ثورة النانو
في
عصر التكنولوجيا

تأليف

أ. سوسن المهتدي

المملكة الأردنية الهاشمية

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

(2012 / 5 / 1656)

المهتدي، سوسن زهير
ثورة النانو في عصر التكنولوجيا / سوسن زهير المهتدي
عمان: المعد 2012
( ) ص
ر.إ: 1656 / 5 / 2012 - 08 - 01
الوصفات : / تكنولوجيا النانو /

* يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حومية أخرى.
جميع الحقوق محفوظة. لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أي جزء منه أو تخزينة في نطاق استعادة المعلومات أو نقله بأي شكل من الأشكال دون إذن خطي مسبق

عنوان المؤلف: سوسن زهير المهتدي / عمان - الأردن.
ص.ب 950355 الرمز البريدي: 111195 .
موبايل: 96280334196+
Email: Sawsanzuhair@yahoo.com

All rights reserved. No part of this publication may e reproduced stored in a retrieval system, or transmitted , in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, reeording. Or otherwise, without prior permission in writing of the publishers.

تصميم الغلاف: محمد خضير
طباعة: ماجينتا للطباعة

قائمة بالجداول المرفقة

رقم الجدول	موضوعه	رقم الصفحة
1	أهم المعطيات العلمية بالمقاييس المترية	43
2	الجدول الدوري لمندليف	48
3	التسلسل الزمني لبروز مصطلحات تكنولوجيا النانو	66
4	الإستخدامات التطبيقية لتقنية النانو	68
5	التطور الزمني لإكتشافات تكنولوجيا النانو	76
6	العوامل التي تؤثر على عملية محاكاة التشكيل لجسيمات النانو	96
7	أهم القطاعات المعنية بتطبيقات المواد المتناهية في الصغر	171
8	المنتجات المعتمدة في تطبيقاتها على التصنيع من أسفل إلى أعلى	155
9	أهم القطاعات المعنية بتطبيقات النانو	168
10	مقارنة بين شبكة الكهرباء في القرن العشرين والشبكة الذكية في القرن الواحد وعشرين	190
11	أكبر الهيئات الإنتاجية العشرة طبقا للأبحاث والمواقع	290
12	بعض المنتجات النانوية والشركات المنتجة	326
13	أسماء بعض الشركات المتعلقة بالنانو ومنتجاتها	327

قائمة بالأشكال المرفقة

رقم الشكل	موضوعه	رقم الصفحة
1	محتويات الذرَة	22
2	التسميات المعتادة لأغلفة أو مدارات الإلكترونات	25
3	النماذج الأربعة للذرة (تطور المفهوم البشري للذرة)	26
4	مكوِّنات الذرَة	27
5	النموذج القياسي للكواركات	31
6	نظائر الكربون والهيدروجين	32
7	نظائر ذرة الهيدروجين	33
8	آلية عمل مطياف الكتلة	35
9	مكوِّنات الخلية	38
10	مواقع الإرتباط في الأنزيمات	40
11	مقارنة وحدة النانومتر بالمقاييس الأخرى	41
12	كأس الملك الروماني لايكورجوس	44
13	السيف الدمشقي	46
14	محتويات النواة	53
15	الوزن الذري للنواه	58
16	صورة تجسَد مكوَنات الذرَة	59
17	كيف ينبعث الضوء من الذرة	59
18	مستويات الإلكترونات وأفلاكها حول النواة	60
19	صورة لإنابيب النانو الكربونية	70
20	الفلورينات	71
21	نماذج الأشكال البلورية للألماس الطبيعي	73
22	تركيب الألماس	73
23	التكوين التكعيبي للألماس	74
24	التكوين التكعيبي المركزي	74
25	إستخدام الجسيمات النانوية للكشف عن الجزيئات الحيوية	92
26	إستخدام الجسيمات النانوية في فصل وتنقية وتركيز العينات	93
27	إستخدام الجسيمات النانوية في ترميز المادة المتفاعلة	94
28	إستخدام الجسيمات النانوية في إستقبال وتضخيم الإشارة	95
29	المجهر الإلكتروني الماسح	101

30	طريقة عمل الميكروسكوب الإلكتروني الماسح	105
31	الميكروسكوب الإلكتروني النافذ	106
32	مكوِّنات الميكروسكوب الإلكتروني النافذ	107
33	الميكروسكوب الإلكتروني التحليلي	107
34	ميكروسكوب المسبار الماسح	108
35	مخطط يوضح كيف يعمل جهاز ميكروسكوب المسح النفقي (STM)	109
36	مسح المجس لسطح العينة على المستوى الذري في جهاز (STM)	110
37	ميكروسكوب التصوير الذري	110
38	مخطط توضيحي لفكرة عمل ميكروسكوب القوة الذرية	112
39	صورة توضح ذراع AFM	113
40	آلية النمط الإستاتيكي	114
41	نمط عدم الإتصال في ميكروسكوب القوة الذرية	114
42	سلسلة بويلمر مفرد بنمط النقر	116
43	قياس إنحراف الشعاع في جهاز AFM	117
44	صورة بلورة كلوريد الصوديم بواسطة ميكرسكوب القوة الذرية	118
45	مقياس القوة الذرِّية	118
46	أول ميكروسكوب قوة ذرية	119
47	ميكروسكوب المسح بالليزر	120
48	المجهر الضوئي	121
49	مجموعة من الأنابيب النانوية المتداخلة والمختلفة الخواص	127
50	صورة توضح جزيئات الكربون	128
51	صورة لجزيئات الكربون وهي متصلة ببعضها	128
52	أنبوب النانو الكربوني وحيد الجدار	131
53	التركيب الدقيق لأنبوب النانو الكربوي متعدد الجدر	131
54	لوح جرافيت ذو بعدين	132
55	المعاملات المؤثرة في تكوين الأنواع الثلاثة لأنابيب النانو الكربونية	133
56	الأنواع الثلاثة لتركيب أنبوب النانو الكربوني	133
57	شكل تخطيطي يوضح طريقة قوس التفريغ	135
58	شكل تخطيطي يوضح تقنية الليزر لتصنيع أنابيب النانو الكربونية	136

59	مجس مجهر القوة الذرية المحسن بأنابيب النانو الكربونية	138
60	أنابيب النانو الكربونية وإمتصاصها لغاز الهيدروجين	139
61	الحبيبات النانوية	142
62	أنابيب النانو الكربونية	143
63	النقاط الكمية	144
64	الفلورين في الصورة الجزئية والبلورية	145
65	شكل توضيحي لكرة نانوية	145
66	الأعمدة النانوية	146
67	الشرائح الرقيقة	146
68	بعض مركبات النانو	147
69	الأسلاك النانوية	148
70	الألياف النانوية	150
71	طرق التصميم النانوي	152
72	تنقية المياة الجوفية من أهم أهداف تقنية النانو	181
73	كواشف النانو	182
74	رقائق النانو المحولة من طاقة شمسية بنسبة 30% إلى طاقة كهربائية	183
75	النقاط الكمية المحولة من طاقة شمسية بنسبة 60% إلى طاقة كهربائية	184
76	الأجهزة الرئيسية لخلايا الوقود الهيدروجين	185
77	أنواع مختلفة لمنتجات نانوية غذائية	195
78	صورة لإحدى العبوات الغذائية المصنعة من متراكبة البلمرات المدعمة بحبيبات النانو الكربونية	197
79	صورة لإحدى منتجات النانو الغذائية	198
80	الأنف الإلكتروني	199
81	نسيج مقاوم للبلل	203
82	فأرة كمبيوتر بطلاء النانو	206
83	ثلاجة بطلاء النانو	207
84	كوابل الألياف البصرية	209
85	دارات ضوئية بدل الكهربائية من شركة IBM	210
86	أجهزة النانو " الكانتيلفير" لإكتشاف الخلايا السرطانية	219
87	أجهزة النانو الخاصة بتوصيل الدواء "دينديريمرز" لإكتشاف الخلايا المصابة وتشخيص نوع الإصابة	220
88	المبدأ الأساسي لعمل أصداف النانو في علاج الخلايا	222

	السرطانية	
89	مضاد حيوي بإستخدام نانو فضة	224
90	آلية عمل أسلاك النانو الشبكي	227
91	شريحة المختبر النانوي	228
92	الروبوت بورتيوس	229
93	البيبتيدات الحلقية	230
94	البيبتيد التخليقي	231
95	أسلاك السليكون النانوي	231
96	تصوير مقطعي للعين	235
97	الطبقات البلورية وخصائصها البصرية	236
98	كيفية إتاحة علم الدوائيات أمام الأطباء	243
99	البنية الأولية للبروتين	246
100	الجسيمَات الدهنية	248
101	الديناديمير	251
102	الجهاز المنظم للقلب	251
103	شبكية سيليكونية	252
104	نظارة مزوَّدة بكاميرا مع معالج صغير لبث الصور لاسلكياً	252
105	جهاز لضعاف السمع	253
106	رسم تخطيطي توضيحي يشرح كيفية استخدام الجسيمات النانوية لعلاج السرطان	256
107	المادة المظللة في الأمعاء الدقيقة	257
108	المادة المظللة في الأوعية الدموية	258
109	الخلية بالإشعاع الضوئي	262
110	آلية عمل تكنولوجيا النانو	264
111	النانو ليزر	265
112	جسيمات النانو ومخاطرها	274
113	مواد النانو ومخاطرها	284
114	تطوَر سوق تقنية النانو في الصين	289
115	التوزيع الحالي للشركات المنتجة للسع والمنتجات النانوية لعام 2008	296
116	براءات الإختراع الخاصة بالمنتجات النانوية من 2007-2000	297
117	صورة أخذت من مجهر ماسح إلكتروني لمرشح أنابيب نانو كربونية على هيئة إسطوانة مجوفة	309

118	رسم مبسط لطريقة تصنيع مرشح الأنابيب النانو الكربونية	310
119	صورة مكبرة لمرشح ألياف أكسيد الألمنيوم	311
120	منتجات غشاء ترشيح شركة آرجوند	311
121	رسم تخطيطي للدائرة الكهربائية لحسَّاس إستشعار معادن	313
122	الهلاميات الهوائية	316
123	المقدرة الخارقة لهلاميات الهواء في منع انتقال حرارة شعلة ملتهبة	317
124	صورة توضح تأثير التقنيات المتضمنة لحبيبات أو سوائل بلورية تتغير ألوانها كهربائيا	318
125	رسم تخطيطي لنموذج سطح زجاجي شفاف جهز بتقنية تغيير اللون	319
126	أجزاء جهاز تقنية تغيير اللون بالكهرباء المطَور	320
127	مخدات مواد مركبة تضم ذرات نانومترية لمواد موصلة للكهرباء	322
128	عناصر الحساس الطلائي والدائرة الكهربائية المستخدمة في القياس	323

الفصل الأول- الذرّة ومكوّناتها	
المقدمة	21
التسلسل التاريخي للذرة	22
مفهوم الذرة	26
أجزاء الذرة	27
النواة	28
الكواركات	28
أنواع الكواركات	29
خصائص الكواركات	29
العدد الذري	32
عدد الكتلة	32
ما هي النظائر	33
أنواع النظائر	33
جسيمات ألفا (أشعة ألفا)	34
جسيمات بيتا (أشعة بيتا)	34
أشعة غاما	34
مطياف الكتلة-Mass spectrometer	35
جهاز الطيف الكتلي-mass spectrometery	36
طيف الكتلة-Mass spectrum	36
فني مطياف الكتلة – Mass spectrometrist	36
الفصل الثاني- مقدمة في علم النانو	
المقدمة	38
الريبوزومات – Ribosome’s	39
الأنزيم – Enzyme	40
مصطلح النانو	41
تاريخ تقنية النانو	42
مفهوم المواد والعناصر	47
أمثلة للتوضيح	49
النيترونات	56
التأين	60
الكربون	61
الفصل الثالث- مفاهيم تكنولوجيا النانو	
ماهو النانو	63
تقنية النانو	64

التسلسل الزمني لبروز مصطلح تكنولوجيا النانو	66
أسباب الخوض في تقنية النانو	67
الإستخدامات التطبيقية لتقنية النانو	68
أنابيب النانو الكربونية وحيدة الطبقة	69
ما هي الفلورينات	70
الماس	72
تكوين الماس	74
مقارنة بين الجرافيت والماس والفلورين	75
التطور الزمني لاكتشافات تكنولوجيا النانو	76
الفصل الرابع- مصطلحات تكنولوجيا النانو	
المصطلحات المتعلقة بتكنولوجيا النانو	78
أنواع الجسيمات النانوية	87
الخصائص والصفات الجديدة للجسيات النانوية	87
الحجم	88
جسيمات فضة نانوية – Silver nanoparticles	89
التخليق "التحضير"	89
زرع الأيونات	89
الكيمياء الرطبة	89
جسيمات حديد نانوية	90
جسيمات البلاتين النانوية –Platinum nanoparticles	90
التخليق "التكوين"	91
التأثيرات الحيوية	91
إستخدامات الجسيمات النانوية في الأنظمة الحيوية	92
الكشف عن الجزيئات الحيوية	92
فصل وتنقية وتركيز العينات	92
ترميز المادة المتفاعلة – Substrate coding	93
استنقال وتضخيم الإشارة –Signal transduction	94
أشباة الجسيمات	95
العوامل التي تؤثر على عملية محاكاة التشكيل لجسيمات النانو	96
الفصل الخامس- أدوات تكنولوجيا النانو	
المقدمة	100
الميكروسكوب الإلكتروني الماسح	101
التركيب البنائي للميكروسكوب	101

طريقة عملة	102
كيفية تجهيز العينة	103
مزايا الميكروسكوب الإلكتروني الماسح وإستخدامه في تطبيقات النانو	104
الميكروسكوب الإلكتروني النافذ	104
الميكروسكوب الإلكتروني التحليلي	106
ميكروسكوبات المسبار الماسح	107
ميكروسكوب المسح النفقي	108
ميكروسكوب التصوير الذري	110
المبدأ الأساسي لعمل ميكروسكوب التصوير الذري	112
أنماط التشغيل وأخذ الصور	113
النمط الإستاتيكي أو نمط الإتصال	114
النمط الديناميكي أو نمط عدم الإتصال	114
نمط النقر	116
عرض يوضح فكرة عملي ميكروسكوب القوة الذرية	117
قياس انحراف ذراع ميكروسكوب القوة الذرية	117
مطياف القوة	117
التعرف على الذرات وتميزها	118
مزايا ميكروسكوب القوة الذرية	119
عيوب ميكروسكوب القوة الذرية	119
ميكروسكوب المسح بالليزر متعدد البؤرة	120
أدوات أخرى مفيدة	121
أدوات معالجة الجزيئات المنفردة	123
الفصل السادس- أنابيب الكربون فائقة الصغر	
المقدمة	125
ما هي الأنابيب النانوية وما فائدة أنابيب النانو الكربونية	128
خصائص أنابيب النانو الكربونية	129
طرق تحضير أنابيب النانو الكربونية	130
التركيب الدقيق لأنابيب النانو الكربونية	130
أنبوب النانو الكربوني وحيد الجدار	131
أنبوب النانو الكربوني متعدد الجدر	131
أشكال الأنابيب النانوية	132
تصوير أنابيب النانو الكربونية وحيدة الطبقة	133
تصنيع أنابيب النانو الكربونية	134
تقنية قوس التفريغ	134

طريقة التبخير بالليزر	135
تقنية ترسيب الأبخرة الكيميائية	136
تطبقيات أنابيب النانو الكربونية	137
أجهزة الإنبعاث الإلكتروني	137
مجاهر القوة الذرية	138
تخزين الهيدروجين	138
أجهزة الإستشعار عالية الحساسية	139
مجسات النانو البيولوجية	139
الفصل السابع- أشكال النانو وطرق تحضيرة	
أشكال النانو	142
حبيبات النانو	142
أنابيب النانو	143
النقاط الكمية	144
الفلورين	144
الكرات النانوية	145
أعمدة النانو	145
الشرائح الرقيقة	146
مركب من مواد النانو	146
الأسلاك النانوية	147
أسلاك النانو المعلقة	148
أسلاك النانو المرسبة	149
قابلية أسلاك النانو لتوصيل الكهرباء وإستخداماتها	149
الألياف النانوية	150
طرق تحضير مواد النانو	150
المواد المقواة أو المشحونة بمواد النانو	150
مواد النانو المهيكلة بالسطح	151
مواد النانو المهيكلة بالحجم	151
طرق التصميم والإنتاج النانوي	151
الطريقة الأولى من الأعلى الى الأسفل	152
عيوب التصميم بالطريقة الأولى	152
الطريقة الثانية من الأسفل الى الأعلى	153
التحضير بالطرق الفيزيائية	153
التحضير بالطرق الكيميائية	154
التحضير بالطرق الميكانيكية	154
عيوب التصميم بالطريقة الثانية	155

المنتجات المعتمدة في تطبيقاتها على التصنيع من الأسفل إلى أعلى والعكس	155
اللف الكبير المكروسبين	156
المواد البلورية الدقيقة	156
المواد البلورية	156
طرق تخليق مواد النانو	157
تركيب المحلول الغروي	157
بلورات النانو	157
البلورات الكمية	158
أدوات التحليل لبلورات النانو	159
الإحصاء الكمي	159
محفزات النانو	160
مركبات النانو	161
الطبقات البلورية النانوية	161
حلقات النانو الذهبية	162
الكبسولات المجهرية	163
الظواهر الكمية لإلكترونات النانو	163
خواص المواد النانوية	164
الفصل الثامن- أهم تطبيقات تقنية النانو	
المقدمة	167
الإستخدامات النانوية	169
تقنيات النانو في مجال الصناعات الإلكترونية	173
الحاسبات النانوية	173
تقنية النانو والبيئة	178
تقنية النانو ومعالجة المياة	180
الأغشية الخزفية	181
تقنية النانو وإكتشاف تلوث الهواء	182
تقنية النانو والطاقة الشمسية	183
تقنية النانو وخلايا الوقود	184
أهم مميزات خلايا الوقود التي تجعلها من أهم مصادر الطاقة	186
تطبيقات خلايا الوقود	186
التحديات التي تحد من إنتشار خلايا الوقود	187
الإستفادة من تقنية النانو في مواجهة التحديات لإنتشار خلايا الوقود	187

