مقدمة: تقنيات متقاربة:
تقنية النانو والطب الحيوي

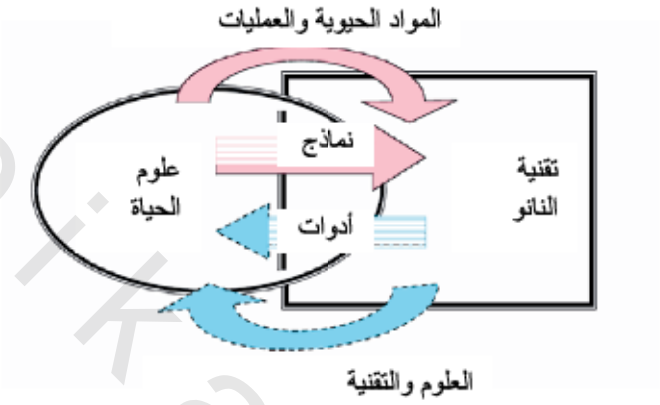
Converging Technologies: Nanotechnology and Biomedicine

أبدعت الأبحاث الأخيرة في الأنظمة الحيوية في مقياس النانو أحد المجالات الديناميكية التخصصية في البحث والتطبيق لاكتشاف البشر والابتكار (انظر الشكل رقم ١.١). يتضمن هذا المجال فهماً أفضل لمعالجة أنظمة الحياة والتفكير، العمليات التقنية الحيوية الجذرية، مركبات الأدوية الجديدة وهدف توصيلها ، مواد حيوية متوافقة تتناسب مع البيئة. تعد أنظمة النانو الحيوية والأبحاث الطبية الحيوية أولويات في الولايات المتحدة، والاتحاد الأوربي، المملكة المتحدة، أستراليا، اليابان، سويسرا، الصين، ودول أخرى ومنظمات محلية.

بالانتباه المناسب للقضايا الأخلاقية والاحتياجات الاجتماعية ، فإن التقنيات المتقاربة لما تحسّن قدرات الإنسان والمخرجات المجتمعية وجودة الحياة بشكل ضخم. إن الظهور العالمي لعلم مقياس النانو والهندسة كان من خلال إعلان المبادرة الوطنية لتقنية النانو في الولايات المتحدة في يناير ٢٠٠٠. ومن المتوقع أن يزداد تعلقها بالطب الحيوي

obeikandl.com

بسرعة مستقبلاً. المساهمات المذكورة في هذا الكتاب تأتي في سياق اتجاهات البحث في هذا المجال.



الشكل رقم (١,١). تفاعل علوم الحياة مع تقنية النانو.

تقنية النانو والطب الحيوي النانوي
NANOTECHNOLOGY AND NANOBIOMEDICINE

تقنية النانو هي القدرة على القياس والتصميم والتصنيع عند مستوى الذرات والجزيئات والمستوى الجزيئي الصغير بمقياس من واحد إلى مائة نانومتر من أجل فهم وإبداع واستخدام بنى مادية وأجهزة وأنظمة مع خواص ووظائف أساسية جديدة تعزى لبنيتها الصغيرة. كل الأنظمة الحيوية والمصنعة لها مستويات منظومة بمقياس النانو (كريستالات نانوية، أنابيب نانوية، محركات حيوية نانوية) ومعروفة الخواص والوظائف.يمكن وصف الهدف من تقنية النانو بأنه القدرة على تركيب جزيئات؛ لتكون أغراضاً مفيدة مدمجة بمقاييس صغيرة ورقيقة، وبعد الاستخدام تفكك هذه الأغراض إلى جزيئات، مثل هذا ينجز طبيعياً في الأنظمة الحية والبيئة.

