفيين أحيانا مصطلح (تقانة الصغائر للتعبير عن النانو) رغم عدم دقته، فهو لا يحدد مجاله في تقانة النانو أو الميكروبية إضافة إلى التباس كلمة صغائر التي قد تفهم بمعنى جسيم لأن البعض يسمي الجسيمات بالدقائق[1,2].

2-1 علوم النانو وتقانة النانو:

إحدى مجالات علوم المواد واتصالات هذه العلوم مع الفيزياء، الهندسة الميكانيكية والهندسة الحيوية والهندسة الكيميائية تشكل تفرعات واختصاصات فرعية متعددة ضمن هذه العلوم وجميعها يتعلق ببحث خواص المادة على هذا المستوى الصغير.

وتكمن صعوبة تقانة النانو في مدى إمكانية السيطرة على الذرات بعد تجزئة المواد المتكونة منها. فهي تحتاج بالتالي إلى أجهزة دقيقة جدا من جهة حجمها ومقاييسها وطرق رؤية الجزيئات تحت الفحص. كما أن صعوبة التوصل إلى قياس دقيق عند الوصول إلى مستوى الذرة يعد صعوبة أخرى تواجه هذا العلم الجديد الناشئ. بالإضافة ما يزال هناك جدل ومخاوف من تأثيرات تقانة النانو، وضرورة ضبطها[3].

3-1 تقنية النانو

لقد كان التطور التقني الهائل هو السمة الفريدة في القرن العشرين الذي ودعناه قبل بضع سنوات، وقد أجمع الخبراء على أن أهم تطور تقني في النصف الأخير من القرن الحالي هو اختراع إلكترونيات السيليكون أو الترانزستور والمعامل الإلكتروني، فقد أدى تطويرها إلى ظهور ما يسمى بالشرائح الصغرية والتي أدت إلى ثورة تقنية في جميع المجالات مثل الاتصالات والحاسوب والطب وغيرها. فحتى عام 1950 لم يوجد سوى التلفاز الأبيض والأسود، وكانت هناك فقط عشرة حواسيب في العالم أجمع. ولم تكن هناك هواتف نقالة أو ساعات رقمية أو الإنترنت، كل هذه الاختراعات يعود الفضل فيها إلى الشرائح الصغرية والتي أدى ازدياد الطلب عليها إلى انخفاض أسعارها بشكل سهل دخولها في تصنيع جميع الإلكترونيات الاستهلاكية التي تحيط بنا اليوم. وخلال السنوات القليلة الفائتة، برز إلى الأضواء مصطلح جديد ألقى بثقله على العالم وأصبح محط الاهتمام بشكل كبير، هذا المصطلح هو «تقنية النانو»[4].

هذه التقنية الواعدة تبشر بقفزة هائلة في جميع فروع العلوم والهندسة، ويرى المتفائلون أنها ستلقي بظلالها على كافة مجالات الطب الحديث والاقتصاد العالمي والعلاقات الدولية وحتى الحياة اليومية للفرد العادي فهي وبكل بساطة ستمكننا من صنع أي شيء نتخيله وذلك عن طريق صف جزيئات المادة إلى جانب بعضها البعض بشكل لا نتخيله وبأقل كلفة ممكنة، فلنتخيل حواسيبَ خارقة الأداء يمكن وضعها على رؤوس الأقلام والدبابيس، ولنتخيل أسطولا من روبوتات النانو الطبية والتي يمكن لنا حقنها في الدم أو ابتلاعها لتعالج الجلطات الدموية والأورام والأمراض المستعصية.

والنانو هي مجال العلوم التطبيقية والتقنية تغطي مجموعة واسعة من المواضيع. توحيد الموضوع الرئيسي هو السيطرة على أي أمر من حجم أصغر من الميكروميتر، كذلك تصنيع الأجهزة نفسه على طول هذا الجدول. وهو ميدان متعدد الاختصاصات العالية، مستفيدا من المجالات مثل علم صمغي الجهاز مدد الفيزياء والكيمياء. هناك الكثير من التكهنات حول ما جديد العلم والتقنية قد تنتج عن هذه الخطوط البحثية. فالبعض يرى النانو تسويق مصطلح يصف موجودة من قبل الخطوط البحوث التطبيقية إلى اللجنة الفرعية حجم ميكرون واسع. رغم بساطة ما لهذا التعريف، النانو عليا تضم مختلف مجالات التحقيق. النانو يتخلل مجالات عديدة، بما فيها صمغي العلوم والكيمياء والبيولوجيا والفيزياء التطبيقية. فانه يمكن أن يعتبر امتدادا للعلوم في القائمة، تقدر إما إعادة صياغة العلوم القائمة باستخدام أحدث وأكثر الوسائل عصرية. فهناك نهجين رئيسيين تستخدم تقنية النانو: فهو «القاعدة» التي هي مواد وأدوات البناء من الجزيئات التي تجمع بينها عناصر كيميائية تستخدم مبادئ الاعتراف الجزيئي؛ الآخر «من القمة إلى القاعدة» التي تعارض هي نانو مبنى أكبر من

الكيانات دون المستوى الذري. زخم النانو نابعة من اهتمام جديد صمغي العلوم إضافة جيل جديد من الأدوات التحليلية مثل مجهر القوة الذرية (ساحة) ومسح حفر نفق المجهر (آلية المتابعة. العمليات المشتركة والمكررة مثل شعاع الإلكترون والطباعة الحجرية هاتين الأداتين في التلاعب المتعمد، نانوستروستوريس وهذا بدوره أدى إلى رصد ظواهر جديدة. النانو أيضا مظلة وصف التطورات التقنية الناشئة المرتبطة الفرعية المجهري الأبعاد. على الرغم من الوعد العظيم التقنيات المتناهية الدقة عديدة مثل حجم النقاط ولنانومتريه، حقيقي الطلبات التي خرجت من المختبر إلى السوق والتي تستخدم أساسا مزايا صمغي نانوبارتيكليس في معظم شكل مثل سمرة الشمس المستحضر ومستحضرات التجميل والطلاءات الواقية وصمة المقاومة الملابس[5,6].