تقنية النانو والطاقة النووية	188
تقنية النانو وشبكة الطاقة الذكية	189
تقنية النانو العسكري	190
تطبيقات النانو في الأغذية والمشروبات	194
ماهي الأغذية النانوية	194
الوضع الحالي للأغذية النانوية	195
المكملات الغذائية	196
تخليص الغذاء من عناصره الضارة	196
تقنية الأنف الإلكتروني	199
تقنية اللسان الإلكتروني	199
معالجة أسطح أدوات الطهي	200
تغليف وتعبئة الأغذية	200
تطبيقات النانو في المنسوجات والأقمشة	202
تطبيقات النانو في مجال البصريات	203
تطبيقات النانو في مجال أدوات التجميل	203
تطبيقات النانو في الطلاء	203
ميزات الطلاء بالنانو- الحصول على سطوح جيدة المظهر	204
منع التسرب وحماية مكونات الآلآت	204
الطلاء في صناعة الأنسجة والملابس	205
ملابس مقاومة للسوائل أو المواد التي تسكب عليها	206
الطلاء في الأجهزة الكهربائية والإلكترونية	206
الطلاء في الطاقة الشمسية	207
تطبيقات النانو في صناعة كوابل الألياف البصرية	208
مميزات كوابل الألياف البصرية	208
تطبيق النانو في عملية إبطاء وتخزين ومعالجة سرعة الضوء	209
فوائد التحكم في سرعة الضوء	209
تطبيقات مواد النانو وسيارات السباق	210
الطبقات النانوية وإستخداماتها في مجال الدفاع والفضاء	211
تقنية النانو والتلفزيون	211
تقنية النانو والخزفيات	212
الفيروسات النانوية	212
الفصل التاسع- إستخدامات تكنولوجيا النانو في الطب	
المقدمة	215
الطب والنانو تكنولوجي	217

جهاز الناتئ النانوي (الكانتيلفير) لإكتشاف خلايا السرطان	219
توصيل الأدوية	220
توصيل البروتين والببتيد للبروتين	220
اصداف النانو والسرطان	221
الإستخدامات الطبية للنانو فضة	222
الإهتمامات الصحية	222
رد فعل الحساسية للفضة	223
التصبغ والتلون بالفضة	223
صمام القلب سيلزون Slizone	223
مضادات حيوية بإستخدام نانو الفضة	223
إستخدام تكنولوجيا النانو في عمليات زراعة الثدي	224
حاملات الدواء	225
إستخدام المجسات النانوية الحيوية في إكتشاف الأمراض	225
الأغلفة النانوية المطلية بالذهب	225
جسيمات سيلنيد الكادميوم النانوية	226
مولدات النانو الحيوية	226
التصوير الطبي	226
ألياف البوليمر النانوية	226
شريحة المختبر النانوي	227
روبوت مجهري لإجراء عمليات جراحية داخل الدماغ	229
النانوبيوتك أحدث بديل للمضاد الحيوي	230
تقنيات كورية جديدة للكشف عن أمراض القلب	231
أسلاك السليكون النانوية	231
الطبقة البلورية النانوية	232
إندمال الأنسجة	234
التصوير المقطعي البصري المترابط	235
الهندسة الحيوية	236
قصاصات ورقية تكشف المراض دون الحاجة للمختبرات	236
طوابع إختبارات الكبد والإيدز	237
إختبارات ورقية	238
اختبارات مستقبلية	238
هندسة البروتينات	239
العلاج بجزئ الـDNA	240
حقن الدواء في خلايا معنية	240
التركيب الذاتي	241

علم أمراض الكلى النانوي	241
التصوير	242
النانو وإصابات العظام	244
البروتين	245
بنية البروتين	245
الوظائف	247
آلية التنظيم البروتيني	247
المركبات الرئيسية التي تسهم في تركيب البروتين	247
نسخ المادة الوراثية	247
خصائص البروتينات	248
أمثلة البروتينات	248
تطبيقات اخرى للنانو تكنولوجي في مجال الطب	248
توزيع الدواء بالجسم	248
المساعدة في إكتشاف الأدوية الجديدة	249
عملية إصلاح الأنسجة التالفة أو إبدالها	249
الأجهزة التعويضية والتشخيصية	250
شبكية العين الصناعية	252
الروبوتات النانومترية	253
تحديد مكان الأورام وعلاجها	254
مادة مظللة	257
أنواع المواد المظللة من ناحية المبدأ	257
الحاجة للمواد المظللة	257
أمثلة للمواد المظللة- مركبات اليود	258
أمثلة للمواد المظللة- مركبات غير يودية	258
أمثلة للمواد المظللة- مركبات الباريوم	258
أمثلة على المظلات المنفذة	258
المواد المظللة في استخدامات الموجات فوق الصوتية	259
المواد المظللة في استخدامات موجات الرنين المغناطيسي	259
مضاعفات المواد المظللة	259
الصدمة الأرجية	259
أعراض تحسسية اخرى	260
مضاعفات ناجمة عن اليود	260
القشرة النانوية	260
التركيب	261
التطبيقات	261

القشرة النانوية وعلاج السرطان	261
قشور النانو والتصوير الطبي الحيوي	263
الخصائص الكهروكيميائية المعززة	263
بناء أوعية دموية بالنانو لعلاج تصلب الشرايين	263
النانو ليزر	265
قنابل المنمنات وشبح السرطان	267
الجراحة وتقنية النانو	267
آلية تصنيعة	267
استخدامات النانو في الجراحة – تصنيع خلايا تنفسية	268
تصنيع خلايا بالعة	268
إستخدامات جراحية	268
الفصل العاشر- الآثار السلبية لتقنية النانو	
تكنولوجيا النانو في سويسرا	270
المخاطر المتعلقة بالنانو تكنولوجي	271
إنتقاد العلماء لتقنيات النانو	272
إصابة الفئران بالسرطان	273
داء الأسبستوس	273
هل يشكل النانو خطورة على صحتنا	274
التحديات التي تواجة النانو	276
نظرية الكم	277
الليثوغرافيا	278
تأثيرات تقنية النانو	279
المخاطر المحتملة	280
الآثار الصحية والسلامة من الجسيمات النانوية	280
علم السموم النانوي	282
مخاطر تقنيات النانو على صحة الأنسان	283
مخاطر تقنية النانو على البيئة	284
مخاطر تقنية النانو في أماكن العمل	284
جسيمات النانو ومدى سميتها	285
الإشتقاق	286
الفصل الحادي عشر- تجربة بعض الدول في تقنيات النانو	
التجربة الصينية	288
الصين تملك تقنية النانو	289
الصين وتطور تقنية النانو	291
الصين والنمو في الصناعات المتعلقة بتقنية النانو	291

التخطيط المتوقع في مجال صناعات النانو	292
أنظمة التطوير والبحث	293
التعاون الدولي	295
الخلاصة	295
السوق العالمية والمنتجات النانوية	296
إحتكار السلع النانوية	296
الأنشطة البحثية والأكاديمية	297
تكنولوجيا الفقراء	298
تكنولوجيا النانو والعالم النامي	299
ماء زمزم وتقنية النانو التي تفشل في تغييره	300
أسرع معالج للهاتف الجوال في العالم من سامسونج	301
أحدث إختراعات تقنيات النانو في روسيا	301
روسيا تصنع دايودات ضوئية اقتصادية	302
بطاريات جديدة من الليثيوم كربيد بفضل تقنية النانو	302
بناء أوعية دموية بالنانو تكنولوجي لعلاج تصلب الشرايين	303
مصنع النانو المستقبلي لانتاج اللاب توب	304
ملابس النانو تكنولوجي المتغيرة اللون في ضوء الشمس	304
موبايلات بتقنية النانو	305
تقنيات كورية للكشف عن امراض القلب	306
تصنيع الورق المصري بالنانو تكنولوجي	306
صدأ النانو ينظف ماء الشرب من الزرنيخ	306
المملكة العربية السعودية وصناعة المياة بتقنية النانو	307
المرشحات النانومترية	308
الحبيبات النانومترية	312
أجهزة تحسس الجودة النوعية	313
المملكة العربية السعودية وتطبيقات ترشيد استهلاك الطاقة	315
العزل الحراري	315
الهلاميات الهوائية والرغويات النانوية	316
المركبات النانومترية والطبقات الرقيقة	317
المملكة العربية السعودية ودعم الاقتصاد المبني على المعرفة	321
مخدات تسكين الاهتزازات	321
الحساس الطلائي الذكي	322
تقنية النانو لتحلية المياة بأستراليا	324
تكنولوجيا النانو ودعم الاتحاد الأوروبي للمشاريع	325

والدراسات	
الفصل الثاني عشر- الشركات المصنعة لمنتجات النانو	
جدول يبين بعض المنتجات النانوية وفائدتها	326
جدول بأسماء بعض الشركات ومنتجاتها	327
المراجع باللغة العربية	330
مراجع الانترنت والمراجع باللغة الانجليزية	334

ثورِة النانو في عصْر التكنولوجيا

تمهيد

لقد كان للتطور التكنولوجي الهائل السمة الفريدة في القرن العشرين، فقد بدأت الإختراعات في الظهور منذ العصور القديمة بدءاً من إكتشاف النار إلى إكتشاف الكهرباء والسيارات وبعدها جاء عصر التكنولوجيا فظهرت أجهزة التلفزيون الملوَن والكمبيوترات ثم توصلوا إلى الهواتف النقَّالة والتي تتسم بصغر حجمها وسرعة أدائها إلى أن وصلت رغبة الإنسان في التعلم ذروتها خاصة بعد إكتشاف تكنولوجيا جديدة تحطَم الأنماط المتعارف عليها تسمَى تكنولوجيا "النانو" أو التكنولوجيا المنمنمة المتناهية في الصغر أو التكنولوجيا فائقة الدقة.

ترتبط هذه التكنولوجيا بكل شيء في حياتنا اليومية بدءً من أجهزة الكمبيوتر الفائقة السرعة صغيرة الحجم إلى الأقمشة المقاومة للبقع والكريمات عديمة اللون للوقاية من الشمس إلى المجسَات الجزئية وعلاج خلايا سرطانية معينة ، وقد أصبحت الكثير من المنتجات في عصرنا الحالي تعتمد على تكنولوجيا "النانو" وتشمل تكنولوجيا "النانو" تصنيع أجهزة ومواد جديدة بمقياس يتراوح بين نانومتر و100 نانومتر.

لقد أجمع الخبراء على أن تكنولوجيا "النانو" هي أهم تطوَر حدث في النصْف الأخير من القرن الحالي ، فقد أصبحَت في طليعة المجالات الأكثر أهمية وإثارة في الفيزياء، الكيمياء، الأحياء والهندسة ومجالات عديدة، وأهتمَت معظم دول العالم بهذه التقنية وأنفقت مئات الملايين على أبحاث هذه التقنية[1] ولا شك في أن من سمع بهذا الإسم "النانو" أصابته الدهشة والرغبة في معرفة ما هو هذا "النانو" ؟؟

أهو شريحة كمبيوتر؟

أم برنامج معين؟؟

أم جهاز موبايل ؟؟

أم ماذا !! وهذا ما حصل معي، فكثيراً ما سمعت عن التطور المذهل الذي توصل إليه العلماء وأحدث ما توصلوا له بما يسمى بتكنولوجيا "النانو" .

وبصفتي متابعة لكل ما هو جديد في مجال التكنولوجيا أحببت أن أستفسر عن هذا المفهوم "النانو" وعلى الرغم من أنها قديمة حديثة بمعنى أنها قديمة نوعاً ما في العالم المتقدَم وحديثة في عالمنا إلا أن أحداً لم يستطع إجابتي على هذا

---

1 **WWW.FOE.ORG/CAMPS/SOMM/NANOTECH/INTRODUCTIONNANOTECHNOLOGY/MAY2006.PDF**

السؤال وما المقصود ب"النانو"، بل وكانت دهشتهم كبيره عند سماع الكلمة "نانو" ؟؟؟ما هو "النانو"؟؟

من هنا جاءت فكرة تأليف كتابي الثاني ((ثورة "النانو" في عصَر التكنولوجيا)).

على الرغَم من أنني لسَت متخصصة في مجال الفيزياء أو الكيمياء ولست بمستوى الخبراء في هذا المجال، إلا أنني كنت متشوقة للخوض في بحور هذا العلم الهائل والجديد للكتابة عنه على الرغم من إنتقادات البعض حول كتابتي لموضوع ليس إختصاصي. ولكن لحبي في الموضوع ولحبي الشديد في تقديم ما هو مفيد للقراء وباللغة العربية لغتنا الأصلية أحببت أن أكتب في هذا الموضوع حتى يتسنى للجميع أن يفهم ما هي هذه التكنولوجيا الجديدة التي تغزونا.

ولتقديم كتاب عن تكنولوجيا "النانو" كان لا بد من الخوْض في بحور الإنترنت ودراسة العديد من المراجع وزيارة المكتبات والجامعات لإيجاد أي دراسة أو كتاب يتعلق بالموضوع ، إلا أن صدمتي كانت كبيرة حيث أن المراجع بهذا الخصوص ليست كثيرة بل إن أكثر المراجع هي باللغة الإنجليزية ولا يوجد قواميس معرَبة لمصْطلحات "النانو" فلهذا زاد إصراري لكي يكون كتابي باللغة العربية حتى يفهم القارئ تماماً ما هي هذه التكنولوجيا وكيف تم إكتشافها وعلى يد من، وما هي إستخداماتها وما إلى ذلك من معلومات مهمة بهذا الخصوص.

وقبل الدخول في تفاصيل هذه التكنولوجيا لا بد لكم أن تعرفوا بأن تكنولوجيا "النانو" هي عبارة عن مجموعة من عمليات الفصْل والتكوين والدمْج للمواد على مستوى الذرات أو الجزيئات. وتتمثل قاعدة تكنولوجيا "النانو" في مسألتين:

- بناء المواد بدقة من لبنات صغيرة يؤدي إلى مواد خالية من الشوائب ومستوى عالي من الدقة والتشغيل والجودة.
- المواد عندما تتجزأ إلى قطع أصغر وتتحول إلى المقياس النانوي تظهر خصائص وصفات تختلف عن خصائص المادة الأصلية

لذا، سأتطرق في الفصول القادمة إلى كل ما يتعلق بهذه التكنولوجيا بدءً من أصغر وحدة قياس وهي الذرة.

الفصل الأول

الذرّة ومكوناتها

تمهيد

سبحان الخالق المبدع، سبحان الصانع المتقن، خلق فسوّى وقدّر فهدى وكلّ شيءٍ عنده بقدر، خلق الكون من مادةٍ، وجعل من المادة عناصر ومركبّاتٍ، وخلقَ من العناصر أشكالاً عدة وصور شتّى. جسيمات صغيرة تؤلّف الذرّة ، إذا أختلف نوعها أو عددها أختلف تركيبها وأختلفت تبعاً لذلك خواص المادة ووظيفتها.

لقد عرَف المسلمون الأوائل الذرة على أنها أصغر كيان مادي في تركيب الأشياء، مما ورد في آيات قرآنية، {**وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ**}(يونس – 61)

ويستوقفنا في هذه الآية لفظ (ولا أصغر)، حاملاً المعنى بأنه يوجد ما هو دون الذرة حجماً أو وزناً.

لقد سُمِّي النصف الأول من القرن العشرين بعصر الذرة حيث تم وضع الأسس السليمة لعلم جديد هو الفيزياء الذرية. وإكتشاف ما يسمى بالنظائر وتحديداً النظائر المشعة والتي مهدت الطريق أمام الوصول إلى التفاعلات الذرية. فعندما نتحدث عن أي عنصر كيميائي، مثلاً الحديد، لا يكفي ذكر إسم هذا العنصر، بل يجب أن نحدد الثقل الذري له. فالثقل الذري (أو الوزن الذري) يختلف من عنصر لآخر ويختلف داخل كل عنصر. فلدينا الحديد 55، والحديد 56، والحديد 57، وهذه كلها نظائر لعنصر الحديد، ولكنها مختلفة بوزنها الذري[2].

وعندما نتعامل مع التفاعلات الذرية لا يجوز أن نقول (ذرة حديد) فحسب، بل يجب أن نضع إلى جانبها وزنها الذري لنعرف ما نوع هذه الذرة، لأن كل ذرة لها ثقل محدَّد. وإذا ما حطَّمنا هذه الذرة وجدنا أنها تتركب من جسيمات أصغر منها مثل الإلكترون والبروتون والنيوترون، وهذه بدورها تتركب من أجسام أصغر منها تسمى بالكواركات.

ولكن الذرات لا توجد بشكل منفرد في الكون بل توجد على شكل مجموعات تسمى بالجزيئات، فمثلاً نجد أن ست ذرات حديد ترتبط مع بعضها لتشكل جزيئاً من الحديد. وهذه الجزيئات ترتبط مع بعضها أيضاً لتشكل مادة الحديد.