obeikandl.com

يعاد ترتيب المادة باستخدام روابط جزيئية ضعيفة مثل قوى "فان دير فالز" أو روابط "اش"، ثنائيات قطب كهرباء ساكنة، سائلية، وكذلك قوى سطحية متنوعة تستهلك القليل من الطاقة وتسمح بإعادة الإصلاح وتغيرات أخرى. مثل هذه التغيرات هي عادة بنى نانوية لينة ضمن مدى محدود لدرجة الحرارة لتسمح بالعمليات الحيوية. أما الأبحاث في البنى النانوية الجافة، فالبحث مازال مستمراً عن طرائق نظامية لهندسة أغراض يصنعها الإنسان بمقياس النانو، ودمج البنى ذات مقياس النانو بالبنى ذات المقياس الكبير كما هي الحال في الطبيعة. قد تكون الطرق المحددة مختلفة عن تطور النظام الحي في الوسط المائي ويمكن استخدام كلٍّ من التركيب الذاتي والتوضع والروابط على السطح بأشكال متنوعة والإصلاح الذاتي والدمج بأطوال متعددة كمصدر للإلهام.

الطب الحيوي النانوي هو حقل يطبق مبادئ مقياس النانو وتقنياته لفهم وتشكيل المواد الداخلية والأنظمة الحيوية (الحية وغير الحية) للأغراض الطبية مثل الدواء، وفهم الدماغ، وتبديل أجزاء الجسم، والإظهار، وأدوات للتداخل الطبي. من المتوقع أن يتسارع دمج تقنية النانو مع الطب الحيوي، وعلوم الحياة الحديثة، وتقنية المعلومات في العقد القادم. إن تقارب علوم النانو مع علوم الحياة الحديثة والطب هي نزعة يجب أن تنعكس على قرارات سياسة العلوم.

إن علوم أنظمة وهندسة النانو هي من اكبر التحديات وأسرع المكونات نموا في تقنية النانو. إن هذه العلوم أساسية لفهم أفضل للأنظمة الحية ولتطوير أدوات جديدة للطب وحلول للرعاية الطبية مثل تصنيع أدوية جديدة وتوصيلها لأهدافها وطب التجديد والهندسة المورفولوجيا العصبية. إن أحد أهم التحديات هو فهم العمليات داخل الخلايا والأجهزة العصبية. كما أن أنظمة النانو الحيوية هي مصادر الهام وتقدم

نمطاً لأنظمة نانوية يصنعها الإنسان. ربما يقود البحث إلى مواد متوافقة حيوياً أفضل ومواد نانوية حيوية للتطبيقات الصناعية. إن اقتران علم الحياة (البيولوجيا) وعلم النانو سيساهم في توحيد مفاهيم العلوم والهندسة والتقنية والطب والزراعة.

نشر الطب الجزيئي TOWARD MOLECULAR MEDICINE

تقدم تقنية النانو أدوات تحري وأرضية تقنية للطب الحيوي.تتضمن الأمثلة العمل في بيئة ضمن الخلية وتحري وتشكيل أنظمة نانوية حيوية (مثل النظام العصبي) أكثر من مركبات نانوية مستقلة، وتطوير حساسات نانوية حيوية. لقد صنعت طرائق التحري في تقنية النانو طرقاً داخلية للعمليات البيولوجية غير المعروفة مثل التركيب الذاتي، وعمليات داخل الخلية، ونظام بيولوجي مثل بيولوجيا الجهاز العصبي.

لقد حصل تقدم ملموس في القياسات على المستوى الجزيئي وضمن الخلوي وفي فهم الخلية كميكانزم عالي التنظيم مبني على القدرة على استخدام المعلومات والتركيب الذاتي، والإصلاح الذاتي والتكرار الذاتي. إن قياسات الجزيء المفرد هي ضوء ساقط على الخواص الديناميكية والميكانيكية للأجهزة الحيوية الجزيئية. تسمح التجارب المخبرية وكذلك التجارب على الأحياء بالتحري المباشر للمحركات الجزيئية وتفاعلات الإنزيم، وحركية البروتين، وتفسير الحمض النووي، وإشارات الخلية. لقد قيست التركيبات الكيميائية في خلية ضمن الأحياء (الإنسان الحي).