يعتقد العلماء أن تقنية النانو ستحل مجموعة من التحديات التي تواجه البشرية كالأمراض وتوفير المياه النظيفة للجميع فضلا عن رحلات فضائية رخيصة لا تؤثر فيها الإشعاعات.

إن أصل كلمة «النانو» مشتق من الكلمة الاغريقية «نانوس» وهي كلمة إغريقية تعني القزم ويقصد بها، كل شيء صغير وهنا تعني تقنية المواد المتناهية في الصغر أو التكنولوجيا المجهرية الدقيقة أو تكنولوجيا المنمنمات. وعلم النانو هو دراسة المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسه الـ 100 نانو متر، فالنانو هو أدق وحدة قياس مترية معروفة حتى الآن، ويبلغ طوله واحد من بليون من المتر أي ما يعادل عشرة أضعاف وحدة القياس الذري المعروفة بالأنغستروم، ويعرَّف النانومتر بأنه جزء من البليون من المتر، وجزء من الالف من المايكرومتر. ولتقريب هذا التعريف إلى الواقع فان قطر شعرة الرأس يساوي تقريبا 75000 نانومتر، كما ان حجم خلية الدم الحمراء يصل إلى 2000 نانومتر، ويعتبر عالم النانو الحد الفاصل بين عالم الذرات والجزيئات وبين عالم الماكرو[7].

الفصل الثاني

طرق تصنيع المواد النانوية الطبية واهميتها

يمكن تصنيف طرق تحضير مواد النانو إلى أسلوبين أساسيين يتضمنان طرقًا مختلفةً الأسلوب الأول هو أسفل - أعلى تُصغّر فيه مكونات المواد مع إجراء تجميعٍ ذاتيٍّ بغية الوصول إلى تركيبةٍ نانويةٍ للمواد، حيث تُستخدم أثناء التجميع الذاتي قوى فيزيائيةٌ تعمل ضمن المجال النانوي من أجل دمج الوحدات للحصول على هيكلياتٍ مستقرةٍ ذات حجمٍ أكبر؛ أما الأسلوب الثاني هو أعلى - أسفل ويُعتمد فيه على هيكلياتٍ مبدئيةٍ حجمها أكبر يمكن التحكم بها أثناء تحضير المواد النانوية، وبناءً على ذلك سنذكر عدة طرقٍ لتحضير مواد النانو تندرج ضمن هذين الأسلوبين[8].

2-1 طريقة ترسيب الليزر النبضي

يُستخدم في هذه الطريقة الليزر ذو نمط التوافقيات من الجيل الثاني، حيث تُسلط حزمةٌ من أشعة الليزر النبضي ذات الطاقة المرتفعة إلى داخل حجرةٍ مفرغةٍ لتصل إلى الجزء المحدد من المادة فتتكون البلازما ثم تتحول بدورها إلى محلولٍ غرويٍّ من الجسيمات النانوية. يتأثر الجسيم الناتج في النهاية بنوع الليزر وعدد النبضات وزمن النبضة ونوع المذيب[9].

2-2 طريقة الطحن

أول ما استخدمت هذه الطريقة لإنتاج السبائك الفائقة، حيث تختص بالتعامل مع المواد الصلبة من أجل تصنيع مواد النانو، وخلالها تُلقَّم المادة الأولية التي تُقاس بالميكرون بطاقةٍ عاليةٍ للغاية لتجري عليها عدة تغييراتٍ ثم تُطحن باستخدام كراتٍ خاصةٍ، ومع ذلك تختلف طرق الطحن الميكانيكية المستخدمة لإنتاج مواد النانو لهذا يوجد عددٌ من آلات الطحن لكلٍ منها ميزات واستخدامات خاصة بها.لكن ما يعيب طريقة الطحن صعوبة إنتاج موادٍ نانويةٍ غايةٍ في الدقة واستغراقها وقتًا طويلًا وذلك نظرًا للمعوقات والعقبات الميكانيكية، ومع ذلك تبقى طريقة ذات تكلفةٍ منخفضةٍ وآلية تشغيلٍ سهلةٍ يفضلها الكثيرون. تتأثر المواد النانوية الناتجة عن طريقة الطحن بنوع المطحنة وسرعة الطحن ومكان تواجد المادة ودرجة الحرارة والوقت والجو المحيط بالمادة والحجم ومعدل وزن الكرة بالنسبة للمسحوق[10].

2-3 طريقة التحضير الكيميائي الميكانيكي

في هذه الطريقة تستخدم طاقة ميكانيكية لإحداث تفاعلٍ كيمائيٍّ، فغالبًا ما تكون المواد الكيمائية الأولية عبارةً عن مزيجٍ من الكلوريدات والأوكسيدات والمعادن والتي تتفاعل جميعها من خلال عملية الطحن أو المعالجة الحرارية من أجل إنتاج مسحوقٍ مركبٍ تشتت فيه جزيئات فائقة الدقة

موجودة ضمن مصفوفة ملحٍ مستقرةٍ، لكن ومن خلال غسلها بمذيبٍ مناسبٍ تسترجع تلك الجزيئات من عملية الإزالة الانتقائية للمصفوفة.