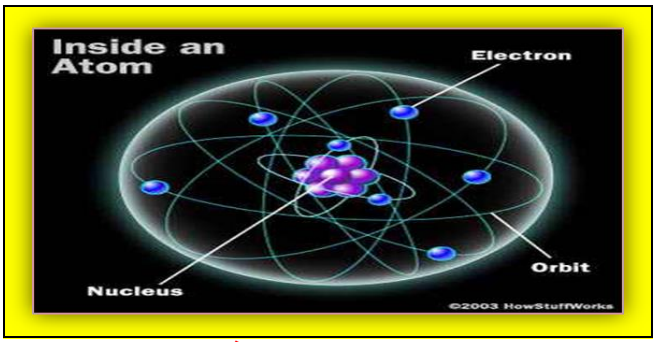
إذن نستطيع القول بأن علماء الذرة يتعاملوا مع مقياسين أثناء دراستهم: فعندما يتعاملون مع أجزاء الذرة ومكوناتها (ما هو أصغر من الذرة) فهذا يسمى بالفيزياء النووية، وعندما يتعاملون مع مجموعة من الذرات أو ما يسمى بالجزيئات فهذا يسمى بالفيزياء الذرية أو الجزئية.

ومن عجائب القرآن أنه تحدَث عن كل هذه الأشياء في آية واحدة ! فأنظر إلى قول الحق تبارك وتعالى عن علمه بكل شيء: **(مَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُو مِنْهُ مِن قُرْآنٍ وَلاَ تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلاَّ كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُوداً إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ**

[2] موقع عبد الدائم الكحيل، الإعجاز العلمي في القرآن والسنة ، الذرة في القران الكريم www.kaheel7.com

عَن رَّبِّكَ مِن مِّثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الأَرْضِ وَلاَ فِي السَّمَاء وَلاَ أَصْغَرَ مِن ذَلِكَ وَلا أَكْبَرَ إِلاَّ فِي كِتَابٍ مُّبِينٍ) [يونس: 61].

ونلاحظ في الآية أعلاه إشارة إلى ما هو أصغر من الذرة، أي أجزائها، وهذا ما يسمى بالفيزياء النووية، وكذلك في الآية إشارة إلى ما هو أكبر من الذرة، أي الجزيئات، وهذا ما يسمى بالفيزياء: (ولا أصغر من ذلك ولا أكبر).



الشكل(1) محتويات الذرة

إن كل شيء ممكن لمسه فالكتاب الذي بين يديك، والماء الذي نشربه، والطاولة التي نكتب عليها، هي أشكال للمادة، لكن المادة ليست كل ما يمكننا لمسه فقط، فالهواء مادة أيضاً، وكواكب الكون ونجومه وأجرامه، والكائنات الحية بأنواعها والجماد كالمعادن والصخور والتربة هي أيضاً مواد، والمواد تتكون من الذرات، وهي بدورها تتكون من جزيئات أصغر وأصغر، ولفهم تركيب الذرّة وأبعادها في الكون والآيات التي تحدثت عنها سأكتب بإيجاز عن التسلسل التاريخي للذرة وكل ما يتعلق بالذرة وأجزائها.

التسلسل التاريخي للذرّة

لقد بقي علماء العالم ولأكثر من سبعة عشر قرناً على نظرية ديمقريط الفيلسوف الإغريقي الذي رأى أن جميع الأجسام تتكون من جزيئات لا مرئية، وغير قابلة للتجزئة تسمى الذرات (atoms) توجد بينها مجالات فارغة، وهذه الذرات دائمة الحركة، فهي تتجمع وتفترق لتشكل في كل طور أو حالة من حالاتها جسماً معيناً[3]

وفي عام 1643م أعاد العالم الفرنسي جاسندي[4] gassndy النظر في هذه الجسيمات الصغيرة التي تتكون منها كل العناصر، فأكّد أن الذرات هي أولى مركبات الأشياء، ومنها تشكّل الكون بأجمعه، ورغم ذلك فإن عددها محدود رغم إمتداد الكون، وهي بحركة دائمة تصطدم ببعضها وتصطدم بجوانب

3الدكتور مروان شعبان، قانون الذرة بين العلم والقران، http://daralijaz.com

4جاسندي بيار gassndy pierre (1592- 1655م) فيلسوف وعالم فرنسي ولد في مدينة شامبرسية، بعد أن أنهى دروسه بدأ يدرّس في أكس – آن بروفنس) انتقد فلسفة أرسطو وأيد أبو قراط، ومن أهم أعماله: وضع نظرية قال فيها: إن الذرات تختلف بحجمها وشكلها ووزنها وهي غير قابلة للتجزئة.

الوعاء الذي يحملها، وعن ذلك تنشأ تركيبات الجزيئات كما تنشأ في الغازات معاني الضغط وغير ذلك، كما يقول جاسندي بأن الذرات ذات حجم دقيق جداً، ولا يمكن لحواسنا أن تدركه.

تبنّى إسحاق نيوتن (1642-1727م) نظرية ديمقريط حول إستحالة تجزيء وتحطيم الذرة، هكذا بقي وضع الذرة كما هو حتى عصر نيوتن، لكن جون دالتون (1766 -1844م) قام بتطبيق منهج تجريبي فرأى أن كل عنصر يتركب من نوع خاص من الذرة، لكن هذه الذرات تتساوى فيما بينها في العنصر الواحد، كما تختلف الذرات المركبة فيما بينها. هكذا كانت الظواهر الكيميائية التي تعتبر من أولى المجالات التي تمَّ فيها إكتشاف بعض القوانين المتعلقة بالذرة.

بعد ذلك قام أميديو أفوجادرو [5] (1776- 1856م) بدراسة الذرات المركبة التي تحدث عنها جون دالتون، وأطلق عليها إسم الجزيئات، فكان قانون أفوجادرو **($NA = 6.23 \times 10^{23}$)** أي أن كل عنصر غازي يحتوي المول الواحد أو (الجرام مول) منه على هذا العدد من الذرات أو الجزيئات الصغرى.

إنطلاقاً من نظرية أفوجادرو تمكّن كانيزارو [6] تحديد وزن جزيئات 33 جسماً بسيطاً ومركباً، فكان ذلك بداية تطور النظرية الذرية، رغم أنه لم يذكر أي شيء عن تفكك الذرة، لقد كانت هذه النظرية هي الفرضية التي فتحت أبواب قابلية الذرة للتفكك والتجزيء إلى عناصر أصغر منها، فقد كانت لأول مرة على يد العالم جوزيف طومسون [7] عندما أكتشف أن جزيئات الكهرباء (الإلكترونات) تنطلق من الذرة، فأستطاع أن يستنتج من كل ذلك أن الذرة

---

[5] **أميديو أفوجادرو: ولد في اغسطس 1776م وتوفي في يوليو 1856م وهو عالم فيزيائي إيطالي وولد في تورين، وكان لقبه هو الكونت دي كواريجنا. وقد عمل في جامعة تورينو. وقد عرف أميديو بتواضعه الشديد وفضوله العلمي، وأتجه نحو الكيمياء، ومن أهم أعماله كانت في مجال النظرية الجزيئية. طرح في عام 1811م فرضيته المشهورة التي تعرف باسم قانون أفوجادرو. حيث أكد أفوجادرو أن الأحجام المتساوية من جميع الغازات إذا ما وُضعت تحت نفس الضغط والحرارة، فإنها ستحتوي على نفس العدد من الجزيئات.**

وتكريماً له فقد أطلق على عدد المكوّنات (ذرات أو جزيئات أو أيونات ...الخ) الموجودة في مول واحد من المادة اسم عدد أفوجادرو أو ثابت أفوجادرو.

وهذا العدد هو($6.022\ 141\ 79 \times 10^{23}$) من المكوّنات في المول الواحد

من أهم أعماله:

- **أ. أكتشف عدد الذرات الموجودة في الجزئي الغرامي أي في 4 و 22 ليتر من أي غاز في الظروف الطبيعية يرمز لهذا العدد بحرف N ويساوي ($6.022\ 141\ 79 \times 10^{23}$)**
- **ب. وضع قانونا حول الغازات بأسمه والقائل ((إن حجمين متساويين من جسمين غازيين يحتويان تحت نفس الحرارة و الضغط على أعداد متساوية من الجزيئات)) .**
- **ج. له خدمات أخرى في مختلف الميادين العلمية .**

6 كانيزارو 1826 - 1910م عالم كيميائي، إيطالي الأصل، وُلد في باليرمو في صقلية، أصبحت نظرياته أساسًا للكيمياء الحديثة، وقد بين أميديو كانزارو الفرق بين الذرة والجزيء عام 1811، ولكن العلماء لم يلتفتوا في بادئ الأمر لهذه الآراء التي كان كانزارو قد طورها من أعمال أفوغادرو، وقد أدى قبول أفكار كانزارو إلى استخدام الأوزان الذرية والقوانين الكيميائية بطريقة صحيحة.

[7] **جوزيف جون طومسون:عالم إنجليزي ولد عام 1856م بالقرب من مدينة مانشستر الإنجليزية، وتفوق في دراسته منذ الصغر، ثم حصل على منحة من جامعة كامبريدج حيث تخصص في حقل الفيزياء النظرية، ثم اتجه طومسون للعمل في معمل كافنديش العريق، وفي عام 1884م تم تعيينه رئيساً لمعمل كافنديش وهو في الثامنة والعشرين من عمره، و قد ترأس المعمل لمدة 34 عاماً حتى خلفه تلميذه النيوزلندي آرنست رذرفورد، ويعتبر اكتشافه للإلكترون أفضل بحوثه على الإطلاق وأكثرها شهرةً وتأثيراً، كما تمكن من حساب كتلة تلك الجسيمات وسرعتها، لذا فقد اشتهر بلقب "أبو الإلكترون"، حصل طومسون على جائزة نوبل عام 1906م لاكتشافه الإلكترون، وتوفي في كامبريدج، 1940م.**

مكونة من عدد معروف أو محدود من الإلكترونات المتحركة داخل دائرة كهربائية موجبة، والإلكترونات تتنافر فيما بينها وتنجذب نحو مركز الدائرة بسبب وجود الكهرباء الموجبة في الداخل.

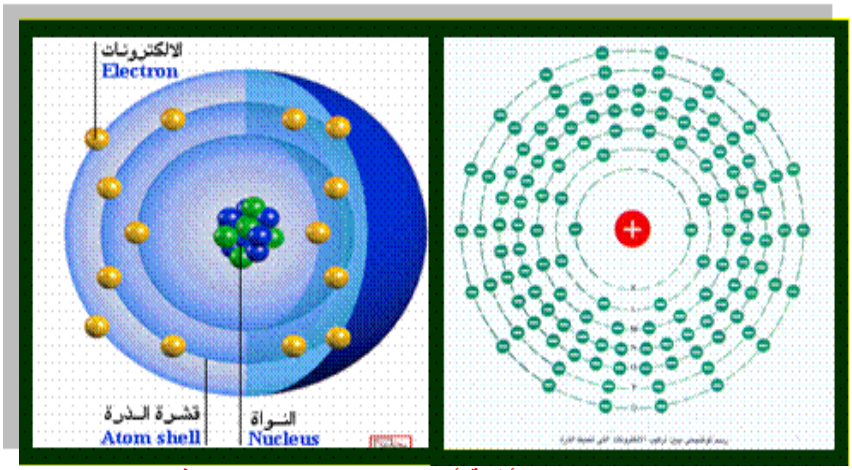
أما العالم روذرفورد Rutherford[8] فقد أكتشف عام 1910م أن كل شحنة كهربائية موجبة في الذرة تتمركز في نطاق ضيق جداً هو النواة، وتدور حوله الإلكترونات، هذا ما نجده في النموذج الذي وضعه روذرفورد وهو (نواة مركزية مشحونة بكمية كهربائية موجبة، تساوي مجموع كمية الطاقة السالبة التي تحملها الإلكترونات، التي تدور حول تلك النواة على مسافات متغيرة).

بدأ العالم الفيزيائي الإنكليزي روذرفورد بين عامي (1906-1912م) بدراسة الشكل البنائي لمختلف المواد بواسطة قذفها بالجسيَمات التي تصدرها العناصر المشعة مثل جسيَمات إلفا(ذرات الهليوم) أو جسيَمات بيتا (الإلكترونات) التي تصدر عن اليورانيوم وغيره من العناصر المشعة، وأستنتج بنتيجة تجاربه الدقيقة وضع نموذج للذرة كما يلي:

1. الذرة معظمها فراغ لأن النواة حجمها صغير مقارنة بحجم الذرة.
2. تتألف الذرة من نواة (بروتونات ونيوترونات) ذات شحنة موجبة وإلكترونات ذات شحنة سالبة تدور حولها على مسافات متباعدة.
3. فالإلكترونات تدور حول النواة كما تدور الكواكب حول الشمس كما أن الكواكب تدور حول نفسها تماماً مثل كوكب الأرض ، ومنه شبّه العلماء الذرة بالمجموعة الشمسية.
4. تتركز معظم كتلة الذرة في النواة الموجبة لأن البروتون أثقل من الإلكترون ب(1836) مرة .
5. الذرة في الحالة العادية (المستقرة) تكون متعادلة كهربائياً، لأن عدد الشحنات الموجبة يساوي عدد الشحنات السالبة.
6. تدور الإلكترونات حول النواة وفق مدارات خاصة.

---

[8] آرنست روذرفوردErnest Rutherford (871- 1937م): فيزيائي نيوزيلندي، اكتشف عام 1910م أن للذرات نوى صغيرة وكثيفة إذا ضربت بأوراق ذهبية رقيقة جداً تشع جزيئات ألفا، التي تتكون من بروتونين ونيترونين وتحمل شحنة إيجابية.



الشكل (2) يوضح التسميات المعتادة لأغلفة أو مدارات الإلكترونات وعددها في كل مدار - عن اطلس الكون الذري

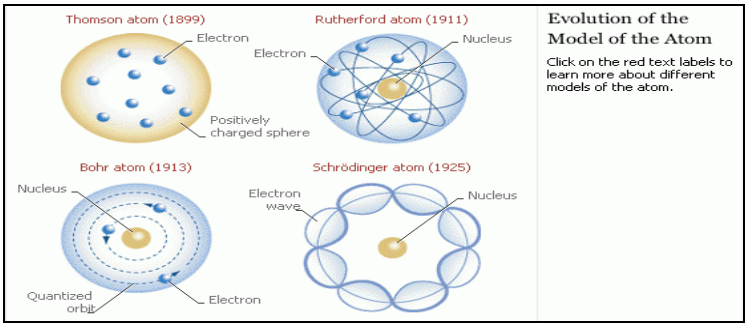
وأما العالم نيلز بور **bohr**[9] فقد قدم تعديلاً لهذا النموذج فأفترض أن الإلكترونات تدور حول النواة وفق مدارات محددة، لكن هذه الإلكترونات تستطيع الإنتقال من مدار إلى آخر، رغم أن تحركها لا يكون حراً كما يجب في المجال الأوسط[10]. وقام الفيزيائي نيلز بور بتعديل نموذج أستاذه روذرفورد السابق وأضاف عليه مايلي:

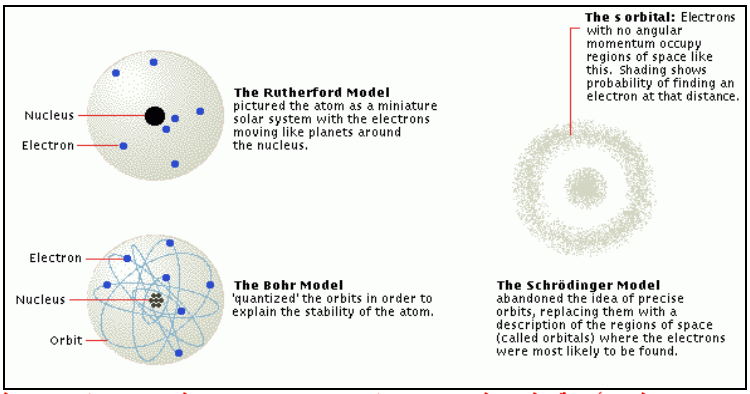
1. لكل إلكترون أثناء دورانه حول النواة طاقة معينة تتوقف على نصف قطر الذره(أى بعد الإلكترون عن النواة).
2. تدور الإلكترونات حول النواة في عدد محدد من مستويات الطاقة الثابتة والمحددة للذرة دون أن تفقد أو تكتسب طاقة في الحالة المستقرة.
3. أكبر عدد لمستويات الطاقة في الحالة العادية للذرة سبعة مستويات، يعبر عن طاقة كل مستوى بعدد صحيح يسمى عدد الكم الرئيسي .
4. في عام (1930م) إكتشف العالم الإنكليزي "ج.تشد فيك" النيترون وهو جسيم متعادل كهربائياً وكتلته مساوية لكتلة البروتون تقريباً.

---

[9] **Niels Bohr (1885- 1962م) من كبار روّاد الذرة الحديثة، ولد في كوبنهاغن أستاذ وعمل للفيزياء النظرية في جامعتها، نال جائزة نوبل للفيزياء عام 1922م، أشتهر بنظريته الرائدة حول تكوين وتنظيم بيان الذرة الواحدة حلل وشرح التفاعلات والإنشطارات المتنوعة التي تحصل في نواة الذرة. موسوعة الذرة.**

[10] **الدكتور مروان شعبان، قانون الذرة بين العلم والقران، http://daralijaz.com**





الشكل (3) النماذج الأربعة للذرة الذي يوضح تطور المفهوم البشري للذرة بعد التطورات المذهلة في علم الفيزياء الذرية : نموذج رذرفورد (يشبه النظام الشمسي)، نموذج نيلز بور (الحركة السريعة للألكترونات حول النواة)، وأخيراً نموذج شرويدنكر(القشور أو الأوربيتالات)

توضيح مفهوم الذرّه[11]:

هي إحدى الوحدات الأساسية لبناء المادة. فكل شيء حولنا مكون من ذرَّات. والذرَّة الواحدة بالغة الصِّغر، فهي لاتتعدى واحدًا على مليون من سُمْك شعرة . وتحتوي أصغر عيِّنة يمكن رؤيتها بمجهر عادي على ما يزيد على عشرة بلايين ذرة.