توجه آخر في هذا المجال هو الانتقال من الفهم والتحكم ببنية نانوية مفردة إلى أنظمة نانوية. لقد بدأنا نفهم التفاعل بين مكونات داخل الخلية، والأصول الجزيئية للأمراض. وهذا يرتبط بمجالات التشخيص الطبي، والمعالجة، واستبدال النسيج البشري. لقد قيست التفاعلات المكانية والزمانية للخلايا بما فيها قوى داخل الخلية. استُخدم مجهر القوة الذرية لقياس متانة الربط داخل الجزيء لزوج من الجزيئات في محلول

فيزيولوجي. فقدم إثباتاً كمياً على وظيفتيهما التماسكية. حددت القوى والتدفقات حول الخلية كمياً وفهمت ميكانيكية الجزيئات الحيوية بشكل أفضل. إنه من المقبول أن بنية الخلية وسلوكها يُحددان من التفاعلات ذات المقياس الصغير داخل الخلية.

تتضمن توجهات أخرى القدرة على كشف الظواهر الجزيئية وبناء حساسات وأنظمة حساسات تملك درجة عالية من الدقة وتغطي نطاقاً كبيراً. يمكن استخدام جزيئات نانوية شبه موصلة فلوروسنتية (لامعة) أو نقاط كوانتية يمكن استخدامها في التصوير كعلامات للعمليات الحيوية لأن لمعانهم الضوئي أبطء من الجزيئات الميتة كما يمكن توليف طول موجة انبعاثهم بنعومة. تتمثل التحديات الأساسية في تغليف جسيمات النانو مع طبقات متوافقة حيوياً، وتجنب امتصاص غير محدد. تساعدنا أدوات تحقيق (تحري) علم النانو على فهم التنظيم الذاتي، وكيمياء خارج الخلية وحركية التركيب والتركيب الذاتي للمركبات النانوية والميكروية، وحتى الكبيرة في الأنظمة الحية.

تتضمن المناطق الناشئة تطوير نمذجة حقيقية جزيئية للمادة الرخوة، والحصول على معدل المعلومات بمقياس النانو، وفهم تزود الخلية بالطاقة وتحويلها (الفوتونات والليزر) وآليات إعادة التوليد. بما أن المستوى التنظيمي الأول لكافة الأنظمة الحية هو بمقياس النانو فإنه من المتوقع أن تؤثر تقنية النانو على معظم فروع الطب. يناقش هذا الكتاب المساهمات المهمة في المجالات الأساسية.

سيناقش كلٌ من موريسون ومالش في الفصل الأول التوجهات العالمية في برامج التقنية الحيوية الطبية متناهية الصغر (النانو). وسيغطون الجهود المبذولة من الحكومات والأكاديميين والمنظمات البحثية والكيانات الأخرى المرتبطة بالتقنية الطبية الحيوية متناهية الصغر.

تركيب وتوصيل الدواء DRUG SYNTHESIS AND DELIVERY

سيناقش ياماموتو في الفصل الثاني المساهمات الجديدة لتقنية النانو مقارنة بالطرائق الموجودة حالياً ؛ لتحرير واستهداف، والتحكم بتوصيل الدواء داخل جسم الإنسان. يوفر التركيب الذاتي، وكذلك التنظيم الذاتي للمادة طرق جديدة لانجاز خواص، ووظائف مرغوبة. يمثل استخدام جسيمات وفجوات بمقاس النانو بين البنى طرقاً أخرى للحصول على خواص جديدة، وولوج فيزيائي للأنسجة والخلايا. تستخدم النقاط الكوانتية في إظهار توصيل الدواء بسبب تألقها، وقدرتها على تتبع بنى حيوية صغيرة. تتضمن التأثيرات الجانبية لهذه التقنية الجديدة أموراً تتعلق بالسلامة مثل السمية والتي يجب توضيحها قبل استخدام هذه التقنية في الممارسات الطبية.