4-2 طريقة تفريغ الأسلاك النبضية

هي تقنيةٌ تُستخدم لتحضير مواد النانو وتختلف عن بقية الطرق الأخرى المستخدمة في هذا المجال، حيث يُعرَّض سلكٌ معدنيٌّ لتيارٍ نبضيٍّ فيتبخر ثم يُبرَّد البخار عن طريق غازٍ محيطٍ به لتتشكل الجزيئات النانوية. لا تستخدم هذه الطريقة في الصناعات الشائعة ليس لأنها ذات تكلفةٍ مرتفعةٍ للغاية فقط بل لاستحالة تطبيقها على المعادن المختلفة، حيث تقتصر على المعادن ذات الناقلية العالية للكهرباء ويسهل صناعة أسلاكٍ رفيعةٍ منها[11].

1-4-2 طريقة الترسيب الكيميائي

من خلال هذه الطريقة يمكن التحكم بحجم مواد النانو الناتجة حيث تعتمد على إيجاد تلك المواد ودراستها في مكانها الطبيعي أي في الوسط السائل ذاته مع الجذر من إحداث أي تغييراتٍ فيزيائيةٍ أو تجميع البلورات الدقيقة، ومن خلال تنافر طبقةٍ مزدوجةٍ من البلورات أمكن ضبط عمليتي التخثر الحراري ونضوج أوستفالد بالاعتماد على موادٍ مذيبةٍ غير مائيةٍ ذات درجات حرارةٍ منخفضةٍ.

يحدث ضمن التحضير تفاعلٌ بين المواد المكونة في مذيبٍ مناسبٍ ويضاف عامل الإشابة إلى المحلول الأساسي قبل تفاعل الترسيب، كما تستخدم موادٌ ذات فعاليةٍ سطحيةٍ من أجل الفصل بين الجزيئات المتكونة، ومن خلال عملية الطرد المركزي تُفصل البلورات النانوية ثم تُغسل وتُجفف لتُعرض بعد ذلك للأشعة فوق البنفسجية[12].

2-4-2 تقنية الـ Sol-Gel

هي إحدى التقنيات المستخدمة بكثرةٍ لتصنيع مواد النانو حيث وجد أن الجزيئات الغروية أكبر بكثيرٍ من الجزيئات العادية أو جزيئات النانو، لكن ستظهر بحجمٍ كبيرٍ عند مزجها مع المواد الغروية السائلة وعندها ستبدو جزيئات النانو واضحةً. تعتمد هذه التقنية على إيجاد معلقٍ رغويٍّ وجيلاتين يدعى المحلول باسم Sol وذلك من أجل تحويل الشبكات إلى شبكةٍ ثلاثية الأبعاد ضمن الطور السائل المستمر لتكون على شكل مادةٍ هلاميةٍ هيGel ، يستخدم في البداية محلولًا متجانسًا من أوكسيدات محددة هي عبارةٌ عن الطلائع العضوية للسليكا والألومينا والتيتانيا والزركونيا[12].

الفصل الثالث

استخدامات النانو تكنولوجي في المجال الطبي

بسبب الخصائص المميزة لأنابيب الكربون النانوية أمكن استعمالها في علاج وتشخيص الكثير من الأمراض، من أهمها السرطان، كما يمكن استخدامها في علاج الجينات أو استبدال التالف منها، أو استعمالها كأوعية دموية نظرا لحجمها الصغير جداً وشكلها الذي يشبه الأوعية الدموية الصغيرة، أو استخدامها لزيادة سرعة نمو الخلايا العظمية. ومن بين العديد من استخدامات النانو تكنولوجي في الطب:

1-3 علاج مرض السرطان

استخدمت تكنولوجيا النانو في الطب بمرحلة مبكرة لعلاج مرضى السرطان. حيث وجد أن للكربون في حجم النانو خاصية فريدة من نوعها حيث إن درجة حرارته قد تصل إلى 70 درجة مئوية في خلال 120 ثانية إذا تم تعرضه للأشعة تحت الحمراء، فإذا استطاع العلماء توجيه أنابيب الكربون النانوية لكي تتركز في الخلايا السرطانية فقط دون الخلايا السليمة الأخرى، ثم تعريض المريض للأشعة تحت الحمراء، فإن تلك الخلايا ستدمر بفعل درجة الحرارة العالية. والمميز في هذه التقنية أن الأشعة تحت الحمراء لا تضر الخلايا السليمة على عكس العلاج الكيميائي الذي يسبب الكثير من الأعراض الجانبية المؤلمة مثل القيء المستمر وتساقط الشعر، ناهيك عن أن العلاج الكيميائي لا يميز بين الخلايا الصحيحة والخلايا المريضة بل إنه يدمر أي خلية تقف في طريقه[13,14].

طور علماء من مركز السرطان الأمريكي قنابل مجهرية ذكية تخترق الخلايا السرطانية، وتفجرها من الداخل، ومن ثم استخدامها في قتل الخلايا السرطانية في فئران المختبر ونجحت العملية في اختراق الخلايا السرطانية وقتلها.

2-3 العلاج الجيني

كان من الصعب أن تستبدل الأجزاء التالفة من المادة الوراثية بأجزاء أخرى سليمة من الخارج، لصعوبة مرور المادة الوراثية من خلال جدار الخلية، ولإدخالها لابد من وجود حامل لها ينقلها إلى داخل الخلية، وقد لعبت الأنابيب النانوية متناهية الصغر هذا الدور بأن تم ربط جزيئات المواد الوراثية على جدارها، أو إدخالها في تجويف الأنبوب نفسه، وبذلك يدخل الأنبوب عبر جدار الخلية حاملا معه الجزء الجديد من المادة الوراثية التالفة[14].

3-3 الأدوية المضادة

توصل العلماء الأمريكيون إلى طريقة علمية جديدة لاستخدام النانو تكنولوجي في الطب لمكافحة البكتيريا القاتلة التي طورت مقاومتها ضد المضادات الحيوية الحالية، وأيضا لمكافحة البكتيريا

القاتلة الفتاكة التي طورت مناعة ذاتية للمضادات الحيوية، والبكتيريا المحورة وراثيا المستخدمة عادة في الحرب البيولوجية. ويعتبر هذا النوع الجديد من الأدوية الذكية بديلا غير مسبوق للمضادات الحيوية، ويساعد على حل مشكلة مقاومة هذه الأنواع البكتيرية للأدوية[15].