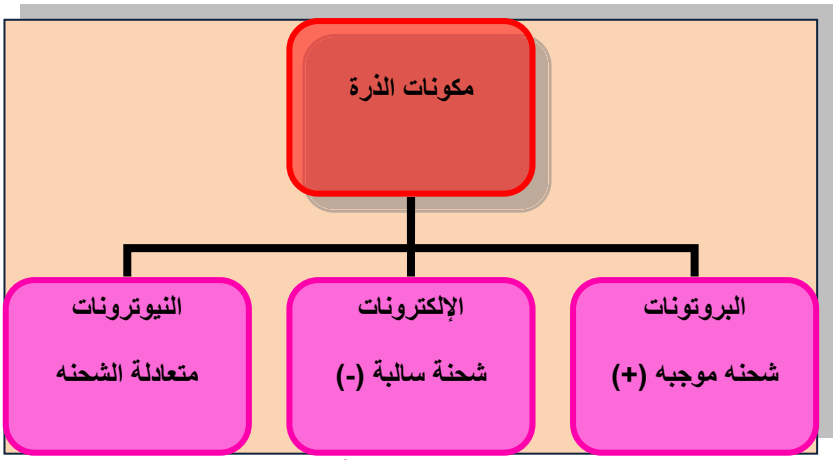
وتكوّن الذرات القوالب البنائية لأبسط المواد، وهي العناصر الكيميائية. وتشمل العناصر الشائعة (الهيدروجين والأكسجين والحديد والرصاص). ويتكون كل عنصر كيميائي من نوع أساسي واحد من الذرّات، أما المركَّبات الكيميائية، فهي مواد أكثر تعقيدًا من حيث تركيبها الكيميائي؛ إذ تتألف من نوعين أو أكثر من الذرّات مرتبطه ببعضها البعض في وحدات تُسمَّى الجزيئات. فالماء، على سبيل المثال، مركب يتكون كل جزيء منه من ذرتين من الهيدروجين مرتبطتين بذرة واحدة من الأكسجين.

[11] حسن يوسف شهاب الدين، موقع الدكتور خالد العبيدي، الذرة ومكنونها في القران الكريم، 2007

وتتفاوت الذرات كثيرًا في الوزن، ولكنها جميعًا تتساوى تقريبًا في الحجم. فذرّة اليورانيوم، على سبيل المثال، وهي أثقل الذرّات الموجودة في الطبيعة، يبلغ وزنها مائتي ضعف وزن ذرّة الهليوم الذي يُعدُّ أخف العناصر المعروفة حتى الآن. ومع ذلك فإن قطر ذرّة اليورانيوم لا يتعدى ثلاثة أمثال قطر ذرّة الهليوم تقريبًا

أجزاء الذرة

تتكون الذرة من ثلاثة أنواع أساسية من الجسيمات:



الشكل (4) مكونات الذرة

تتجمع البروتونات والنيترونات داخل النواة ، وهي منطقة صغيرة جداً بالقرب من مركز الذرة وتدور الإلكترونات بسرعات عالية خلال الفضاء الفارغ خارج نواة الذرة ، وبالرغم من ضآلة الذرّة إلا أنها تتكون من جسيمات أكثر صغراً منها. والجسيمات الثلاثة الأساسية هي كما أسلفنا (البروتونات والإلكترونات والنيترونات) ولكل ذرة عدد محدد من هذه الجسيمات الذريّة حيث تزدحم البروتونات والنيترونات داخل النواة، وهي منطقة بالغة الصغر في مركز الذرة. وعلى سبيل المثال لو كان قطر ذرة الهيدروجين يساوي ستة كيلومترات فإن النواة لا يتعدى حجمها كرة المضرب العادية. وما تبقى من حجم الذرة خارج النواة هو في أغلبه فضاء فارغ. وفي هذا الفضاء، تدور الإلكترونات حول النواة بسرعة بالغة تقطع بها بلايين الرحلات في كل جزء من المليون جزء من الثانية.

وبسبب سرعة الإلكترونات البالغة، تبدو الذرّة وكأنها جامدة، ولذلك كثيرًا ما تقارَن الذرّات بالنظام الشمسي، فتُعتبر النواة مناظرة للشمس، والإلكترونات مناظرة للكواكب التي تدور حولها. لكن هذه المقارنة ليست

صحيحة على إطلاقها. فعلى عكس الكواكب، لا تتبع الإلكترونات مسارات منتظمة مرتبة، بالإضافة إلى أن البروتونات دائمة التحرك عشوائيًا داخل **النواة.**

النواة:

تتألف النواة من البروتونات والنيترونات، وتشكل النواة تقريبا كل كتلة الذرة، والكتلة هي كميَة المادة المتركزة في الذرة، لأن كتلة البروتون تبلغ 1836م من كتلة الإلكترون، وكتلة النيترون تبلغ 1839م منه، والبروتون يحمل شحنة موجبة بينما النيترون غير مشحون والإلكترون يحمل الشحنة السالبة وبما أن عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات في الذرة المستقرة فإنها تكون متعادلة كهربائياً. والبروتونات والنيوترونات أصغر بـ 100.000 مرة تقريبًا مقارنة بوزن الذرة، ولكنها تتألف من جُسيمات أكثر صغرًا يسمى كل منها **كوارك**[12]. ويتكون كل بروتون وكل نيوترون من ثلاثة من جسيمات الكوارك. ويستطيع العلماء في المختبر جعل جسيمات الكوارك تتجمع وتكوّن أنواعًا أخرى من الجسيمات الذرية بجانب البروتونات والنيوترونات. ولكن كل هذه الجسيمات الأخرى تتفكك وتتحول إلى جُسيمات عادية في غضون ثانية واحدة، ولهذا فلا يوجد أي منها في الذرات العادية.

الكواركات هي:

جسيمات أولية وأحد المكونين الأساسيين للمادة في نظرية النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات (المكون الآخر حسب هذه النظرية هو الليبتونات) لها كتلة ولكن أبعادها صفرية، تتم مشاهدتها عند حدوث تصادم شديد بين البروتون والإلكترون. وقد أطلق موري جيلمان[13] هذا الإسم على الكوارك (منها ستة أنواع).

للكواركات جسيَمات مضادة مثل بقية الجسيَمات الأولية تدعى "كواركات مضادة"، حيث تتميز الكواركات والكواركات المضادة بأنها الجسيمات الوحيدة التي تتآثر مع بعضها بإستخدام القوى الأربع الرئيسة الموجودة في الطبيعة. تشكل الكواركات معظم الجزء الدخلي للمادة، وهي مترابطة مع بعضها بقوى شديدة. هذه القوى التي تربط الكوارك مع بعضها البعض تدرس في فرع من فروع الفيزياء يدعى الكروموديناميكا الكمية (Quantum-Chromodynamic QCD).

---

[12] www. http://ar.wikipedia.org/wiki

[13] موري جيلمان (بالإنجليزية: Murray Gell-Mann) هو فيزيائي أمريكي مولود عام 1929م، حصل عام 1969م على جائزة نوبل للفيزياء عن إنجازاته الرائدة في تعريف نموذج الكواركات للجسيمات النووية واكتشافه تناظر النكهة flavor symmetry للكواركات الخفيفة، كما حصل على قلادة ألبرت أينشتاين عام 2005م.
ولد موري جيلمان في 15 سبتمبر 1929م، ويهتم بنظرية الجسيمات الأولية ، ومن ضمنها الكواركات والنيوترينو ونظرية الأوتار

تجتمع الكواركات معاً لتشكل جسيمات مركبة تسمى هادرونات، الأكثر إستقراراً التي هي البروتونات والنيوترونات، وهي مكوَنات نواة الذرة. لا يمكن أن تظهر الكواركات بشكل مفرد حر فهي دائماً محتجزة ضمن هادرونات ثنائية (ميزونات) أو ثلاثية (باريونات) مثل البروتونات والنيوترونات، وتسمى هذه الظاهرة بالحبس اللوني (Color confinement)، لهذا السبب فمعظم المعلومات عن الكواركات تم إستخلاصها من ملاحظات الهادرونات نفسها.

أنواع الكواركات:

تنقسم إلى ثلاثة عائلات:

العائلة الأولى

1. العلوي
2. السفلي

العائلة الثانية

3. الساحر
4. الغريب

العائلة الثالثة

5. القممي
6. القعري

كل من الكوارك العلوي والسفلي له كتلة أقل من باقي الكواركات الأخرى. فالكواركات الأثقل تتحول إلى علوية وسفلية بسرعة خلال عملية تسمى اضمحلال الجسيم، حيث تتحول حالة الكتلة الأثقل إلى حالة كتلة أخف. لهذا فالكوارك العلوي والسفلي هما الأكثر استقرارا ووجودا في الكون.

في حين أن الكواركات المسماة بالساحر والغريب والقممي والقعري يتم إنتاجها فقط من خلال اصطدامات عالية الطاقة (مثل المستخدمة في الأشعة الكونية ومعجلات الجسيمات).

خصائص الكواركات:

1. الشحنة الكهربائية
2. الشحنة اللونية
3. الدوران المغزلي
4. الكتلة.

فالكواركات هي الجسيمات الأولية الوحيدة في النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات[14] التي تُظهِر جميع القوى الأساسية الأربع المسماة بالقوى الأساسية وهي قوى الكهرومغناطيسية[15] والجاذبية والقوى النووية والتآثر القوية والضعيفة، بالإضافة إلى أنها الجسيمات الوحيدة التي لا تعد شحنتها الكهربائية مضاعفات صحيحة للشحنة الأولية. ولكل كوارك جسيم مضاد، وهو نظير مطابق له، لديه نفس قدر شحنة الكوارك ولكن بشحنة معاكسة.

كان ظهور نموذج الكوارك سنة 1964م بواسطة فرضية موري جيلمان وجورج سويج[16] لشرح نماذج الهادرونات، وقد كان هناك دليل ضعيف على وجودها المادي حتى سنة 1968م. تمت ملاحظة جميع عائلات الكواركات الست في تجارب المعجلات؛ وقد كان الكوارك القمّي هو آخر ما تم اكتشافه من الكواركات وذلك سنة 1995م عندما تمت ملاحظته لأول مرة في معهد فيرميلاب.

---

[14] فيزياء الجسيمات Particle physics أحد فروع الفيزياء الذي يدرس المكونات الأولية للمادة والإشعاع، إضافة إلى التأثرات المتبادلة فيما بينهم. يدعى أيضا فيزياء الطاقة العالية، لأن العديد من الجسيمات الأولية لا تظهر تحت الشروط الطبيعية بل نستطيع مشاهدتها عن طريق تصادم collision جسيمات معهودة لنا، مثل البروتونات أو الإلكترونات ذات الطاقية العالية (سرعات عالية) فيتم تخليقها نتيجة التصادم واكتشافها. هذا ما يتم فعله في مسرعات الجزيئات particle accelerator، مثل مصادم الهدرونات الكبير

[15] القوّة الكهرومغناطيسيّة (Electromagnetic Force): القوى الكهرومغناطيسيّة هي قوى جذب أو تنافر، وتعمل بين الأجسام المشحونة كهربائيًا أو الأجسام المغناطيسيّة. هذه القوّة متناسبة من حيث المقدار مع شحنة الأجسام المتجاذبة أو المتنافرة، ومتناسبة عكسيًا مع المسافة التي تفصل بينها (علاقة تظهر بوضوح في قانون كولوم للشّحنات الكهربائيّة). عندما تكون القوّة سالبة، هذا يعني أنّ الأجسام ستتجاذب.. وعندما تكون القوّة موجبة، فهذا سيعني أنّ الأجسام ستتنافر. هذه القوى هي قوى هامّة جدًا لفهم الخصائص الكيميائيّة للذرّات

[16] جورج زفايج (بالإنجليزية: George Zweig) (ولد يوم 30 مايو 1937م في موسكو - الاتحاد السوفييتي من عائلة يهودية)، تلقى تعليمه حول فيزياء الجسيمات على يد ريتشارد فاينمان ثم بعد ذلك نقل اهتمامه إلى العلوم العصبية. وقد أمضى سنوات كعالم أبحاث في مختبر لوس ألاموس الوطني ومعهد ماساتشوستس للتقنية، ولكنه اعتبارا من سنة 2004م بدأ بالعمل في صناعة الخدمات المالية.

تخرج في جامعة ميشيغان سنة 1959م، وقد اقترح زفايج وجود الكوارك عندما كان طالب دراسات عليا بالفيزياء في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا سنة 1964م بشكل منفصل عن موري جيلمان. وقد أدرك مثل جيلمان بأنه من الممكن شرح خصائص الجسيمات مثل البروتون والنيوترون وذلك بمعاملتها على أنها ثلاثة توائم من الجسيمات الأخرى (وقد أسماها بالآس -Ace- وأسماها جيلمان الكواركات). وكما أشار عالم الفيزياء الفلكية جون جريبن، فقد استحق جيلمان بجدارة جائزة نوبل سنة 1969، وذلك لإسهاماته الشاملة والاكتشافات المتعلقة بتصنيف الجسيمات الأولية وتفاعلاتها؛ ولم يتم القبول بنظرية الكواركات بالكامل في ذلك الوقت، ولم يتم ذكرها بشكل محدد. وفي السنوات التالية، بدأت تلك النظرية تترسخ كنموذج قياسي لفيزياء الجسيمات، على الرغم من مساهمات زفايج لنظريات الفيزياء الحديثة، إلا أنه لم يتم منحه جائزة نوبل.وقد انتقل زفايج لاحقا إلى أبحاث العلوم العصبية، ودراسة تحويل الصوت إلى نبضات عصبية في قوقعة الأذن في الأذن البشرية. وخلال تلك الدراسة في الأذن، اكتشف تحويل المويجات المستمر.

الشكل (5) ست من الجسيمات في النموذج القياسي هي كواركات (تظهر باللون البنفسجي) وكل عمود من الأعمدة الثلاثة المرقمة (I و II و III) يمثل جيل للمادة.

لم يظهر دليل مباشر على وجود الكواركات حتى تم إكتشافها سنة 1968م في المختبر المسرّع الوطني (National Accelerator Laboratary – Stanford University-SLAC). فتجربة النثر غير المرن العميق (Deep Inelastic Scattering) أشارت إلى أن بالبروتون بنية داخلية فرعية، وهذا البروتون مكون من نقاط صغيرة شبيهة بالأجسام، مما يعني بأنه ليس جسيم أولي (وهذا يشرح نموذج الكوارك). وأحجم الناس عن التعرف على تلك الأجسام ككواركات، مفضلين تسمية ريتشارد فاينمان[17] لها

[17] ريتشارد فيليس فاينمان (11 مايو 1918 - 15 فبراير 1988م)، فيزيائي أمريكي معروف بإسهاماته في نظرية الكم، وفيزياء الميوعة الفائقة وفيزياء الجسيمات، وبسبب إسهاماته في الكهروديناميكا الكمية حصل على جائزة نوبل عام

بالبروتون وكان ذلك في بداية الأمر. لاحقاً تم تعريف تلك الجسيمات التي لوحظت في المختبر بأنها كواركات علوية وسفلية عندما تم اكتشاف أنواع أخرى معها.

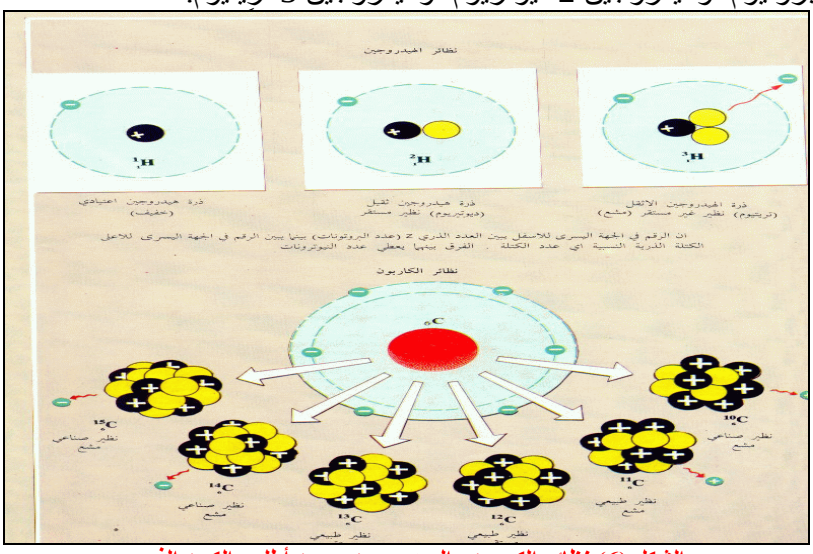
العدد الذري (z):

هو العدد الذي يمثل عدد البروتونات المحتواه في الذرة، ويساوي عدد الإلكترونات في الذرة المعتدلة كهربائيا، ويحدد هذا العدد ترتيب العنصر في الجدول الدوري.والذي ينظم العناصر المتعادلة المختلفة في مجموعات تتشابه في خواصها الكيميائية.

العدد الكتلي (A):

هو حاصل جمع عدد البروتونات وعدد النيوترونات في الذرة. وبالرغم من أن كل الذرات في عنصر ما لها نفس عدد البروتونات، إلا أنها قد تختلف في عدد النيوترونات. ويطلق على الذرات التي لها نفس عدد البروتونات وتختلف في عدد النيوترونات إسم **النظائر**.

وأغلب العناصر الموجودة في الطبيعة لها أكثر من نظير فالهيدروجين، على سبيل المثال، له ثلاثة نظائر. وتتكون النواة في أكثر نظائر الهيدروجين شيوعًا من بروتون واحد فقط. بينما تتكَون النواة في النظيرين الآخرين من نيوترون واحد أو نيوترونين بالإضافة إلى البروتون. ويستخدم العلماء العدد الكتلي للتمييز بين نظائر الهيدروجين الثلاثة لتصبح هيدروجين1،هيدروجين2، هيدروجين 3. كما يُسمون الهيدروجين 1 بروتيوم، وهيدروجين 2 ديوتريوم، وهيدروجين 3 تريثْيوم.