الزرعات والتعويضات IMPLANTS AND PROTHESIS

يستعرض " فان دن بويكن "وآخرون في الفصل الثالث كيف تصبح تطبيقات تقنية النانو في الزرعات والتعويضات المتوافقة حيوياً أكثر صلة، وذلك بسبب ازدياد العمر المتوقع للإنسان. التحديات الرئيسة هي تركيب مواد متوافقة حيوياً، وفهم وضبط العمليات الحيوية التي تحدث عند زرع مواد طبيعية، وأجهزة صنعية، والتعرف على تطبيقات مستقبلية للتقنية الحيوية متناهية الصغر ؛ لتوضيح الكثير من القضايا الصحية. كما يصف الفصل استخدام الطرائق الحالية المتاحة ؛ لتصنيع زرعات نانو، وفهم سلوك الخلية عند احتكاكها مع مواد نانوية.

التشخيص والمسح DIAGNOSTICS AND SCREENING

يراجع "دل كومبو وبروس" الإمكانية المحتملة لتقنية النانو في مسح الدفق العالي. يوضح التنوع والتعقيد في الجزيئات الحيوية والمجال الواسع للعوامل المؤثرة على

الجزيئات الحيوية أهمية هذه التقنية. لُخِصت الطرائق والتوجهات العالمية لمختلف الأمراض والتفاف النسيج والمداواة. ترتكز معظم الطرائق الناجحة على السطح المنبسط والمصفوفات الميكروية ذات الليف الضوئي والسوائل الميكروية والنقاط الكوانتية.

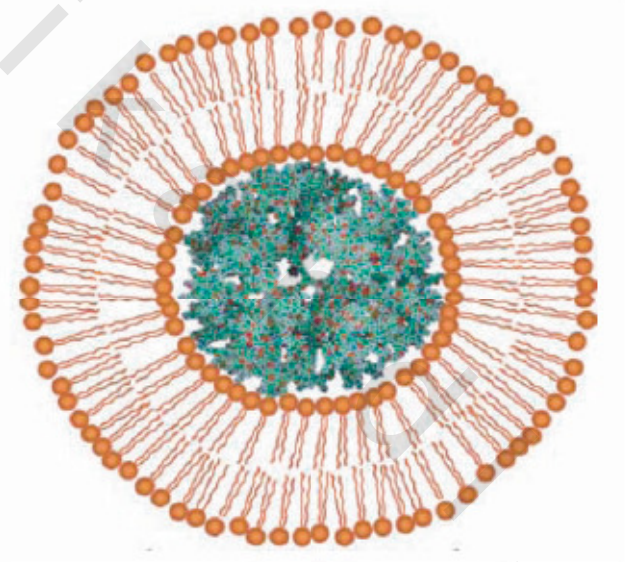
يراجع "شيبباو" وآخرون في الفصل الخامس حساسات مقاس النانو واندماجها في أجهزة الكشف الحيوية، والكيميائية لغرض الدفاع. ويستعرض أيضاً المخاطر النموذجية، والحلول للقياس، والشبكات، ونقل المعلومات. يمكن تقييم الجرعات المرشوشة جواً، وجرعات التماس المباشر باستخدام مبادئ مقياس النانو لعملية التحسس (الجس). لُخِصت أيضاً التحديات التي تواجه الأبحاث المستقبلية للكشف الحيوي والكيميائي.

مثال على تَعقُد القضايا العلمية المعروفة عند أماكن الربط بين المواد الحيوية والمواد الصنعية هو دراسة السمية التي يسببها دندرايمر (dendrimer). يمكن أن يمزق الجيل الخامس من الدندرايمر بأقطار وكهربائية معينة، ومشحونة إيجابياً طبقة الليبيد من الخلية وتحولها إلى شكل شبه خلوي (الشكل رقم ١.٢) مؤدية إلى تسمم الخلية. يجب أن تحظى الهموم الصحية الناشئة بسبب منتجات تقنية النانو باهتمام كامل من القطاع الخاص، والمنظمات الحكومية، وذلك بسبب الخواص المحددة، وأنواع التفاعلات المعقدة بمقياس النانو.