يعرف هذا النوع الجديد من الأدوية باسم (النانوبيوتيكس – Nanobiotics) أو (نانوتيوبس)، ويعتمد دواء (النانوبيوتيكس) الجديد على بيبتيدات حلقية ذاتية التجمع على هيئة أنابيب أو (دبابيس) نانوية متناهية الصغر لتقوم بثقب جدران البكتيريا المعدية الفتاكة المقاومة للمضادات الحيوية.

4-3 استخدامها كأوعية دموية

يمكن استعمال الأنابيب النانوية كأوعية دموية خاصة تقوم بتوصيل الدواء الذي تحمله داخلها أو المثبت على سطحها إلى مكان محدد دون غيره، وبذلك تكون كفاءة الدواء أعلى من الطريق الطويل المعتاد للدواء أن يدخل عن طريقه إلى المعدة ثم يمتص مما يؤثر على الكثير من اعضاء الجسم مثل الكبد. أما الأنابيب النانوية فهي تعمل على إطلاق الدواء في العضو المصاب فقط دون غيره، وبهذا تقل الجرعة وتقل الأعراض الجانبية المصاحبة للدواء، وتزيد قدرة الدواء على مواجهة المرض والقضاء عليه[15,16].

5-3 في المنظفات والضمادات الصحية

تحتوي المستحلبات بشكل خاص على جسيمات النانو ذهب القادرة على القضاء على البكتيريا وميكروبات السل. وتتميز مستحلبات النانو أو مطهرات النانو، بقدرتها الكبيرة على مكافحة الميكروبات والقضاء عليها، وكذلك تتميز بعدم تأثيرها على الأسطح وعلى المستخدمين، فهي لا تسبب الصدأ أو التآكل للأسطح التي يتم تطهيرها بها، كما أنها لا تسبب الاشتعال، وهي كذلك آمنة الاستعمال فهي غير سامة وليس لها أي جوانب سلبية.

ضمادات النانو الصحية هي إحدى منتجات تقنية النانو في المجال الصحي، وتتميز هذه الضمادات بنعومتها الفائقة، وقدرتها العالية على مكافحة الجراثيم المنتشرة في الهواء وفي الأماكن العامة ؛ مما يساعد بإذن الله على سرعة التئام الجروح والإصابات وكذلك تساعد على مكافحة انتقال العدوى والإصابات المرضية في المستشفيات والمرافق العامة، وتعتمد هذه الضمادات في عملها على استخدام جسيمات النانو الفضية[17].

6-3 النانو وأمراض القلب

استخدام مجسات كهربية نانوية في حجم الشعرة أو أقل لتدخل الى العضلة القلب مباشرة لتنشيطها في حالات التوقف المفاجئ، ويتم تسليط كهرباء تصل لعشر الكمية التي يتعرض لها المريض بالطريقة التقليدية، مما يقلل من الاثار الجانبية. بالإضافة إلى تقنيات النانو تكنولوجي في تنظيم ضربات القلب وكذلك استخدام حفارات نانوية لإذابة الجلطات في الجسم والمخ بصورة تقلل استخدام الأدوية بل وتقلل فرص التدخل الجراحي[17].

7-3 النانو ومستحضرات التجميل وكريمات الوقاية من الشمس

في مجال مستحضرات الوقاية من الشمس تم استخدام جسيمات النانو لأكسيد الزنك وكذلك لأكسيد التيتانيوم لرفع كفاءة هذه المستحضرات ضد الأشعة الضارة، بالإضافة إلى كونها شفافة جدا وغير مرئية مثل المستحضرات التقليدية التي غالبا ما تكون ذات اللون أبيض، وهذا النوع من تقنية النانو تكنولوجي مفيد جدا صحياً وطبياً للأشخاص الذين يستعملون مستحضرات الوقاية من الشمس بشكل كبير، والذين قد يعانون من تكون بقع بيضاء نتيجة استخدام المستحضرات التقليدية، وتتميز هذه المستحضرات بطول استقرارها وتأثيرها ضد الآثار السلبية لأشعة الشمس، أما بالنسبة لمستحضرات التجميل فهناك كبسولات النانو البلاستكية التي تعمل على مقاومة التجاعيد واثار الشيخوخة، حيث تستطيع نقل المواد النشطة المكافحة للتجاعيد إلى المناطق المطلوبة بدقة عالية وكفاءة كبيرة[18].

8-3 زيادة سرعة نمو الخلايا العظمية

إذا حدث كسر وإصابة في العظم فإن علاجه يستغرق وقتا طويلا جدا، هذا ينطبق على المرضى الصغار في السن ، أما إذا تحدثنا عن المرضى الكبار في السن فإن نمو العظم يكون بطيئا جدا ويستغرق حوالي ضعف الوقت الذي يحتاجه المرضي صغار السن. ولزيادة سرعة نمو خلايا العظم، قام العلماء بصناعة قرص من مادة خاصة تسمى poly propylene fumarate (PPF) حيث يفترض أن يتميز بأنه مسامي أو إسفنجي، قابل للتحلل، غير سام. بثت على هذا القرص بعض الخلايا العظمية الجديدة سريعة النمو، ثم يزرع القرص في المكان المصاب أو المكسور من العظم ، وحين يتحلل القرص، يستبدل بنسيج عظمي جديد وقوي بفعل خلايا العظم سريعة النمو وقام العلماء بعد ظهور أنابيب الكربون النانوية بعمل تجربة أثبتت أن الأنابيب قد حسن كثيرا من نمو الخلايا ، فقد زرعوا أقراصا من البوليمر (PFF) في مجموعة من الأرانب ومعها أنابيب كربون

نانوية بنسبة 0.5 %، وبعد أربعة أسابيع لم يكن هناك فرق بين عمل الاثنين لكن بعد 12 أسبوعا وجد أن القرص الذي يحتوي على أنابيب كربون نانوية قد أنتج ثلثي النسيج العظمي الأصلي ، أما القرص الخالي من تلك الأنابيب فقد أنتج خمس الخلايا فقط[19].