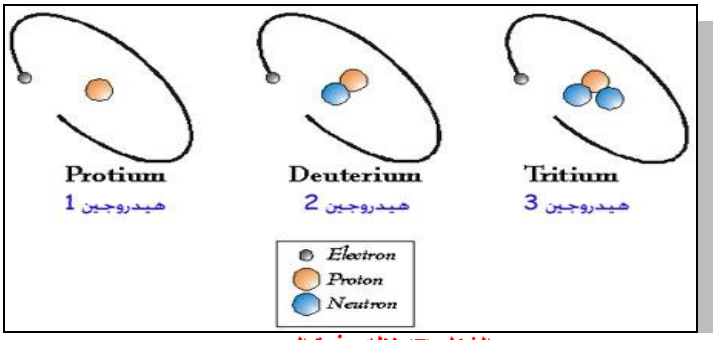
الشكل (6) نظائر الكربون والهيدروجين – عن أطلس الكون الذري

1965م بالمشاركة مع جوليان شفينجر وشينيتشيرو تومونـاغا، وساعد فاينمان في بناء القنبلة الذرية خلال مشروع مانـهاتن.

وفي أغلب العناصر الأخف، تحتوي نواة كل ذرّة على عدد متساوٍ من البروتونات والنيوترونات. بينما تحتوي نوى العناصر الأثقل على عدد من النيوترونات أكبر من عدد البروتونات. أما أثقل العناصر فتحوي ثلاثة نيوترونات لكل اثنين من البروتونات. فاليورانيوم 238، مثلاً، به 146 نيوترونًا مقابل 92 بروتونًا في كل ذرة.

ما هي النظائر[18]:

النظائر هي ذرات تحتوي أنويتها على نفس العدد من البروتونات ولكنها تختلف في عدد النيوترونات التي تحتويها. ويعني ذلك أن العدد الذري للعنصر الواحد لا يتغير في حين يتغير عدده الكتلي . ويوصف العنصر في تلك الحالة بأن له عدة نظائر . وعموماً فإن لكل عنصر عدداً من النظائر قد يصل الى خمسين نظير بالنسبة للعناصر الثقيلة .



الشكل (7) نظائر ذرة الهيدروجين

والنظائر هي ترجمة لكلمة مشتقة من اللغة اليونانية (Isotopes) أي نفس الموضع، ويدل ذلك المعنى على أن النظائر تقع في نفس المكان من الجدول الدوري للعناصر. ولنظائر العنصر نفس الخواص الكيميائية ، وعادة ما توجد العناصر الكيميائية في الطبيعة على هيئة خليط من نظائرها المتنوعة . وبعض النظائر لا توجد في الطبيعة بصفة عامة ولكنها تنتج صناعياً باستخدام المفاعلات والمعجلات النووية.

أنواع النظائر

تنقسم النظائر إلى نوعين:

1. النوع الأول يسمى بالنظائر المستقرة
2. النوع الثاني يسمى بالنظائر غير المستقرة أو النظائر المشعة

[18] http://spidey.yoo7.com

النظائر المشعّة Radioisotopes عبارة عن ذرّات غير مستقرّة ينتج عنها ويتوّلد من أنويتها جسيمات وإشعاعات معيّنة Radioactive Decay وأهمّ هذه الإشعاعات والجسيمات:

1. **جسيمات ألفا (أشّعة ألفا):**

جسيمات ألفا (Alpha particles) جسيمات مشحونة إيجابياً وهي (أنوية ذرّات عنصر الهيليوم (++HE) والمكوّنة من نيوترونين وبروتونين ، وهي أقلّ الأشكال الثلاثة إختراقاً للأجسام لا تنفذ من خلال ورقة ، وهي جسيمات ليست خطرة مالم تبتلع أو تتّصل بعدسة العين.

2. **جسيمات بيتا (أشعّة بيتا)**

جسيمات بيتا (Beta Particles) وهي عبارة عن إلكترون من كلا النوعين الإيجابي (+) أو السلبي (-)، والذي ينبعث من نواة أو نيوترون ذرّي في عملية الإشعاع ، جسيمات بيتا أكثر إختراقاً للأجسام من جسيمات ألفا لكن أقل من أشعة غاما أو الأشعة السينية.

3. **أشّعة غاما**

أشعة غاما (Gamma rays) نوع ثاقب جدا من الإشعاع النووي، مشابه لأشعّة x ، ويصدر من نواة الذرّة ، وله طول موجة أقصر.

ويبلغ عدد النظائر المستقرة حوالي 300 في حين أنه قد تم الإنتاج الصناعي لما يزيد عن 1500 نظير مشع حتى الآن ، وهناك 21 عنصراً متواجد طبيعياً في صورة نقية أي بدون أية نظائر . وتنقسم النظائر المشعة الى نظائر طبيعية موجودة في الطبيعة منذ خلقها الله سبحانه وتعالى وأخرى صناعية تمكن الإنسان من إنتاجها ليستخدمها في الأغراض المختلفة

الوزن الذري:

هو وزن الذرّة معبَّرًا عنه بوحدات الكتلة الذرية. ووحدة الكتل الذرية (u)، أو دالتون (Da) ، هي وحدة صغيرة تستخدم للتعبير عن الكتلة الذرية والكتلة الجزيئية، وهي تساوي (1/12) من كتلة ذرة الكربون(12). وهذا يعني أنها تساوي جزء من 12 جزء من ذرة الكربون 12، ومنه:

كل 1 وحدة ذرية تساوي (عدد واحد تقسيم عدد آفوجادرو من الغرام،1/NA من الغرام (حيث N_A هو عدد آفوغادرو) وتساوي (NA 1/1000) من الكيلو غرام،

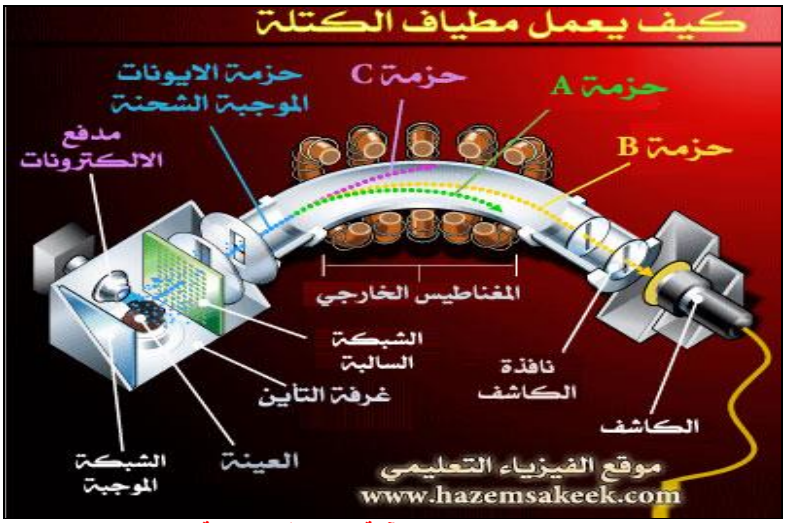
u وحدة كتل ذرية = (1.66053886X1027) كيلو جرام. وهذه الوحدة مناسبة نظرا لأن ذرة الهيدروجين تقريبا لها كتلة تساوى 1 وحدة كتل ذرية، وبصفة عامة فإن الذرة أو الجزيء الذي له " n" من البروتونات و النيترونات يكون له " n" من وحدات الكتل الذرية. (وسبب هذا أن ذرة الكربون بها 6 بروتونات، 6 نيوترونات، 6 إلكترونات، والبروتون

والنيوترون تقريبا لهما نفس الكتلة، والإلكترون كتلته مهملة). وإن كان هذا التصور تقديري نظرا لأنه لا يأخذ في الاعتبار طاقة الترابط لنويات الذرات، وكتلة طاقة الترابط هذه ليست جزء ثابت من المجموع الكلي لكتلة الذرة.

كما أن هناك سبب أخر لاستخدام وحدة الكتل الذرية وهو أنها سهلة الاستخدام في التجارب كما أنها دقيقة لمقارنة كتل الذرات والجزيئات (تحديد الكتل النسبية) أكثر منها في قياس الكتل المطلقة. ويتم مقارنة الكتل عن طريق **مطياف الكتلة** . كما أن عدد أفوجادرو (N_A) والمول يتم استخدامهم مع وحدة الكتل الذرية، ويكون المول الواحد من المادة الذي له كتلة ذرية أو جزيئية تساوى 1 وحدة كتل ذرية سيكون له كتلة تساوى 1 جرام.

ويُعيِّن العلماء الوزن الذري لعنصر متعدد النظائر بإيجاد متوسط الأوزان الذرية لهذه النظائر بنسب وجودها في الطبيعة. فيبلغ الوزن الذري لغاز الكلور، على سبيل المثال، 35، 453 دالتون. وهذه القيمة هي متوسط الوزن الذري للنظيرين كلور 35 (وزنه الذري 34، 96885) وكلور 37 (وزنه الذري 36، 96590) حسب نسبة كل منهما في الطبيعة.

مطياف الكتلة[19] Mass Spectrometer



الشكل (8) آلية عمل مطياف الكتلة

[19] كيف يعمل مطياف الكتلة، موقع الفيزياء التعليمي، 2009 www.hazemsakeek.info/magazine

هو أحد أهم التقنيات المستخدمة في الكيمياء التحليلية analytical chemistry ويصاحبه أكثر من مصطلح وهي على النحو التالي:

- **جهاز الطيف الكتلي mass spectrometry**
هو جهاز تحليل يستخدم لتعيين المركبات الكيميائية في عينة
- **مطياف الكتلة mass spectrometer**
هو جهاز دقيق يستخدم لتحليل الكتل ويمكن أن يكون بحجم صغير تضعه فوق المكتب ويمكن ان يصل حجمه إلى حجم غرفة كبيرة.
- **طيف الكتلة mass spectrum**
هي الخطوط التي تظهر على شكل منحنى بياني بارتفاعات مختلفة.
- **فني مطياف الكتلة mass spectrometrist**
هو الفني المتخصص في تشغيل جهاز الطيف الكتلي

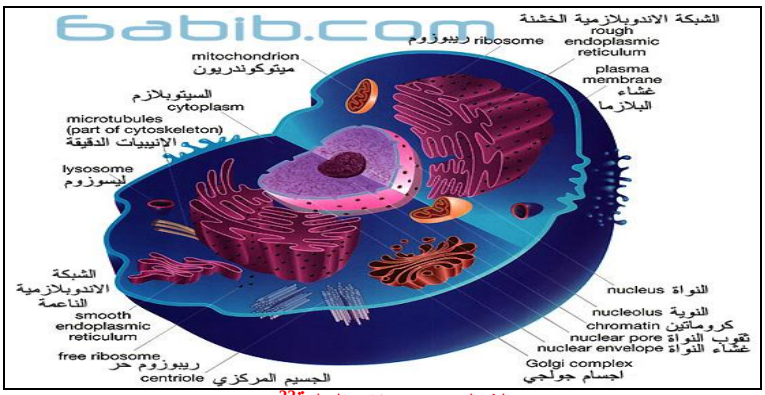
الفصل الثاني

مقدمة في علم النانو

المقدمة

قبل الدخول في تفاصيل تكنولوجيا "النانو" لكم أن تتخيلوا بأنكم ذاهبون إلى رحلة للإستمتاع بأبعاد الذرات والجزيئات والعلاقة بين هذه الأجسام المتناهية في الصغر، نعم هذا هو "النانو". وعلى الرغم من أن تقنية "النانو" حديثة نسبياً ، فإن وجود أجهزة تعمل بهذا المفهوم وتراكيب ذات أبعاد نانوية ليست بالأمر الجديد، والواقع أن وجودها يعود إلى عمر الأرض وبدء الحياة فيها. حيث من المعروف أن الأنظمة البيولوجية في الجسم الحي تقوم بتصنيع بعض الأجهزة الصغيرة جداً والتي تصل إلى حدود مقياس "النانو". فالخلايا الحية تعد مثالاً مهما لتقنية "النانو" الطبيعية، حيث تُعد الخلية مستودعا لعدد كبير من الآلات البيولوجية بحجم "النانو" ويتم تصنيع البروتينات داخلها على شكل خطوط مجتمعة بحجم "النانو" تسمى ريبوزومات[20] ثم يتم تشكيلها بواسطة جهاز نانوي آخر يسمى جولجي[21].

بل أن **الأنزيمات** هي بنفسها تعد آلة نانوية تقوم بفصل الجزيئات أو جمعها حسب حاجة الخلية. وبالتالي فيمكن للآلات النانوية المصنعة أن تتفاعل معها وتؤدي الهدف المنشود مثل تحليل محتويات الخلية ، إيصال الدواء إليها أو إبادتها عندما تصبح مؤذية.



الشكل (9) مكونات الخلية[22]

---

[20] د.محمد بن صالح الصالحي ، استاذ جامعة الملك سعود- قسم الفيزياء والفلك ، الرياض، تقنية النانو

[21] جهاز جولجي هو عبارة عن جسم يقع قرب الشبكية الداخلية الناعمة ، وقد سمي باسم العالم الايطالي الذي اكتشفه وهو **Camillo Golgi** ويظهر تحت المجهر الضوئي على هيئة منطقة غامقة اللون في السيتوبلازم ، أما تحت المجهر الإلكتروني فيظهر على هيئة مجموعات من الفجوات المنبسطة التي تتصل بالشبكية الداخلية الناعمة بواسطة عدد من الحويصلات المحتوية على حبيبات افرازية ، ويختلف في مظهره من خلية لأخرى ، وفي العادة يحيط جهاز جولجي بأحد أطراف النواة ، وفجواته السطحية (العلوية) منتفخة ودائرية ، أما السفلية فمنبسطة وناعمة وغشاؤها ثنائي الجدار ، ويبدو أن الوظيفة الاساسية لهذا الجهاز هي الافراز وانتاج المواد داخل الخلية ، وذلك بسبب وجود الحبيبات الافرازية الملتصقة به ، وقد يكون ذو وظيفة افرازية عالية كما في خلية **Goblet** في الامعاء وفي الخلية العنبية **Acinar** في البنكرياس . وقد تم التأكد من هذه الوظيفة بواسطة التصوير بالمواد الملونة ، فإفراز الخلية كله عبارة عن جليكو بروتين **Protein – Glyco** أي بروتين متحد مع السكريات ومن ثم تغادر الخلية . وهكذا فإن جهاز جولجي يشكل الممر الاجباري لجميع المواد التي تفرزها الخلية . ويتم هذا الافراغ عن طريق الحويصلات الواصلة بين الجهاز وسطح الخلية . وهكذا يمكن أن نلخص وظيفة جهاز جولجي على أنها إضافة السكريات للبروتينات وتكوين المركب النهائي ثم طرح هذا المركب خارج الخلية عبر الحويصلات الواصلة مع السطح .

[22] www.tbeeb.net

الريبوزومات[23] Ribosomes

جسيمات بيضاوية الشكل تتكون من نوع خاص من البروتين Ribo-nucleoprotein مسؤولة عن تخليق البروتين داخل الخلية الذى يعد حجر البناء الأول لكل كائن حي وتتكون الريبوزومات أساسا داخل نواة الخلية ثم تهاجر من خلال ثقوب جدار النواة إلى سائل الخلية (السيتوبلازم) حيث يسبح بعضها في صورة حرة Free Ribosomes ويزداد عدد هذه الريبوزومات الحرة في حالة نمو الخلية أو في أنواع الخلايا الإفرازية Secretory Cells التي تنتج نوع معين من الإفرازات كالهرمونات والإنزيمات كما يزداد عدد الريبوزومات الحرة في الخلايا السرطانية وأثناء عملية انقسام الخلية أما البعض الآخر من هذه الريبوزومات فيتراكم على الشبكة الإندوبلازمية الموجودة في السيتوبلازم Ribosomal RNA.

وهي حبيبات ذات ملمس خشن شكلها شبكي خيطي ، ويتراوح حجمها ما بين 100 – 200 انغستروم وتلتصق بالسطح الداخلي للغشاء السيتوبلازمي أو على سطح الشبكية الداخلية الخشنة وقد سمَيت بهذا الإسم (ريبوزوم) لأنها تتألف من إتحاد حامض ريبونوكلييك مع البروتين Ribonucleic (RNA + Protein) وتوجد بكميات قليلة حرة في السيتوبلازم وفي الحبيبات الخيطية (الميتوكوندريا) ويبلغ عدد هذه الريبوزومات في الخلية الواحدة بضعة آلاف ، وهي تلعب دوراً مهماً في صنع وإنتاج البروتينات التي تشكل إفرازات الخلية.

وفى الخلايا العصبية خاصة توجد الريبوزومات بشكل يعرف بأجسام نسل Nissel Bodies وهى تكوينات منظمة من الشبكة الإندوبلازمية المحببة وريبوزومات حرة وظيفتها إنتاج البروتين الذي يلزم من الناحية البنائية ووظيفة توصيل النبضات العصبية في الخلية ولوحظ أنه بعدما يتلف أو يجرح أكسون الخلية العصبية بوقت قصير يظهر في جسم الخلية ما يسمى بخفوت لون أجسام نسل Chromatolysis الذي كان يعتبر دليلاً على تقدم التلف نحو جسم الخلية مترجعا ولكنه يعتبر الآن مظهراً من مظاهر زيادة إنتاج البروتين بعد حدوث الإصابة في محاولة من تلك الخلية لإصلاح التلف.

والبروتين المخلَق بواسطة الريبوزومات الحرة يستخدم في عملية بناء الخلية بينما يستخدم بروتين ريبوزومات الشبكة الإندوبلازمية في بناء الهرمونات والإنزيمات التي تفرزها الخلية.