أرضيات تقنية النانو من أجل الطب الحيوي
NANOTECHNOLOGY PLATFORMS FOR BIOMEDICINE

تتيح تقنية النانو حلول جديدة من أجل تحويل الأنظمة الحيوية وتقدم أرضية تقنية واسعة من اجل تطبيقات في الصناعة مثل هذه التطبيقات يتضمن معالجة حيوية،

الطب الجزيئي (كشف ومعالجة الأمراض وتبديل لأجزاء الجسم وطب التجدد وجراحة بمقياس النانو وصناعة والتوصيل المهدف للدواء)، تطوير البيئة (تخفيف التلوث، والتسمم)، تحسين أنظمة الغذاء والزراعة،(توسيع المخرجات الزراعية، منتجات غذائية جديدة، حفظ الغذاء)، تحسين أداء الإنسان (توسيع السعة الحساسة، ربط الدماغ والعقل، دمج الأنظمة العصبية مع الكترونيات النانو ومواد بنية النانو).



الشكل (١,٢). تفاعل مواد حيوية مع مواد صنعية.

الجيل الخامس من dendrimer ملفوف في ليبيد ثنائي الطبقة مزروع من خلية.

يستخدم تقنية النانو ايضاً كأرضية لتطوير التقنية الحيوية مثل الرقاقة الحيوية، التصنيع المسالم للبيئة (الأخضر) (من منظور التوافق الحيوي والتعقيد الحيوي)، حساسات من أجل رواد الفضاء والجنود، سوائل حيوية من اجل التعامل مع DNA والجزيئات الأخرى، تخصيب الثروة الحيوانية في المختبر، ترشيح النانو، المعالجة الحيوية بالتصميم، تتبع الأغذية المعدلة وراثياً.

تتضمن المناطق المستكشفة فهم وتكييف وإصلاح الدماغ وأعضاء أخرى من أجل استعادة الإدراك، جينات النبات والدواء، تصنيع كيماويات أكثر فعالية ومنحلة عضوياً من أجل الزراعة، كواشف قابلة للزرع، واستخدام اللعاب بدلاً من الدم في كشف الإمراض. تتضمن القضية الأوسع اقتصاديات الطب الجزيئي، الزراعة المستدامة، حفظ المعقدات الحيوية، تفعيل التقنيات المتقاربة، قياس الكيانات الحيوية مثل الأنظمة العصبية قد يكون ممكناً على مستوى تطوير دوائر مشابك عصبية وحويصلاتها المشبكية ذات قطر وقدره عشرون نانومتراً.

ستكون الاتجاهات المحتملة للأبحاث في العشر سنوات القادمة الكشف عن علاج للسرطان، معالجة أمراض الدماغ، فهم وتشخيص الأمراض المزمنة، تحسن السعة الحساسة للإنسان، تحسين جودة الحياة أثناء التقدم بالعمر، وتحسين قدرات التعلم.

تضمين التمويل والسياسة FUNDING AND POLICY IMPLICATIONS

مع إعطاء الاهتمام المناسب للقضايا الأخلاقية والاحتياجات المجتمعية، فإن التقانيات المتقاربة قد تسمح بتحسين كبير لقدرات الإنسان والمخرجات المجتمعية، وجودة الحياة. يفحص" مالش" في الفصل السادس قدرة تقنية النانو على تلبية احتياجات الرعاية الصحية، وإشراك المجتمع في بحث وتطوير التقنية الحيوية متناهية الصغر. كما يقوم المؤلف بتقييم أهم السبل لمعالجة الأمراض والقضايا التي تهم الحكومات والمنظمات المدنية والشعوب. إن الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والأخلاقية والقانونية هي أجزاء مدمجة في البحث والتطوير في تقنية النانو للتطبيقات الطبية الحيوية.