9-3 علاج أمراض الكلى بتقنية النانو

تستخدم تقنيات النانو في دراسة تكوين بروتينات الكلى على المستوى الذري. حيث تقوم بالتصوير الضوئي لدراسة العمليات الحيوية التي تحدث في خلايا الكلي. ومن خلال فهم الخواص الفيزيائية والكيميائية لبروتينات الكلي على المستوى الذري، سيستطيع العلم أن يتوصل إلى حل لعديد من أمراض الكلى.

حلم يراود العديد من الأطباء في هذا المجال، ويمكن أن يتحقق باستخدام نانو روبوت يقوم بعملية ترميم للكلى المريضة على المستويين الخلوي والجزيئي. الهدف هو القدرة على توجيه الأحداث بطريقة منظمة على مستوى الخلية مما يحمل إمكانية تحسن كبير للعديد من مرضى الكلى[19].

10-3 تقنية النانو في علاج حب الشباب

استخدام النانو تكنولوجي في الطب لعلاج حب الشباب، الذي يصيب أكثر من 85 % من المراهقين، ويكون للعلاج الحالي آثار جانبية غير مرغوب فيها بما في ذلك احمرار وحرق أماكن الإصابة. تمكن الأطباء من استخدام تركيبات بتقنية النانو تكنولوجي كعلاج جديدا لحب الشباب. ويعتمد على إيصال حمض اللوريك مملوءاً بمركبات النانو (جزيئات الذهب) التي تتوجه مباشرة إلى البكتيريا التي تعيش تحت الجلد والتي تسبب حب الشباب وتقضي عليها[19].

11-3التصوير

تساعد حركة تتبع المسار على تحديد مدى جودة توزيع الأدوية وكيفية التمثيل الجيد للمواد. حيث أنه من الصعب تتبع مجموعة صغيرة من الخلايا داخل الجسم، ومن ثم اعتاد العلماء صبغ الخلايا. كما تتطلب تلك الصبغات أن يتم إثارتها بواسطة ضوء طول موجي محدد بهدف دفع تلك الصبغات للإضاءة. وفي الوقت الذي تمتص فيه العديد من الصبغات مختلفة الألوان ترددات متنوعة من الضوء، فقد ظهرت الحاجة إلى استخدام مصادر متعددة للضوء كالخلايا. وتتمثل إحدى الطرق المستخدمة للتغلب على تلك المشكلة في البقايا المنيرة. وتلك البقايا عبارة عن نقاط كمومية متصلة بالبروتينات والتي لها القدرة على اختراق أغشية الخلية. ويمكن تصنيع تلك النقاط عشوائية الحجم من مواد خاملة حيوية bio-inert material، والتي تتسم بأحجامها النانوية حيث يعتمد اللون على

الحجم، ومن ثم يتم انتقاء الأحجام، لذلك يمثل تردد الضوء (المستخدم لإنتاج مجموعةٍ من فلوريسنت النقاط الكمومية) مجموعةً فرديةً من الترددات المطلوبة لجعل مجموعة أخرى تتوهج وتلمع. ثم يمكن إضاءة كلتا المجموعتين باستخدام مصدر ضوئي واحد[20].

12-3 توصيل الدواء

ترتكز المدخلات الطبية النانوية لعملية توصيل الدواء على تطوير الجسيمات أو الجزيئات نانوية القياس بهدف تحسين التوافر الحيوي للدواء. يشير مصطلح التوافر الحيوي bioavailability إلى تواجد جزيئات الدواء في المكان المطلوب تواجدها فيه داخل الجسم البشري وحيث تكون الفائدة منها أفضل. وتركز عملية توصيل الدواء على زيادة التوافر الحيوي سواءً بالأماكن الخاصة داخل الجسم وعلى مدار مدة زمنية معينة. ويمكن تحقيق ذلك بصورةٍ متوقعة من خلال الاستهداف الجزيئي molecular targeting باستخدام الأجهزة المهندسة نانوياً. فالأمر كله يدور حول استهداف الجزيئات وتوصيل الدواء مع مراعاة دقة الخلية المستهدفة من العملية. مع ملاحظة أن أكثر من 65 مليار دولار أمريكي تضيع سنوياً بسبب ضعف التوافر الحيوي للأدوية. كما يتم تطوير الآلات والأجهزة بذلك المجال الخاص بالتصوير الحيوي (In vivo) والذي يعد مجالاً آخراً من مجالات البحث والتطوير في طب النانو. وقد تكون الطرق الجديدة للمواد المهندسة نانوياً، والتي تم تطويرها، فعالة معالجة الأمراض ومنها السرطان. إلا أن ما يستطيع علماء النانو تحقيقه في المستقبل يفوق جميع التخيلات الحالية. وقد يتحقق هذا من خلال الأجهزة النانوية المتكافئة حيوياً biocompatible والمجموعة ذاتياً self-assembled والتي سيكون لها القدرة على استكشاف وتقويم ومعالجة بالإضافة إلى تقديم التقارير للطبيب المعالج بصورةٍ تلقائيةٍ آليةٍ.