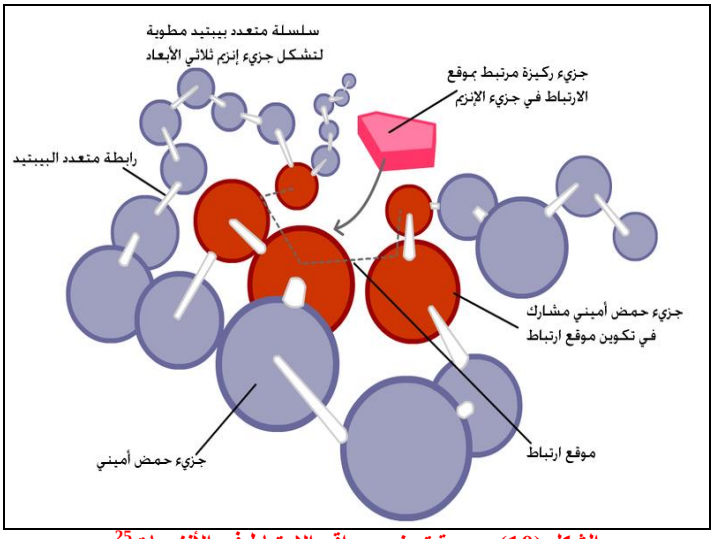
---

[23] http://husam4.ahlamontada.com

الإنزيم[24] Enzyme

هو عامل مساعد ذو تركيب بروتيني عالي الوزن الجزيئي ، وكغيره من البروتينات يتألف الإنزيم من إتحاد عدد كبير من الأحماض الأمينية تكّون فيما بينها سلسلة أو أكثر من عديد الببتيد، وتوجد الأحماض الأمينية في هذه السلاسل وفق تتابع معين خاص بكل إنزيم مما يؤدي في النهاية إلى تركيب فراغي محدد يمكّن الإنزيم من القدرة على تسريع حدوث تفاعل خاص به.

وتتشابه الإنزيمات في فعلها مع العوامل المساعدة الكيميائية الأخرى إذ أنها تشارك في التفاعل دون أن تتغير بنتيجته ، أي أنها تعود في نهاية التفاعل إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه قبل بدء التفاعل ، لكنها تمتاز عن العوامل المساعدة الأخرى بكفاءتها العالية ، فللإنزيمات قدرة فائقة على تسريع التفاعلات الكيميائية حتى في الظروف المعتدلة من تركيز أيون الهيدروجين و درجة الحرارة ، كما تمتاز عن العوامل المساعدة الأخرى بالدرجة العالية من التخصص التي تتمتع بها حيال المادة المتفاعلة و نوع التفاعل. فكل إنزيم يختص بمادة متفاعلة واحدة يطلق عليها المادة الهدف Substrate ، وقد يختص الإنزيم بمجموعة محددة من المواد المتشابهة في التركيب . والأمثلة على اختلاف الإنزيمات باختلاف المادة الهدف عديدة يذكر منها تميؤ الرابطة الجليكوسيدية أو الرابطة الاسترية أو الرابطة الببتيدية في جزيئات الكربوهيدرات والدهون والبروتين على التوالي .

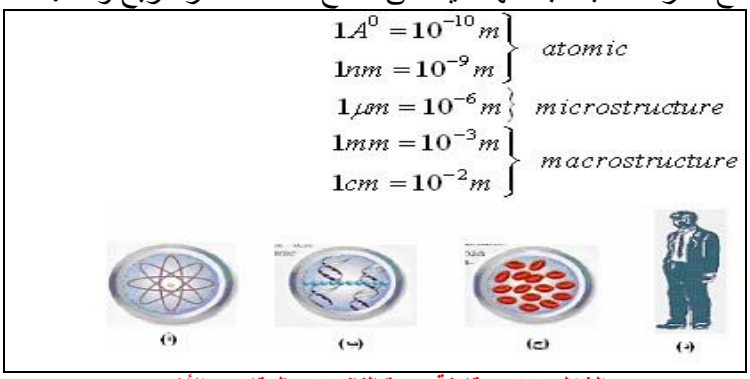


الشكل (10) صورة توضح مواقع الارتباط في الأنزيمات[25]

[24] رامي النواب، الإنزيمات، شبكة العلوم العربية، شعبة الأحياء، http://bio.olom.info/enzymes1

[25] www.ar.wikipedia.org.

ويصف توماس كيني من جامعة ستانفورد حجم "النانو" بأمثلة كثيرة، مثل كونه يشبه عرض الحمض النووي منقوص الأوكسجين DNA أو بحجم عشر ذرات هيدروجين، أو معدّل نموّ ظفر الإنسان في ثانية واحدة، أو ارتفاع قطرة ماء بعد بسطها كليّا على سطح مساحته متر مربّع واحد.



الشكل (11) مقارنة وحدة النانومتر بالمقاييس الأخرى

الشكل أعلاه يمثل[26]:

1. قطر الذرة يبلغ عدة إنغستروومات (عشرات من النانومتر)
2. اتساع جزيئات الDNA حوالى 2.5 نانومتر
3. الخلية الحيوية (كرات الدم الحمراء) يبلغ قطرها آلاف النانومترات
4. شخص طوله متران ، يمثل 2 مليار نانومتر.

وقد يجد القارئ العادى غير المتخصص تناقضاً فى تعريف تقنية "النانو" ، ولكن الأهم فيها أنها منظومة ظاهرة فى جميع مناحى حياتنا اليومية ، فعندما يهاجم فيروس ما جسم الإنسان، فبالطبع لا يمكن قتله بأى آلة حادة، ولكن لابد أن نبحث عن آلة صغيرة جداً تهاجم الفيروس، فالنانو هي التقنية التي تصنع هذه الآلة الدقيقة.

ويستخدم مصطلح "النانو" تكنولوجي بمعنى تقنية المواد المُتناهية في الصغر أو التكنولوجيا المجهرية الدّقيقة أو تكنولوجيا المنمنمات، والتي تهتَم بدراسة معالجة المادة على المقياس الذري والجزيئي، وفي العادة، يختصّ بالمواد المطوّرَة أو الأجهزة أو التطبيقات أو الظواهر على مستوى المقياس من 1 إلى 100 نانومتر، وعن طريق تغيَر العلاقة بين الذرات والجزئيات بإستخدام معدات وآلات وروبوتات من نفس مقاييس هذه الذرات نستطيع الحصول على مادة بمواصفات أخرى أكثر فائدة ، فمثلاً مواد خاملة مثل البلاتين يمكن أن تصبح محفزات، ومواد مصمته مثل النحاس يمكن أن تصبح شفافة، ومواد صلبة مثل الذهب يمكن أن تتحول إلى مادة سائلة في

[26] د.محمود محمد سليم صالح ،أستاذ مشارك بقسم العلوم الطبيعية والتطبيقية، كلية المجتمع بالأفلاج والباحث فى تقنية النانو، تقنية النانو وعصر علمي جديد، www.knol.com

درجة حرارة الغرفة، مواد عازلة مثل السليكون يمكن أن تتحول إلى مواد موصلة. وبإختصار نستطيع القول أن "النانو" هو مقدرة الإنسان على تصنيع المادة والأجهزة والأنظمة عند مقياس "النانو" ومقياس "النانو" هو واحد من المليار من المتر. وأساس هذه التقنية هو إنتاج أشياء جديدة من مكونات المادة الأساسية وبما أن كل المواد هي عبارة عن ذرات متراصة وفق ترتيب معين فإننا نستطيع أخذ ذرة ووضعها إلى جانب أخرى بطريقة مختلفة عما هما عليه في الأصل مما ينتج مادة جديدة بخواص كيميائية مختلفة كليا[27]. **وبناءاً على ما تقدم فلا بد من معرفة المفاهيم التالية[28]:**

مقياس "النانو": ويشمل الأبعاد التي يبلغ طولها نانومترا واحدا إلى 100 نانو متر هو واحد من المليار من المتر، بمعنى لو قسمنا المتر إلى ألف قسم لحصلنا على المليمتر ولو قسمنا المليمتر إلى ألف قسم لحصلنا على المايكرومتر ولو قسمنا المايكرومتر إلى ألف قسم فسوف نحصل على النانومتر وهو بمثابة أن يأخذ الإنسان شعرة من رأسه وينظر إليها ويتخيل أنه يستطيع أن يقلّص قطرها ثمانين ألف مرة، فهذا هو مقياس النانومتر وتعتبر أدق وِحدة قياس مترية عُرِفت حتى الآن، وهي تعادل عشرة أضعاف وِحدة القياس الذرّي "الأنغستروم". وعلى سبيل المثال، فإن حجم "النانو" أصغر بحوالي 2.5 مرّة من قُطر شريط الحمض النووي "DNA" و5 مرّات من قطر جزء البروتين و7 آلاف مرّة من قطر خلايا الدم الحمراء و80 ألف مرة من قطر شعرة إنسان[29].

علم "النانو" هو مقدرة الإنسان على تصنيع المادة والأجهزة والأنظمة عند مقياس "النانو" وهو دراسة خواص الجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز مقاييسها الـ100 نانو متر.

تقنية "النانو": هو تطبيق لهذه العلوم وهندستها لإنتاج مخترعات مفيدة.

مواد "النانو": كلما تناهت المادة في الصغر ودقت وتراوحت بين (1-100 نانومتر) وجرى عليها البحث والتطوير لإستخدامها في تطبيقات عملية في الحياة سمّيت مواد "النانو" إن هذه التقنية تبشر بقفزة هائلة في جميع فروع العلوم والهندسة وكافة 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.

---

[27] د. محمد صبري عبد المطلب،مخاطر النانو تنبع من سوء استغلال هذه التقنية، http://arabic.rt.com

[28] http://ar.wikipedia.org

[29] التقنية النانوية بين الكفاءة والمخاطر (طوماس كيرن - Thomas Kern) (swissinfo.ch) بقلم ستيفانيا سومَرماتر - swissinfo.ch

ليست القوانين الفيزيائية، وإنما ميكانيكا الكم، هي التي تحكُم خصائص المواد النانوية، وقد تختلف الخصائص الفيزيائية والكيميائية للجُسيمات مُتناهية الصغر، كاللَون والذوبان والمتانة والتفاعل الكيميائي عنها، في الجسيَمات الأكبر حجماً من نفس المادة

لقد أكتشف العلماء مدى أهمية الحجم بالنسبة لمقياس "النانو" ، فجسيمات "النانو" توجد بحجم الذرات المنفردة، أي بحوالي 0.1 نانومتر عرضاً. فمثلا، يعادل واحد نانومتر عشر ذرات هيدروجين كاملة .

الجدول رقم (1) يوضح أهم المعطيات العلمية بالمقاييس المترية[30]

البادئة المترية	مضاعفات العشرة	العدد بالارقام	العدد بالحروف
إكزا	10X18	**1,000,000,000,000,000,000**	كونتيليون
بيتا	10x15	**1,000,000,000,000,000**	الف كوادريليون
تيرا	10x12	**1,000,000,000,000**	تريليون
جيجا	10x9	**1,000,000,000**	مليار
ميجا	10x6	**1,000,000**	مليون
كيلو	10x3	**1,000**	الف
	10	**1**	
مللي	10x-3	**1/1000**	جزء من الالف
ميكرو	10x-6	**1/1,000,000**	جزء من المليون
نانو	10x-9	**1/1,000,000,000**	جزء من المليار
بيكو	10x-12	**1/1,000,000,000,000**	جزء من التريليون
فمتو	10x-15	**1/1,000,000,000,000,000**	جزء من الكوادريليون
اتو	10x-18	**1/1,000,000,000,000,000,000**	جزء من الكونتليون

[30] ليندا ويليامز، د.واد آدمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008 ص.46

وترجع أهمية الحجم إلى إختلاف خصائص المواد متناهية الصغر عن خصائص المواد كبيرة الحجم لسببين هما:

1. أن جسيمات "النانو" تتميز بمساحة سطح أكبر من مساحة سطح الأجسام الكبيرة بالنسبة لحجم كل وحدة.
2. كلما تضاءل حجم الجسيمات ، تغيرت خصائصها المغناطيسية والبصرية والكهربية بدرجة كبيرة جدا.

كما أن الحجم يؤثر على خواص أخرى مثل اللون. فجسيمات "النانو" متباينة الأحجام والأشكال وتتميز بألوان عديدة ومتنوعة.

في هذا الفصل سأحاول أن أسلط الضوء على كل ما يتعلق بهذه التكنولوجيا وإستخداماتها وكيف بدأت ومن مكتشفها وما هي التقنيات المرتبطة بها وأيضاً سأتحدث عن آثار تطبيق تكنولوجيا "النانو" من عدة زوايا من حيث فرص الإستثمار والمنتجات والمخاطر والإجراءات العامة وأثرها على المستوى العالمي.

تاريخ تقنية "النانو"

لا يمكن تحديد عصر أو حقبة معينة لبروز تقنية "النانو"، كما أنه ليس من المعروف بداية إستخدام الإنسان للمادة ذات الحجم النانوي، لكن من المعلوم أن أحد المقتنيات الزجاجية وهو كأس الملك الروماني لايكورجوس (Lycurgus) في القرن الرابع الميلادي الموجود في المتحف البريطاني يحتوي على جسيمات ذهب وفضة نانوية، حيث يتغير لون الكأس من الأخضر إلى الأحمر الغامق عندما يوضع فيه مصدر ضوئي. وقد وجد الباحثون وعلماء الآثار أن بعض الشعوب القديمة أستخدمت مواد "النانو" قبل أكثر من ألف سنة حبيبات الذهب بأبعاد "النانو" كطلاء الأواني للحصول على لون أحمر لهذه الأواني مثل الصينيون.

الشكل (12) كأس الملك الروماني لايكورجوس[31]

[31] http://rs.ksu.edu.sa

وكذلك أعتمدت تقنية التصوير الفوتوغرافي منذ القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين على إنتاج فيلم أو غشاء مصنوع من جسيمات فضية نانوية حسّاسة للضوء. ولكن من الواضح أن من أوائل الناس الذين أستخدموا هذه التقنية (بدون أن يدركوا ماهيتها) هم العرب والمسلمون حيث كانت السيوف الدمشقية المعروفة بالمتانة يدخل في تركيبها مواد نانوية تعطيها صلابة ميكانيكية، فسيف صلاح الدين الأيوبي! كان سيف نانو أصلي ! أثناء بحثي في مختلف الأوراق والأبحاث والمواقع عن كل ما يتعلق بتكنولوجيا **"النانو"**[32] قرأت بأن سيف صلاح الدين الأيوبي كان معروفًا ومشهورًا بقطع سيوف الأعداء وليس رقابهم فقط! وإليكم التفاصيل :

أولا الأمر ليس مبالغة بل إنه حقيقة فالسيف الدمشقي كان سر من أسرار دولة صلاح الدين الأيوبي التي هزم بها الصليبيين. وقد أكتشف سر هذا السيف بعد قرون طويله وليس هذا فحسب، إنما ذهب العلماء أن المسلمين هم أول من أستخدموا علم "النانو" تكنولوجي بصناعة هذا السيف ومعاً لنتعمق في ما يميز السيف الدمشقي .

شكّل السيف الدمشقي[33] عبر القرون الماضية لغزاً مستعصياً علي الحل في الصناعة الحربية، إذ رويت عنه الأساطير وقيل أن الشعرة كانت تنشطر إلي نصفين لدي سقوطها علي نصله، وأنه كان من عوامل إنتصار "صلاح الدين الأيوبي" علي الصليبيين في المعارك التي خاضها ضدهم، وأن القادة الأوروبيين كانوا يرسلون التجار إلي دمشق لشراء تلك السيوف المميزة وبأغلي الأثمان للتباهي بها، وإستخدامها في المبارزات وفي المعارك الهامة. وروي أن الاسكندر الأكبر ما كان ليقطع عقدة "غورديان" لو لم يمتلك سيفاً دمشقياً، ورغم محاولة الحرفيين الغربيين تقليده عبر العصور فإن صناعته ظلت لغزاً حتي يومنا هذا.

أمتازت السيوف الدمشقية عن غيرها بظاهرة فنَية عرفت بأسم "جوهر السيف" أو "فرنده"، وللجوهر أسماء منها "الدمشقي" أو "الشامي"، وله أشكال عديدة تظهر علي النصال وتشاهد له تموَجات وبقع، ومن أهم خصائص الجوهر الدمشقي أنه يمتاز بأشكال البقعة المحكمة كتموجات رائعة، كما يمتاز بإشراق له مائل إلي البياض مع عدم قابليته للصدأ كسائر أنواع الجوهر، كما يمتاز بلينه ولدانته وثباته فالجوهر الدمشقي إذا طرق نصله وأعيد تحضيره وظهر فيه الجوهر

---

[32] http://www.kenanonline.com

[33] تحدث السيد فياض سليمان السيوفي أحد أشهر صناع السيوف الدمشقية والذي كان قد توارث المهنة على مدى عدة أجيال في العائلة نفسها قائلاً: «إن عائلته هي الآن الوحيدة التي تصنع السيوف وتقوم بتنزيل الذهب والفضة عليها، ولانعلمها إلا لأولادنا حتى تبقى معزوزة، والسيف الدمشقي كان سيف القادة والأمراء ومن هنا وصلت شهرته إلى العالم وهو سيف فعال جداً وقاطع لأنه مزيج من معدنين: طري وقاس جداً متحدان معاً، مبنياً إن سعر السيف يفوق الـ 300 ألف ليرة سورية، ويزيد سعره بحسب الزينة التي تضاف إليه، حيث اشتهر صناع السيوف الدمشقي إلى جانب صُناع الديباج والزجاج والفولاذ الدمشقي بترصيع وتعشيق ونقش السيوف، مستعملاً لذلك الذهب والفضة والأحجار الكريمة إضافة إلى النحاس والرصاص والحديد

الشكل (13) السيف الدمشقي

أين السر[34]؟

بعد سبعة قرون من الحيرة والإختبارات الفاشلة، نجح عالمان أمريكيان من جامعة ستانفورد في الولايات المتحدة الأمريكية في التوصل إلي معرفة سر السيف العربي بعد أن بذلا جهداً مضنياً خلال ما لا يقل عن ست سنوات في المختبرات، فما هي ميزات ذلك السيف؟

بدأ العالمان الأمريكيان اختباراتهما بالبحث عن سر المرونة الفائقة في السبائك المعدنية وكيفية تحقيقها في الفولاذ بشكل خاص ، العالم الأول هو "أوليغ شيربي" الذي يعمل أستاذاً في علم المعادن والهندسة في جامعة ستانفورد، والثاني هو "هيفري وادسورث" ويعمل في مختبرات شركة "لوكهيد" للصناعة الحربية في بالوالتو. اتبع "وادسورث وشربي" أسلوباً حقق لهما الغرض المطلوب في فك هذا اللغز، إذ قاما بتقليب المعدن المسّخن وهو في حرارة "2050 فهرنهايت" بصورة مستمرة، وعمدا في تلك الأثناء إلي خفض حرارته إلي درجة "1200 ف" وحافظا علي تلك الحرارة خلال عملية تشكيله. وهذه العملية تشبه كثيراً عملية صنع الخزف الذي يعجن وهو يلف بصورة مستمرة.