يراجع شولر في الفصل السابع الأخطار المحتملة للتقنية الطبية الحيوية متناهية الصغر (النانو) والخطوط العريضة لبعض سيناريوهات تنظيمها بواسطة قوى السوق،

توسيع التنظيم الحالي، الحوادث، تبني التنظيم، تنظيم ذاتي، أو إقصاء التقنية. تُحدد فرص النجاح لمثل هذه السيناريوهات بالطريقة التي يستجيب بها أصحاب المصلحة (المساهمون) للمنتجات كبيرة المقياس والتسويق التجاري المتوقع أن يبدأ في العقد القادم.

أطلقت الولايات المتحدة مبادرة لإستراتيجية متعددة التخصصات لتطوير أسس الهندسة والعلوم عبر (المبادرة الوطنية لتقنية النانو) NNI في عام ٢٠٠٠. تملك اليابان وأوربا اليوم برامج وخطط واسعة من أجل السنوات الأربع أو الخمس القادمة. تملك أكثر من أربعين دولة برامج تطويرية أو مشاريع تركز على تقنية النانو منذ عام ٢٠٠٠. استقبل البحث في الأنظمة الحيوية دعماً كبيراً قي الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وألمانيا وسويسرا واليابان. قام الاتحاد الأوروبي وأستراليا وتايوان وكندا وفنلندا وإيطاليا وإسرائيل باستثمارات هائلة في برامج أبحاث تقنية النانو تتعلق بأنظمة نانوية حيوية. ونسبياً طورت الصين وكوريا برامج كبيرة في تقنية النانو بمكونات أنظمة حيوية صغيرة حتى عام ٢٠٠٤. لقد زاد الإنفاق الحكومي العالمي بثماني إضعاف عما كان عليه في عام ١٩٩٧ متجاوزاً ٦،٣ مليار دولار أمريكي في عام ٢٠٠٤، ويمكنك زيارة الموقع التالي على شبكة الانترنت (www.nsf.gov/nano). يمكن ملاحظة الفروقات بين الدول تبعاً لنطاق البحث الذي يختارونه، ومستوى اندماج البرنامج في قطاعات الصناعة المختلفة، والمقياس الزمني لتحقيق أهدافهم في البحث والتطوير.

بلغت نسبة الإنفاق على الأنظمة الحيوية النانوية ١٥٪ من كامل استثمار المبادرة الوطنية لتقنية النانو وذلك عبر طريقين، الأول: ركزت الخطة التطبيقية للمبادرة الوطنية لتقنية النانو على الأبحاث الأساسية المرتبطة بالأنظمة الحيوية النانوية والطب النانوي. الثاني ، شمل البرنامج منحتين مرتبطتين بالقضايا الصحية والأجهزة الحيوية

النانوية. وضعت استثمارات إضافية لتطوير البنية التحتية لمراكز المؤسسة الوطنية للعلوم بما فيها مركز جامعة كورنل لتقنية النانو، ومراكز علوم وهندسة النانو في جامعة رايس وجامعة بنسلفينيا، وجامعة ولاية اوهايو.