هذا بالإضافة إلى أن أنظمة توصيل الدواء وكذلك الجسيمات النانوية البوليمرية أو الليبيدية الدهنية قد يتم تصميمها لتحسين الخصائص الدوائية والعلاجية للأدوية. وتتمثل قوة أنظمة توصيل الدواء في قدرتها على تغيير الحركيات الدوائية pharmacokinetics والتوزيع الحيوي للدواء داخل الأعضاء. كما أنه توجد للجسيمات النانوية مجموعة من الخصائص الغير تقليدية والتي تستخدم لتحسين عملية توصيل الدواء. وفي الوقت الذي يتم فيه تنقية الجسد من الجسيمات الأكبر، فإن للخلايا القدرة على حمل هذه الجسيمات النانوية بسبب أحجامها. كما تم تطوير آليات توصيل الدواء ومنها القدرة على الحصول على الدواء من خلال أغشية الخلية وكذلك داخل هَيُولَى الخَلِيَّة أو سيتوبلازم الخلية.Cytoplasm وللكفاءة أهميتها حيث أن العديد من الأمراض تعتمد على العمليات داخل الخلية ولا يمكن إعاقتها إلا من خلال الأدوية التي تشق طريقها إلى داخل الخلية. وتكون الاستجابة المثارة أحادية المسار لجزيئات الدواء لتستخدم بصورةٍ أكثر فعالية. حيث يتم وضع

الأدوية داخل الجسم ويتم تنشيطها على مواجهة إشارةٍ معينةٍ. على سبيل المثال، يتم إحلال دواء ذا قدرة ضعيفة على الذوبان في المحلول بنظام توصيل دواء حيث تتواجد كلتا البيئتين المائية وغيرها (hydrophilic and hydrophobic environments)، مما يحسن من القدرة الذوبانية للدواء. هذا بالإضافة إلى أن الدواء قد يسبب تلف الأنسجة، إلا أنه مع نظام توصيل الدواء، فإن عملية انتشار وانبعاث الدواء المنظمة قد تلغي وتمحو تلك المشكلة. فلو تم تنقية الجسد من الأدوية بسرعة كبيرة، فقد يجبر هذا المريض على استخدام جرعاتٍ أكبر من تلك الأدوية، إلا أنه ومع عملية التطهير الدوائي القائمة على أنظمة توصيل الدواء، يمكن الإقلال من تلك الجرعات الدوائية التي يتناولها المرء منبهاً الحرائك أو الحركيات الدوائية للدواء. ففي الوقت ذاته يعد التوزيع الحيوي للدواء مشكلةً تؤثر على الأنسجة الطبيعية عبر التوزيع عريض المدى، إلا أن الذرات المادية بأنظمة توصيل الدواء تقلل من كم التوزيع وتقلص من التأثير الواقع على النسيج الغير مستهدف. ومن المتوقع أن تعمل الأدوية النانوية من خلال مجموعة من الآليات المحددة بدقة ومفهومة بصورةٍ واضحةٍ؛ حيث سيكون أحد تلك التأثيرات الناجمة عن تقنية النانو وعلوم النانو متمثلاً في تطوير أدويةٍ جديدةٍ تماماً ذات أداءٍ أكثر فائدةٍ وأقل ضرراً من ناحية أعراضه الجانبية[21,22].

الفصل الرابع

مستقبل تكنولوجيا النانو

1-4 ماذا يعني تطوير تقنية النانو اليوم:

تطبق تقنية النانو في مختلف المجالات، من الطب إلى علم البيئة إلى علوم الغذاء، ويعمل على ذلك من خلال تطوير ما يسمى بـ "المواد الهجينة الحيوية"، والتي يتم الحصول عليها من خلال خلط جزيئات مواد حيوية كالبروتينات والإنزيمات مع كميات صغيرة جدًا من المواد الاصطناعية، ونحن هنا نتحدث عن عربات (كبسولات صغيرة للغاية) بمقياس النانو أو الميكرون حيث لا يتجاوز نصف قطرها 100 نانومتر، نحشو في داخلها، على سبيل المثال، إنزيمات تتفاعل بمجرد امتصاص الجسم لتلك الكبسولات.

ومن المشاكل الطبية أن الجزيئات الحيوية الموجودة في العقار تفقد فعاليتها بسرعة، وقد استخدمنا المواد الهجينة الحيوية في العربات النانوية، مما يمكّن من الحفاظ على جميع وظائف البروتينات والإنزيمات ويضمن تأديتها لنشاطها، فضلًا عن أن من شأن "كبسولات النانو" الاصطناعية أن تحمي الجزيئات الحيوية وتبقيها سليمة[24].

2-4 هل الطب النانوي أكثر فعالية من الأدوية التقليدية:

نعم، ولكن الأمر يتجاوز مجرد مسألة فعالية، فالتحدي الأكبر الذي يواجه الطب اليوم هو كيفية جعل الأدوية أكثر أمانًا عن طريق تقليل الآثار الجانبية، إذ من الممكن لأي شخص الذهاب إلى الصيدلية وشراء أنواع الحبوب لعلاج مختلف الأمراض، ولكن السؤال: ماذا يوجد بداخل هذه العقاقير؟ إن طبيب المستقبل لا يقتصر دوره فقط على وصف الأدوية للمريض بل أن يتأكد من أن الدواء يحقق الغرض المرجو منه من دون أن يلحق ضررا بأجزاء أخرى من الجسم، وهذا ما ينتظره كل منا عندما يذهب إلى الصيدلية. من وجهة النظر هذه، يمكن لتكنولوجيا النانو أن تساعد في ذلك لأنها تتيح "هندسة" هذه النواقل.

إن العمل على تقنيات النانو يعني محاولة نسخ الطبيعة لفهم كيفية عمل بروتين معين داخل الخلية وتعويضه عند الضرورة كحصول نقص أو خلل بسبب عارض أو مرض ما. بالنسبة للحل الكلاسيكي، يُخشى في بعض الحالات أن يؤدي إدخال الجزيئات على هيئة مسحوق، كما هي معظم الأدوية، إلى فشل في دخول المواد إلى داخل الخلايا لكونها كبيرة جدًا ويتعذر لذلك قبولها.