وبعد أن عرض هذه الإنجاز علي مجموعة من العلماء صاح أحدهم: أن هذا الذي صنعه العالمان هو الفولاذ الدمشقي بالتحديد، وبعد مقارنة المعدنين ببعضهما لوحظ تطابق شديد بينهما مع فارق واحد هو أن المعدن الجديد صنع بواسطة الآلات بينما الأول صنع علي يد الحداد الدمشقي بالطرق العادية.!!.

* باحثون ألمان: صانعو السيوف المسلمين كانوا يستخدمون شكلاً من أشكال "النانو" تكنولوجي:

[34] http//www.kenanonline.com

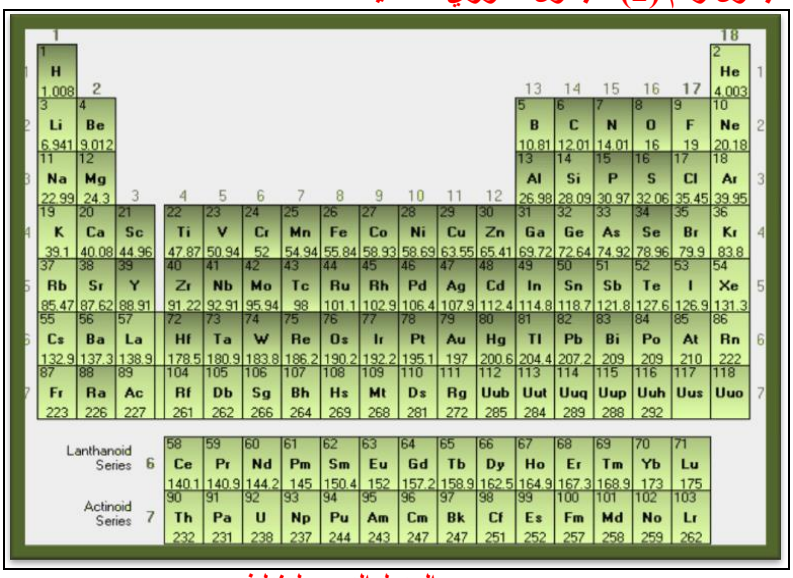
أعلن "بيتر بوفلر" الباحث بالجامعة التكنولوجية بمدينة دريسدن الألمانية أن الفريق البحثي قد اكتشف عند تحليله لواحد من شفرات السيوف الدمشقية دقيقة التكوين عن وجود آثار لأنابيب متناهية الصغر عبارة عن اسطوانات دقيقة من الكربون ذات مواصفات خاصة. وفقًا لما ورد عن جريدة "القبس الإلكترونية" وأضاف "بوقلر" أن تلك الأنابيب متناهية الصغر المصنوعة من الكربون صارت اليوم قمة تكنولوجيا "النانو" أو علم المواد متناهية الصغر، كما وجدت بقايا الأسلاك متناهية في الصغر' من الكربيد، هذه الأسلاك المصنوعة من مادة شديدة الصلابة ربما أحتوت داخلها على أنابيب متناهية الصغر من الكربون وهي التي أعطت السلاح قوته غير الطبيعية وشكله الآخاذ، وأشار إلى أن الحدادين قد أستطاعوا من خلال تطوير معالجة الشفرة لأقصى حد ممكن، عمل أنابيب متناهية في الصغر قبل أكثر من 400 سنة، مما يمَكن للعلماء بمزيد من الدراسة لتركيبة السيف القدرة على إعادة إنتاج هذه الوصفة التي طال نسيانها للصلب الدمشقي، والتي ظلت الكيفية التي تمكن بها حدادو العصور الوسطى من التغلب على ضعف المادة الصلبة لإخراج هذا المنتج النهائي القوي سرًا من الأسرار حتى الآن. كما كان صانعوا الزجاج في العصور الوسطى يستخدمون حبيبات الذهب النانوية الغروية للتلوين[35].

مفهوم المواد والعناصر:

قبل التحدَث والتوسَع عن "النانو" ومفهومها وبداياتها ارتأيت أن أتحدث قليلاً عن المواد والعناصر حيث أن كل شيء في الكون المحسوس يتكون من مادة. ومعنى المحسوس أنة يمكننا الاستدلال علية من خلال طريقة مباشرة مثل الحواس الخمسة أو من خلال طريقة غير مباشرة كأن نستخدم آلة أو جهاز للاستدلال علية مثل الأشعو والموجات هي أيضا مواد وحتى يصبح الكلام دقيقا وعلميا فإن المواد والموجات هما وجهان لعملة واحدة. والعملة هي الأجسام وإذا كان هذا الجسم صغيرا جدا فأنة يسمى جسيم وأي جسم يتكون من عنصر أو من مجموعة عناصر وهى عناصر الجدول الدوري الذي وضعة العالم مندليف والموضح أدناه.

[35] د.محمد بن صالح الصالحي ، استاذ جامعة الملك سعود- قسم الفيزياء والفلك ، الرياض، تقنية النانو

الجدول رقم (2) الجدول الدوري لمنديليف

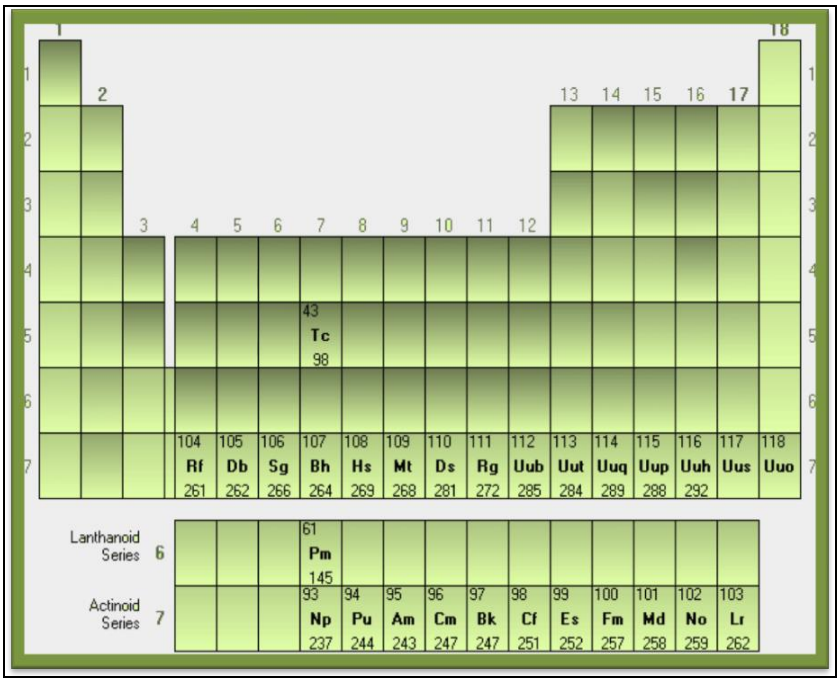


الجدول الدوري لمنديليف

إذن كل الأجسام لا تخرج مكوناتها عن هذا الجدول وعدد عناصره 118عنصر، العنصر الأول هو الهيدروجين H ورقمه الذرى 1 والعنصر الأخير هو Ununoctium أنكتيوم Uuo وهو عنصر لم يتم اكتشافه حتى الآن ولكن تم وضعة في الجدول افتراضيا وأخر عنصر مكتشف هو Roentgenium رونتجنيوم Rg ورقمه الذرى 111 وتم تسميته كذلك نسبة لعالم الطبيعة رونتجن مكتشف أشعة أكس.

كافة عناصر الجدول الدوري لا تخرج عن كونها أحد ثلاثة أشياء:-

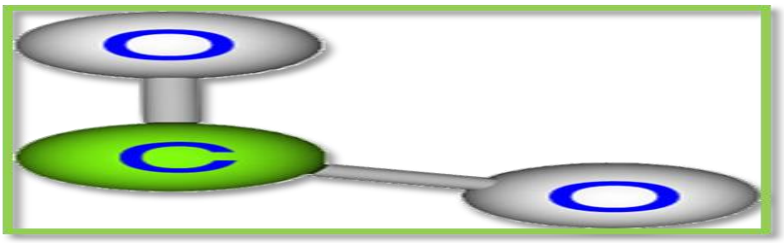
الغازات: غازات	الهيدروجين(H)- النيتروجين(N) – الأكسجين(O) – الفلور(F) – الكلور(C)
غازات خاملة	الهيليوم(He)-النيون(Ne)-الأرجون(Ar)-الكريبتون(Kr)-الزينون(Xe)-الرادون(Rn)
السوائل	البروم(Br) – الزئبق(Hg) – اليود(I)
مواد صلبة	باقي العناصر في الجدول الدوري هي عناصر تتواجد في الحالة الصلبة وكافة عناصر الجدول الدوري توجد في الطبيعة فيما عدا العناصر في الجدول أدناه



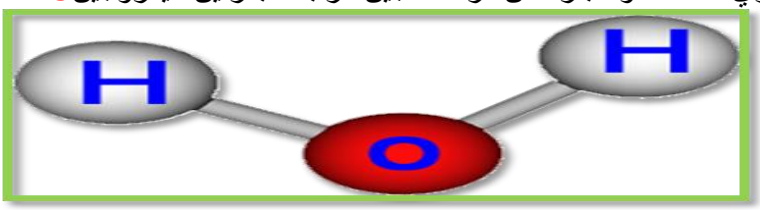
وهذه العناصر يتم الحصول عليها أثناء التفاعلات الكيميائية ولكن هذا لا ينفى كونها موجودة في الطبيعة فقد تكون موجودة في مكان ما من الكون الشاسع ضمن مكونات تربة أحد الكواكب أو النجوم في المجرات التي يعج بها الكون وتوجد أيضا مواد أخرى ولكنها ليست عناصر.

أمثلة للتوضيح

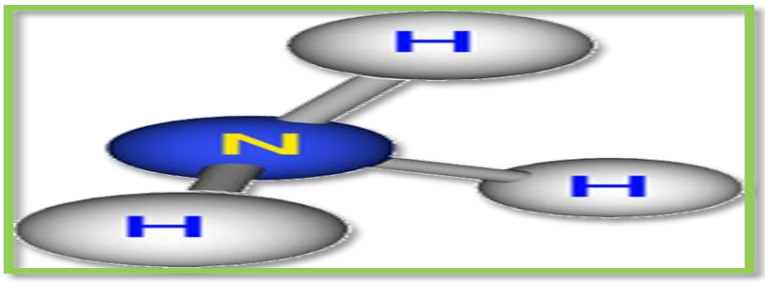
غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 هو مادة تتكون من عنصري الكربون والأكسجين والجزيء الواحد يتكون من ذرة كربون مرتبطة بذرتين من الأكسجين



جزيء الماء هو عبارة عن ذرة أكسجين مرتبطة بذرتين هيدروجينH_2O



جزيء النشادر NH_3 ما هو إلا ذرة نيتروجين مرتبطة بعدد 3 ذرات هيدروجين



هذه المواد تسمى مُركبات وعليه فإن غاز ثاني أكسيد الكربون هو مركب من مركبات الكربون والماء من مركبات الأكسجين والنشادر مركب من مركبات النيتروجين ولكن هناك ملحوظة في غاية الأهمية وهى في المثال الأول نجد أن ثاني أكسيد الكربون غاز وهو مكون من ذرة كربون الذي هو مادة صلبة والأكسجين الذي هو غاز.

لماذا كان ناتج الارتباط بينهما غازا وليس مادة صلبة؟

في المثال الثاني حدث شيء غريب وهو عند ارتباط الأكسجين مع الهيدروجين وهما غازان نتج شيء غير متوقع وهو الماء وهو سائل. لماذا كان الناتج سائلا هذه المرة؟

أما المثال الثالث فقد ارتبط غازان وهم النيتروجين والهيدروجين وكان الناتج غازا أيضا لماذا حدث هذا وكيف حدث وما الفائدة من معرفة السبب؟

ما هو السبب في صلابة العناصر والمركبات ولماذا الغازات غازات والسوائل سوائل؟ لا أريد أن أتعمق معكم في الفيزياء ولكن باختصار فإنه يرجع السبب في ذلك إلى الرابطة التي تربط كل ذرة بأخرى ليس هذا فقط بل والزاوية بين كل رابط!! هل معنى ذلك بأننا مثلا لو قمنا بتغيير قيمة هذه الروابط ستتغير خواص المادة؟ لو استطعنا ذلك لتغيرت خواص هذه المواد بالفعل ومع تغيير الخواص ستصبح المادة الأقل صلابة أكثر صلابة

ملحوظة

تم بالفعل تغيير خواص بعض المواد للدرجة التي جعلت خيط من الكربون سمكة 1 ملليمتر يتحمل وزناً مقداره 1031 كيلوجرام هذه النقطة بالذات ليست جديدة على الكربون فالكربون الهش الذي يمكن كسرة باليد بسهولة هو نفسه مادة الالماس شديد الصلابة، يمكننا أيضا تعديل خواص أخرى كأن تصبح المادة الغير موصلة للتيار الكهربائي شبة موصلة مثلاً

لقد تحدثنا بأن المادة تتكون من عنصر أو مجموعة عناصر أو مركبات لهذه العناصر والعناصر تم وضعها في جدول يسمى بالجدول الدوري لمندليف ولكل عنصر خواصه التي تميزه عن العناصر الأخرى وهذه الخواص تشمل اللون والكثافة والصلابة ...الخ . وأيضا توجد خواص أخرى للعناصر لا يمكننا معرفتها بمجرد النظر لهذه العناصر مثل الخواص الكهربية فالعناصر إما عديمة التوصيل للتيار الكهربي أو موصلة للتيار أو شبة موصلة للتيار والخواص المغناطيسية فبعض العناصر ينجذب إلى المغناطيس والآخر لا ينجذب والخواص الإشعاعية فبعض العناصر لها نشاط إشعاعي والآخر لا يوجد له نشاط إشعاعي وأيضا درجة الانصهار
ولكن لماذا الذهب أصفر اللون والفضة بيضاء؟

كيف أصبح الكربون هش وسهل الكسر بينما التيتانيوم خفيف الوزن وشديد الصلابة؟ ما هو السبب في تباين الخواص للعناصر واختلافها إلى هذه الدرجة؟ السبب هو أن ذرة الألمونيوم تختلف في تركيبها عن ذرة النحاس وذرة الهيدروجين ليست هي نفسها ذرة الحديد، إذن نستطيع القول بأن التركيب الذري للعنصر هما السبب في الاختلاف.

إن العناصر التي يتركب منها جسم الإنسان أو أي كائن حي أو جماد أو سائل تتألف من ذرات وتتحد تلك الذرات مع بعضها البعض لتكون جزيئات ومن الجزيئات تتألف العناصر. وتعتبر الذرة أصغر جزء من المادة، فهي تتركب من جسيمات أقل وزنا منها وكل ذرة تتركب من ثلاثة أنواع مختلفة من الجسيمات هي (الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات) ولكل ذرة نواة في مركزها وحول النواة تدور الإلكترونات في مدارات متعددة أما البروتونات والنيوترونات فتستقر في النواة. وبما أن **الذرة هي عماد تقنية "النانو"** لا بد من معرفة أن دراسة الذرة والتحكم فيها يمكن تخليق عناصر جديدة تساهم في التطور العلمي والوصول الى اختراعات علمية جديدة.

في عام **1897م** أكتشف عالم الفيزياء الإنجليزي "ج.ج. طومسون" جسيمات ذات شحنة سالبة عن طريق تفريغ كل الهواء الموجود داخل أحد الأنابيب الزجاجية الذي كان موصولاً بإلكترودين، وقد استعان "طومسون"

بأنبوب الأشعة الكاثودية (cathode ray tube) الذي استغل التيار الكهربي المار لتحريك ذرات الغازات المختلفة الموجودة داخل الأنبوب. وبعدها، وجه طومسون شعاع الكهرباء عبر الأنبوب من أحد الإلكترودين إلى الإلكترود الآخر وعن طريق استخدام هذا الأنبوب الزجاجي، أستطاع علماء القرن العشرين فصل الجسيمات التي تتكون منها الذرة ، وقد أكتشف طومسون من خلال تجاربه الأولى التي أجراها على العديد من الغازات الملونة المختلفة أن الإلكترون له شحنة سالبة ويوجد في جميع العناصر فكان هذا اكتشافا عظيما بما ان معظم الناس كانوا يجهلون الاختلافات الموجودة بين العناصر وفي عام 1906م ، حاز طومسون على جائزة نوبل في الفيزياء عن هذا الاكتشاف وعن أبحاثة الأخرى التي تجمع بين الكهرباء والغازات، وبعدها أثبت أن كتلة الإلكترون تزن $9.1x10^{-31}$ كجم، وأن شحنته تساوي $1.6x10^{-19}$.