قيَّم مجلس الأبحاث الوطني المبادرة الوطنية لتقنية النانو ونشر مكتشفات المبادرة في يونيه (حزيران) ٢٠٠٢. وقد نصح المجلس بتوسيع الأبحاث التي تربط تقنية مقياس النانو بالعلوم الحيوية (البيولوجيا) والتقنية الحيوية وعلوم الحياة. وجدت مثل هذه الأبحاث لها طريقاً في وزارة الطاقة DOE في الولايات المتحدة والمعهد الوطني للصحة NIH والمؤسسة الوطنية للعلوم ووزارة الزراعة USDA. أصدر القسم الاقتصادي في المؤسسة الوطنية للعلوم NSF تقريراً نصح فيه بالتركيز على تحسين الأداء الفيزيائي والعقلي للإنسان من خلال التقنيات المتقاربة. ضمّنت المؤسسة الوطنية للعلوم ووكالة ناسا NASA ووزارة الدفاع اتجاهات التقنيات المتقاربة، وتحسين أداء الإنسان في برامجهم المحفزة.كما أسست وكالة المشاريع البحثية الدفاعية المتقدمة DARPA برنامجاً في الأنظمة والأجهزة الجزيئية الحيوية النانوية الهندسية. نصح سبعة من السناتورات الأمريكين عبر رسالة وجهوها لمدير المعهد الوطني للصحة في عام ٢٠٠٣ بأن يزيد المعهد الوطني للصحة تمويله لتقنية النانو. كما تضمنت ميزانية البيت الأبيض للعام المالي ٢٠٠٤ الأنظمة الحيوية الجزيئية للتقدم بالطب ومنتجات جديدة كأفضلية في المبادرة الوطنية لتقنية النانو. سُلط الضوء على البحث والتطوير في التقنية الحيوية النانوية بالخطة الإستراتيجية طويلة الأجل للمبادرة الوطنية لتقنية النانو والمنشورة في ديسمبر (كانون الأول) من عام ٢٠٠٤ (يرجى زيارة الموقع التالي: http://www.nano.gov). يعطي التفاعل الشعبي تغذية راجعة عن القبول الاجتماعي لتقنية النانو وبالتحديد الاتجاهات المرتبطة بالبعد الإنساني والتقنية الحيوية النانوية.

اعترفت الدراسات العالمية المختلفة بالأنظمة الحيوية النانوية كمجال اهتمام ومن هذه الدراسات تلك التي أعدها المجلس الاقتصادي الأسيوي الباسيفيكي APEC ، المعهد المتوسطي ، والمنظمة الاقتصادية للبلدان النامية OECD. عرف الخبراء من خلال استبيان قام به المعهد البريطاني لتقنية النانو والمجلس الاقتصادي الاسيوي الباسيفيكي APEC مناطق التطوير الراقي لتقنية النانو في المجال الطبي والصيدلاني في الولايات المتحدة (٤٨٪) والمملكة المتحدة (٢٠٪)، ألمانيا (١٧٪)، سويسرا (٨٪)، السويد ٨٪ واليابان ٣٪ لقد خططت المبادرة الوطنية لتقنية النانو في الولايات المتحدة أن تخصص ١٥٪ من ميزانيتها المالية السنوية للأنظمة الحيوية النانوية، بينما تخصص ألمانيا ١٠٪ وفرنسا ٨٪. ربما يشكل المسار الحيوي في تقنية النانو خياراً للبلدان النامية وذلك لأن الاستثمارات في منشآت البحث أقل.

ملاحظات ختامية CLOSING REMARKS

تندمج مجالات بحث النظام الحيوي ومقياس النانو مع تقنية المعلومات والعلوم الإدراكية، وهذا يقود إلى علوم جديدة كلياً، وأرضيات لتقنيات جديدة في الصيدلة الجينية، أجهزة النظام الحيوي على رقاقة واحدة، وطب التجديد، العلوم العصبية، والأنظمة الغذائية. تكمن التحديات المفصلية في جمع علماء الإحياء والأطباء مع العلماء والمهندسين المهتمين، وقدرات القياس والتصنيع في تقنية النانو. والتحدي المفصلي الآخر هو التنبوء بالتبعات غير المتوقعة للأنظمة المبتكرة والتطورات الهندسية المستخدمة في الأنظمة الحيوية النانوية. يمكن تصور أهداف العلوم والتقنية ذات الاولوية بالتعاون الدولي في البحث والتعليم في مقياس النانو، فهمٌ أفضل للطبيعة ، زيادة الإنتاجية، التنمية المستدامة، معالجة القضايا الإنسانية والمدنية.