ومن الأمثلة المعروفة، اللقاحات التي تعتمد على تقنية الرنا المرسال مثل تلك المضادة لكوفيد-[19]: حيث يتم دمج الحمض النووي الريبي (RNA) في الجسيمات النانوية التي تعمل كناقل

يحمي الجزيء وينقله حيثما تستدعي الحاجة، ويترجح من خلال الهندسة الكيميائية أن تقبل الخلايا هذه الجسيمات النانوية[22].

3-4 هل ثمّة مخاطر ترتبط بتقنية النانو، باعتبارها تقنية جديدة:

بالتأكيد، ولكن من الصعب تحديد ماهيتها لأن الأمر يستغرق عدة سنوات من الاختبارات والنتائج السريرية قبل أن يتم تقييمها بالكامل، ولذا من الطبيعي أن يتساءل الناس، كما في حالة لقاحات كوفيد-19 ، فنحن نعلم أنها تعمل جيدًا ونعلم آثارها على المدى القصير، ولكن لا نعلم آثارها على المدى الطويل، لأنه ليس بوسع أحد أن يجري دراسة متعمقة لمسألة ظهرت منذ عام ونصف، ولذلك، لابد من مواجهة هذه المخاطر طويلة الأجل عن طريق العلم.

غير أني أود أن أقول شيئًا مهمًا للغاية، وهي أن الأدوية وكذلك نواقلها، لكي يتم تسويقها، تخضع لسنوات وسنوات من البحوث والدراسات وأيضًا الاختبارات الفاشلة، وقد تكون العملية محبطة للغاية، لأن الفشل في أي خطوة يقتضي العودة من البداية، ولابد أن يكون كذلك، باعتبار أن جسم الإنسان آلة في غاية التعقيد ومن الضروري ضمان كون الدواء آمنًا، وهذا ينطبق أيضًا على تقنيات النانو، إذ لا معنى للنجاحات والوعود المؤمّلة ما لم تجتاز جميع المراحل التجريبية[23].

4-4 في أي المجالات يمكن لتقنية النانو أن تحدث فرقًا في المستقبل:

سيكون ذلك في مجال الطب، وبالذات في تشخيص وعلاج الأورام، حيث تُعرف الجسيمات النانوية بأنها عوامل تباين ويمكن أن تفيد جدًا في تحديد الأورام في مناطق معيّنة من الجسم أو في رصد مسار الخلايا السرطانية، علاوة على أن التقنيات النانوية تعطي الطب الشخصي والدقيق دفعة كبيرة ضرورية في علاج السرطان، فهذا هو المستقبل الوحيد الممكن [في مجال العلاج] ، وعلم النانو هو الحل الوحيد لأنه يسمح بهندسة كافة أنواع النواقل على المستوى الجزيئي، وبمهاجمة الأجسام المضادة المستهدفة، ولذلك يمكننا اعتبار تقنيات النانو أنها "أدوية" أو علاجات المستقبل.

وأما بالنسبة للمجالات الأخرى، فيمكن لعلم النانو أن يساعد البيئة في حل مشكلة نقاء المياه المتفاقمة، إذ من الممكن تنقية المياه بواسطة الجسيمات النانوية التي تحتوي على بروتينات قادرة على مقاومة الملوثات، ويمكن أيضًا استخدام هذه الجزيئات نفسِها في صناعة الأغذية لكشف تغير جودة الأغذية وفسادها[24].

5-4 مَن يقدر على تحمّل تكلفة "أدوية المستقبل":

بالتأكيد، التكاليف مرتفعة، وهي ليست في متناول الجميع، ولا أرى في الوقت الحالي حلاً لهذه المشكلة، لاسيما وأن الشركات التي تطور هذه التقنية معنيّة برفع الأسعار والاحتفاظ ببراءات الاختراع لأطول فترة ممكنة طمعًا في الربح، ولذلك يتعذّر إيجاد حلّ للمشكلة في الوقت الراهن.

6-4 هل نتصوّر أن التقنية النانوية يمكنها مستقبلًا أن تطيل عمر الإنسان:

بعض التجارب جارية، لكنها صعبة للغاية لأن جسم الإنسان معجز ومعقد أكثر مما نتصور، وأمامنا تحديان رئيسيان يقتضيان المواجهة، الأول إطالة عمر الإنسان، والثاني إطالة جودة الحياة، وقد لاحظنا أنه بزيادة متوسط العمر، تزيد أيضًا الأمراض التنكُسية العصبية، ولذلك، فإن حياة صحية لأطول فترة ممكنة أفضل من مجرد الحياة لفترة أطول.

وأعمل مع فريقي على ما يسمى "العضيات الاصطناعية"، فالعضيات، مثل الميتوكوندريا، هي عبارة عن مكونات خلوية ضرورية للحياة، ونطمح في تحسين قوتها عبر محاكاة الطبيعة بإضافة مواد اصطناعية عن طريق العضيات الاصطناعية التي ننتجها، ويمكن لهذه التكنولوجيا أن تمثّل في المستقبل أملًا كبيرًا لدعم العمليات الأساسية للحياة[25].

الفصل الخامس

المناقشة والاستنتاجات:

في النهاية لا بد أن نذكر النتائج التي توصلت لها من خلال هذا البحث وتتجلى هذه النتائج بـــ:

1-إن الجسيمات النانوية تمتلك من الخواص الفيزيائية والكيميائية ما يميزها عن غريها، تجعل هذه الخواص من المادة ذات الحبيبات النانوية أكثر فاعلية من المادة في حالتها العادية في كثير من التطبيقات.

2-إن إمكانية التخلص من الأمراض الخطيرة والكشف المبكر عنها وخاصة السرطان ستزداد عاما بعد عام من خلال تطبيق وتجريب تلك العديد من الأبحاث المتعلقة بالنانو الطبي.

3-إن إيصال الدواء إلى الأنسجة باستخدام تقنية النانو أمر غاية في الضرورة فهو يفيد في اتجاهات عديدة، حيث أنه وجد حلا من أجل استهداف الدواء الأنسجة المقصودة فقط(المصابة)، وهو بذلكً فوائد يقي الأنسجة الغير مصابة التي من الممكن أن تتأثر بشكل سلبي من الدواء، ولذلك أيضا فوائد اقتصادية كبيرة.

4-إن تقنية النانو من أفضل التقنيات الحديثة التي دخلت على حياتنا إذا ما وظفت بالشكل الصحيح والأمثل فهي تعد بالكثير في المجال الطبي وغيره من المجالات.

5-يجب متابعة وتبني مشاريع بحث في استخدام تقنية النانو في الطب فلا بد من أن يكون لها الاثر الكبير في التقدم الحضاري والإنساني ولابد من التوصل إلى وقف انتشار الأمراض الخطيرة.

6-إن طريقة الكشف المبكر عن مرض السرطان من خلال حقن المصاب بالمواد النانوية ثم تعريض الجسم لأشعة تحت الحمراء في التصوير الجزيئي للكشف المبكر عن الأورام الذي يشهده عالمنا اليوم، خاصة في الكشف عن الأورام السرطانية المبكرة في الثدي.

المصادر:

1. تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل، أ. د. محمد شريف الإسكندراني 2010 م.
2. طب النانو، الآفاق والمخاطر، د. منير محمد سالم، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
3. النانو وتطبيقاته، حسن عز الدين بلال.
4. التقانة النانوية، مقدمة مبسطة للفكرة العظيمة القادمة، مارك راتنر، دانيال راتنر، ترجمة د. حاتم النجدي.
5. ما هي تقنية النانو (مقدمة مختصرة بشكل دروس مبسطة)، نهى علوي الحبشي-1432 ه -2011 م وزارة الثقافة والإعلام في المملكة العربية السعودية.
6. Mansoura, G.; Faze Soelaiman, T. Nanotechnology—An Introduction for the Standards Community. J. ASTM Int. 2005, 2, 1–22. [Google Scholar]
7. Rev. 2015, 44, 1561–1584. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
8. National Nanotechnology Initiative (NNI). Available online: www.nano.gov (accessed on 22 July 2019).
9. Allhoff, F. On the Autonomy and Justification of Nanoethics. Nanoethics 2007, 1, 185–210. [Google Scholar] [CrossRef]
10. Feynman, R.P. There’s plenty of room at the bottom. Eng. Sci. 1960, 23, 22–36. [Google Scholar]
11. Taniguchi, N.; Arakawa, C.; Kobayashi, T. On the basic concept of nano-technology. In Proceedings of the International Conference on Production Engineering, Tokyo, Japan, 26–29 August 1974. [Google Scholar]
12. Iqbal, P.; Preece, J.A.; Mendes, P.M. Nanotechnology: The “Top-Down” and “Bottom-Up” Approaches. In Supramolecular

Chemistry; John Wiley & Sons, Ltd.: Chichester, UK, 2012. [Google Scholar]

13. Drexler, E.K. Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology; Anchor Press: Garden City, NY, USA, 1986. [Google Scholar]

14. Drexler, E.K.; Peterson, C.; Pergamit, G. Unbounding the Future: The Nanotechnology Revolution; William Morrow and Company, Inc.: New York, NY, USA, 1991. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]

15. The British Museum. Available online: www.britishmuseum.org/research/collection_online/collection_object_details.aspx?objobjec=61219&partId=1 (accessed on 22 July 2019).

16. Barber, D.J.; Freestone, I.C. An investigation of the origin of the colour of the Lycurgus Cup by analytical

17. Cheng, Lixin, Enio P. Bandarra Filho, and John R. Thome "Nanofluid two-phase flow and thermal physics: a new research frontier of nanotechnology and its challenges." Journal of Nanoscience and Nanotechnology 8.7 (2008): 3315-3332.

18. Kumar, Rakesh, Mohit Kumar, and Gaurav Luthra. "Fundamental approaches and applications of nanotechnology: A mini review." Materials Today: Proceedings (2023).

19. Avati, Aiswari. "A survey on nanotechnology classification and utilization." AIP Conference Proceedings. Vol. 2427. No. 1. AIP Publishing LLC, 2023.

20. Ricci, Francesco, and Kurt Gothelf. "Chemistry of DNA Nanotechnology Special Issue." Bioconjugate Chemistry 34.1 (2023): 3-5.

21. Husain, Shaheen, et al. "Emerging Trends in Advanced Translational Applications of Silver Nanoparticles: A Progressing Dawn of Nanotechnology." Journal of Functional Biomaterials 14.1 (2023): 47.

22. Malik, Shiza, Khalid Muhammad, and Yasir Waheed. "Nanotechnology: A Revolution in Modern Industry." Molecules 28.2 (2023): 661.

23. AKÇAĞLAR, Assist Prof Dr Sevil, and Sevim AKÇAĞLAR. "CLINICAL APPROACHES AND NANOTECHNOLOGY IN MEDICINE."

24. Banerjee, Amrita, et al. "Development of Nanomedicine from Copper Mine Tailing Waste: A Pavement towards Circular Economy with Advanced Redox Nanotechnology." Catalysts 13.2 (2023): 369.

25. Chatterjee, Puspita, and Sanjeev Kumar. "Current developments in nanotechnology for cancer treatment." Materials Today: Proceedings 48 (2022): 1754-1758.