ينعكس التقاء العلوم الحيوية والطب وتقنية النانو في برامج تمويل حكومية وسياسات علمية. مثال ذلك خطة المبادرة الوطنية لتقنية النانو والتي زادت مساهماتها في برامج مكرسة للأنظمة الحيوية النانوية لتتجاوز المستوى الحالي ١٥٪. لقد لوحظ أيضاً توجه مشابه لدى بلدان أخرى القصد منه الاعتراف بأبحاث الأنظمة الحيوية النانوية.

تقود تركيبات مقياس النانو للمواد العضوية وغير العضوية إلى تشكيل الخلايا والنشاطات الأخرى لمعظم الأنظمة المعقدة المعروفة ودماغ وجسم الإنسان. تلعب تقنية النانو دوراً مفصلياً في فهم هذه العمليات والتقدم في الأنظمة الحيوية والتقنية الحيوية والطب. تقدم أربعة فصول من هذا الكتاب القضايا المفصلية في الطب الجزيئي من توصيل الدواء والتعويضات المتوافقة حيوياً حتى الأجهزة والأنظمة للتشخيص عالي الدفق والدفاع الحيوي. الفصول الثلاثة الأخرى تقدم نظرة عامة حول برامج البحث والتطوير ذات الصلة والسياقات الاجتماعية والاقتصادية والشكوك الكامنة التي تحيط التطور في التقنية الطبية الحيوية النانوية. إن وجهات النظر العريضة تهم ليس فقط المجتمع العلمي والطبي، بل صانعي السياسة العلمية وعلماء المجتمع والاقتصاديين والشعب.

REFERNCES مراجع

1. Roco MC, Williams RS, and Alivisatos P, Eds. *Nanotechnology Research Directions*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000, chap. 8.
2. Roco MC and Bainbridge WS, Eds. Converging Technologies for Improving Human Performance. National Science Foundation–U.S. Department of Commerce Report, Washington, D.C., 2002.
3. Roco MC. Nanotechnology: convergence with modern biology and medicine. *Curr Opinion Biotechnol* 14: 2003, 337–346.
4. Ishijima A and Yanagida T. Single molecule nanobioscience. *Trends Biochem Sci* 26: 438–444, 2001.
5. Misevic GN. Atomic force microscopy measurements: binding strength between a single pair of molecules in physiological solutions. *Mol Biotechnol* 18: 149–154, 2001.
6. Bao G. Mechanics of biomolecules.*J Mech Physics Solids* 50: 2237–2274, 2002.

7. Whitesides G and Boncheva M. Beyond molecules: self-assembling of mesoscopic and macroscopic omponents.
Proc Natl Acad Sci USA
99: 4769–4774, 2002.
8. Nielaba P, Mareschal M, and Ciccotti G, Eds. *Bridging the Time Scales: Molecular Simulations for the Next Decade* , Springer, New York, 2002.
9. Baker J. Direct observation of lipid bilayer disruption by dendrimers, personal communication, 2004.
10. Bainbridge WS. 2002. Public attitudes toward nanotechnology. *J Nanoparticle Res* 4: 461–464, 2002.
11. Cobb MD and Macoubrie J. 2004. Public perceptions about nanotechnology: benefits, risks and trust. *J. Nanoparticle Res* 6: 2004, 395–405.
12. APEC (Asia-Pacific Economic Council). Nanotechnology: the technology for the 21st century, Report, Bangkok, Thailand, August 2001.
13. Meridian Institute. Summary of the International Dialog for Responsible R&D of Nanotechnology. National Science Foundation, Alexandria, VA, 2004.
14. OECD. Nanotechnology R&D programs in the U.S., Japan and the European Union: preliminary review. Working Party on Innovation and Technology Policy, Paris, December 10–11, 2002.

obeikandl.com