وفي عام 1907م ، أسهم احد تلامذة طومسون ويسمى "إرنست راذرفورد" في وضع المفهوم الحديث للذرة. وقد فاز بجائزة نوبل في الكيمياء عام 1908م وقد تنبأ بعد أن قام بشطر الجسيمات خلال شريحة رقيقة من الذهب أن مركز الذرة يحتوي على جسيمات دقيقة موجبة الشحنة أصغر بكثير من الذرة نفسها وبعد الأبحاث والتجارب العديدة مع تلميذة " هانز جايجر" (مخترع عداد "جايجر" لرصد الإشعاع) أنه عندما تصطدم الجسيمات المتسارعة بإلكترونات ذرة ذهب في وجود الغاز ، ينتج عن ذلك انفصال أحد البروتونات[36]عن النواة. وبعد ذلك أجريت العديد من الأبحاث في نفس المجال وأثبتت هذه الأبحاث أن كل بروتون داخل النواة له كتلة تفوق كتلة الإلكترون بنحو 1800 مره بحيث تتركز معظم كتلة الذرة في نواتها موجبة الشحنة ، وتتسم النواة بأنها تشغل حيزا صغيرا من حجم الذرة وبعد العديد من الأبحاث التي أجريت فيما بعد تبين أن الإلكترونات لا تدور حول النواة مثلما تدور الكواكب حول الشمس ، وإنما تحيط بها كأنها سحابة.

[36]البروتونات جسيمات دون ذرية وهي احد مكونات النواة متناهية الصغر وله شحنة موجبة وكتلة تفوق كتلة الإلكترونات بحوالي 1800 مرة ويستدل على العدد الذري لأحد العناصر من عدد البروتونات الموجودة داخل نواة الذرة والعنصر الخالص او النقي هو العنصر الذي يتألف من جسيمات لها العدد الذري نفسة.

الشكل (14) محتويات النواة www.google.com

وقد وضع العالم الدنماركي نيلز بور Niels Bohr تصورا لتركيب الذرة كما يلي:

- الذرة عبارة عن نواة موجبة الشحنة تتكون من البروتونات يدور حولها الإلكترونات السالبه كم هو موضح في الشكل (15) أعلاه
- تحتوى نواة الذرة على بروتون واحد أو أكثر وعدد الإلكترونات الموجودة حول الذرة تساوى نفس عدد البروتونات الموجود في النواة
- تدور الإلكترونات حول الذرة في مدارات مما يجعلها تشبه المجموعة الشمسية
- المدارات الموجودة حول النواة عددها سبعة
- عندما ينتقل إلكترون أثناء حركته من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أدنى يحدث فقد للطاقة وهذا الفقد في كمية الطاقة تم تسميته بالفوتون وهو يظهر في صورة إشعاع لونى أو طيف مما يظهر على المادة عموماً فيصوَر توهج لونى

وعلى الرغم بأن الصورة التي تصورها بور هي الأقرب إلى تخيل شكل الذرة إلا أنها فشلت في التطبيق على أي ذرة فيما عدا ذرة الهيدروجين ولم تستمر النظرية كثيرا بحيث تم اكتشاف النيوترون على يد تشادويك وهو جسيم وزنة يساوى وزن البروتون ولكنة لا يحمل شحنة ويوجد داخل النواة وبناء على الثلاثة جسيمات المكتشفة حتى الآن تم الوصول إلى حقيقة حول العناصر.

إن الذي يتحكم في نوع العنصر هو عدد البروتونات داخل النواة العنصر الذي يحتوى على 1 بروتون داخل النواة هو الهيدروجين ورقمه الذرى 1 والذي يحتوى على 2 هو الهيليوم و92 لليورانيوم.....الخ وأن أقصى عدد من البروتونات يمكن أن يتواجد داخل النواة هو 118 وعلى ذلك فإن عدد العناصر التي يمكن أن تتواجد في الطبيعة هو 118ويعتبر البروتون هو

المحدد لنوع العنصر أما النيوترون المكتشف من قبل **تشادويك**[37] ليس له أي دور في تحديد نوع العنصر وأن التغيير في عدد النيوترونات يؤدى إلى ظهور شيء آخر وهو النظير، والنظير هو عنصر ينتج عن تغير عدد النيوترونات داخل النواة بشرط بقاء عدد البروتونات بدون تغيير

مثال للتوضيح:

عنصر اليود تتكون نواة ذرة اليود من 53 بروتون + 74 نيوترون فيصبح عدد الكتلة =53+74 =127 لذلك فأنة يسمى I127 وهو غير مشع يتم قذف نواة ذرة اليود بأربع نيوترونات فيصبح عدد الكتلة =53+78 =131 لذلك فهو يسمى I131 وهو يود أيضا ولكنة مشع ويسمى النظير 131لليود نلاحظ أنة أيضا يود ولكن تغيرت خاصية معينة نتيجة تغيير العدد الكتلي ماذا لو تغير عدد البروتونات؟ إذا قمنا بقذف نواة اليورانيوم ببروتون يصبح عدد البروتونات 93 وهذا عنصر آخر وهو العنصر رقم 93 Neptunium النبتونيوم إذا قمنا بشطر نواة ذرة اليورانيوم إلى شطرين ينتج جزئين الجزء الأول عبارة عن نواة تحتوى على 90 بروتون وهو عنصر الثوريوم والذي رقمه 90 الجزء الثاني نواة تحتوى على 2 بروتون وهى نواة العنصر رقم 2 الذي هو غاز الهيليوم، إذن الذي يحدد نوع كل عنصر هو البروتون وتعود الخواص المنفردة لكل عنصر إلى قوى الترابط بين الجسيمات الموجودة

---

[37] السير جيمس تشادويك (Sir James Chadwick؛ 20 أكتوبر 1891 - 24 يوليو 1974) فيزيائي إنجليزي حائز على جائزة نوبل في الفيزياء لعام ١٩٣٥ لاكتشافه النيوترون عام ١٩٣٢. في عام ١٩٤١، كتب المسودة الأخيرة من تقرير MAUD (تطبيقات عسكرية لانفجار اليورانيوم) والذي ألهم حكومة الولايات المتحدة لبدء إنشاء القنابل النووية بشكل جدي. كان رئيس الفريق البريطاني العامل في مشروع مانهاتن خلال الحرب العالمية الثانية. يعرف تشادويك بشكل رئيس لاكتشافه النيوترون.

ولد جيمس تشادويك في بولينجتون، في تشيشاير بإنجلترا. تلقى تعليمه في مدرسة مانجستر العليا، ثم درس في جامعتي مانجستر وكامبردج. في عام 1913، ذهب تشادويك إلى برلين في ألمانيا للعمل مع العالم هانز جايجر. عمل أيضا مع إيرنست روثرفورد. كان لا يزال في ألمانيا عندما اندلعت الحرب العالمية الأولى وقد اعتقل في معسكر روهليين POW خارج برلين. ذلك المعسكر الذي احتوى على أكثر من خمس آلاف شخص محتجز كأسرى للحرب، كان عبارة عن مضمار لسباق الخيل. كانت هنالك عدة إسطبلات في المعسكر، احتوت كل منها على 27 غرفة للخيول. عاش المحتجزون في تلك الغرف الصغيرة، وقد سمح لهم بأن يعملون أشياء لإبقاء أنفسهم مشغولين. عمل تشادويك مع عالم شاب يدعى تشارلز أليس. بدأ تشادويك مع أليس بعمل مختبر في الإسطبلات لتأيين الفسفور، كما عملا أيضا على التفاعل الكيمياوي الفوتوغرافي لأول أكسيد الكربون والكلور.

بعد الحرب، عاد تشادويك إلى كامبردج حيث عمل مع إيرنست روثرفورد، وقد درس إشعاع أشعة غاما من المواد المشعة. وقد درسا أيضاً تحويل العناصر بواسطة قصفها بجزيئات الألفا، كما بحثا عن طبيعة النواة الذرية.

في عام 1932 توصل تشادويك إلى اكتشاف مهم جداً، فقد اكتشف الجزيئة في نواة الذرة التي أصبحت تعرف بالنيوترون لأنها لا تحتوي على شحنة كهربائية. مهد تشادويك الطريق نحو انفلاق يورانيوم 235 ونحو خلق القنبلة الذرية. بسبب هذا الاكتشاف المهم، منح وسام هيوز للجمعية الملكية في عام 1932، ولاحقا جائزة نوبل للفيزياء في عام 1935. علم بعد ذلك بأن ثمة عالم ألماني وهو هانز فالكينهاجين قد اكتشف النيوترون في نفس الوقت، لكنه كان خائفاً من نشر نتائجه. عندما علم تشادويك باكتشاف فالكينهاجين، عرض عليه المشاركة بجائزة نوبل التي حصل عليها. ولكن فالكينهاجين رفض ذلك الشرف بتواضع. لقب تشادويك لاحقاً باسم "جيمي نيوترون" بسبب اكتشافه النيوترون

أصبح تشادويك أستاذ الفيزياء في جامعة ليفربول في عام 1935. عمل على إمكانية صنع قنبلة ذرية. أدرك بعد ذلك بأن القنبلة النووية قد تصنع بالفعل في وقت لاحق. وجد ذلك الأمر مخيفاً جداً حينما يعمل العلم على تكوين مثل هذه الأسلحة الفظيعة. بدأ بعدها بتعاطي الحبوب المنومة.

انضم إلى مشروع مانهاتن في الولايات المتحدة الذي طور القنابل الذرية التي سقطت على هيروشيما وناجاساكي. رفع تشادويك إلى مرتبة فارس في عام 1945.

بعد الحرب انتقل تشادويك إلى جامعة كامبردج. وتوفي في كامبردج في 24 يوليو 1974.

داخل النواة.ثم بدأت الصدمة فقام **ماكس بلانك**[38] بوضع نظرية الكم والذي استطاع فيها وضع تفسير للإشعاع الأسود وتغير تصور شكل الذرة إلى الشكل الحالي.

أكتشف العالم **بول ديراك**[39] وجود إلكترون موجب الشحنة داخل الذرة (البوزيترون) ثم أتت رصاصة الرحمة لنموذج بور على يد **هيزنبرج** عندما أعلن أنة لا يمكن تطبيق رياضيات نيوتن على الإلكترون لأن له طبيعة موجبة وأنة لا يمكن الجزم بالمكان الذي يوجد فيه الإلكترون حول النواة وأتى برياضيات صعبة جداً عرفت فيما بعد بميكانيكا الكم وقد عارضة

---

38 نشأ بلانك في عائلة تقليدية تمتلئ بالمفكرين، جده الأكبر وجده لأبيه كانا عالمي لاهوت في مدينة جوتنجن، وأبوه كان استاذا للحقوق في جامعة كيل وجامعة ميونخ، وكان عمه جوتليب بلانك (1828-1907) قاضيا وأحد المشتركين في تأليف القانون المدني الألماني. في سنة 1867 تلقى والده عرض للعمل في جامعة ميونخ[1] وانتقلت عائلته للعيش في مدينة ميونخ، وتم تسجيل بلانك في مدرسة الماكسميليان الثانوية حيث تلقى علم الفلك والميكانيكا والرياضيات على يد هرمان مولر، كما كان مولر هو أول من علم بلانك مبدأ بقاء الطاقة، كان وجوده في هذه المدرسة هو بداية تعامله مع علم الفيزياء.تخرج بلانك في عامه السابع عشر من المدرسة الثانوية، كان محبًا للموسيقى لكنه فضّل دراسة الفيزياء. وفي ميونخ نصحه أحد أساتذته البروفيسور فيليب فون يولي أن يتوجه لدراسة غير الفيزياء قائلاً (أن هذا المجال تم إكتشاف كل شئ فيه تقريباً، وكل ماتبقى هو ملئ القليل الثغرات) (و كان هذا هو الاعتقاد المنتشر آنذاك!) لكنّه ردّ بأنّه لا ينوي اكتشاف "أشياء جديدة" وإنما أن يفهم أساسيات الفيزياء، وهكذا بدأ دراسة الفيزياء بعمر 16 سنة عام 1874 في جامعة ميونخ، عند البروفيسور يولّي تعلم بلانك الجزء التطبيقي الوحيد في دراسته وهو إنتشار الهيدروجين خلال البلاتين الساخن، ثم انشغل بالفيزياء النظرية.

في ديسمبر سنة 1900 استطاع الفيزيائي ماكس بلانك أن يهز الأوساط العلمية كلها عندما أعلن أن طاقة الموجات الضوئية تقفز بصورة غير متصلة. وأنها مكونة من كموميات ـ ومفردها : كم

و بلانك مثل عدد كبير من العلماء، قد اهتم بدراسة الإشعاع الذي يصدر عن الأجسام السوداء حين يتم تسخينها. (و تعريف الشئ الأسود تماما هو الذي لا يصدر أي اشعاع. انما يمتص كل ما يسقط عليه من ضوء) واستطاع عدد من علماء الفيزياء ان يسجلوا الإشعاع الصادر عن الأجسام السوداء. وذلك قبل أن يفكر بلانك في حل هذه المشكلة. وأول إنجاز قام به بلانك هو اكتشاف المعادلة الجبرية المعقدة التي تسجل حركة الإشعاع الصادر عن الجسم الأسود. وهذه النظرية التي اكتشفها والتي لا تزال تستخدم في الفيزياء النظرية حتى اليوم تلخص ما انتهى إليه علماء الفيزياء في تجاربهم المعملية، ولكن هناك مشكلة : وهي ان قوانين الفيزياء تكشف لنا عن معادلة أخرى أو صيغة أخرى للاشعاعات الصادرة عن الأجسام السوداء.

و قد فكر بلانك كثيرا في هذه المشكلة، ثم خرج لنا بنظرية جديدة تماما وهي أن الطاقة المشعة من الذرات تنبعث على شكل " كمات" اطلق عليها اسم "الكم". وفقا لهذه النظرية فان طاقة الشعاع تعتمد على طول الموجة والتردد (أي تختلف باختلاف اللون مثلا).

و أصبحت نظرية الكم تسمى فيما بعد بنظرية بلانك، كما اكتشف ثابتا طبيعيا من أهم الثوابت الفيزيائية وهو "ثابت بلانك". وهي نظرية مختلفة تماما عن كل النظريات السائدة في مطلع القرن العشرين، حيث تبين أن الطاقة تنتقل في هيئة " كمات" صغيرة وليس في الوجود كمات أصغر منها.

39 بول أدريان موريس ديراك (بالإنجليزية: Paul Adrien Maurice Dirac) (ولد في 8 أغسطس من سنة 1902 في بريستول وتوفي في 20 أكتوبر 1984 في تلاهاسي، فلوريدا) هو عالم فيزياء بريطاني وأحد مؤسسي ميكانيكا الكم، قام بتطوير نظرية فيزيائية أعم تشمل في صلبها نظريات هايزنبرج وشرودنجر كحالات خاصة، اعتمد على أعمال ولفجانج باولي لإشتقاق معادلة ديراك، بدأت شهرة ديراك عن طريق استنباطه عام 1928 للوصف الرياضي الدقيق للجسيمات الأولية التي انسجمت مع كلاً من ميكانيكا الكم والنظرية النسبية الخاصة .

كانت معادلات ديراك مدهشه في أنها استخدمت المصفوفات بدلاً من الكميات القياسية، وكانت لخواص معادلة ديراك أهمية عظيمة في الفيزياء النظرية علاوة على ذلك فقد كانت هذه المعادلة مدهشة ذلك لأنها أمدتنا بالوصف الدقيق جداً لدوران الجسيمات الأولية ، واشد من ذلك غرابة فقد كانت المعادلة تحتوى على عناصر سالبة لكتلة الجسيمات ونتيجة لذلك فقد استنتج ديراك أن كل جسيم لابد وأن يحتوى على جسيم مضاد، فلمع بنظريته الكمومية عن حركة الإلكترون التي قادته عام 1928 لإفتراض وجود جسيم مطابق للإلكترون في جميع مظاهره، إلا أنه يتمتع بشحنة كهربائية معاكسة بالإشارة لشحنة الإلكترون دعي البوزيترون، انتظرت نظرية ديراك حتى عام 1932 عندما قام الفيزيائي الأمريكي كارل أندرسون بإثبات وجود البوزيترون [1]. من هنا يعد ديراك هو مؤسس الديناميكا الكهربية الكمية الحديثة، سنة 1933 نال مع شرودنجر جائزة نوبل للفيزياء، في الرياضيات كان له أعمال كثيرة منها دالة ديراك أو ما يسمى ب دالة دلتا. عمل ديراك أستاذاً للرياضيات بجامعة كامبردج في الفترة من عام 1932 إلى عام 1969 وأستاذا للفيزياء بجامعة ولاية فلوريدا في الفترة من عام 1971 إلى 1984

اينشتاين في هذه النظرية وعلى أسس ميكانيكا الكم بدأت تتضح أمورا كثيرة حول الإلكترون.

في "النانو" تكنولوجي العمل سيكون مع الإلكترون فقط لأنة هو الذي يحدد خواص المادة ، والإلكترون هو الذي يقوم بعمل الروابط بين ذرات العناصر وهو الذي يحدد خصائص العنصر والتلاعب في مسار الإلكترون حول النواة وهو الذي سيؤدى إلى إستحداث خصائص جديدة للعناصر، وسيقع إطار العمل في "النانو" تكنولوجي في منطقتين فقط وهى المناطق التي يتواجد فيها الإلكترون:

الأولى: المنطقة العازلة بين كل ذرة وأخرى والتي تفصل الذرات عن بعضها بما فيها منطقة الروابط

الثانية هي المنطقة المحصورة بين المستوى الخارجي للذرة وبين المستوى الأخير حيث توجد الإلكترونات

النيترونات:

تحتوي نواة الذرة على جسيمات دون ذرية تسمى النويَات ، وتقسم هذه النويات إلى نوعين من الجسيمات (النيترونات والبروتونات) وتشكل البروتونات كتلة النواة الأساسية وتعتبر النيترونات[40] جسيمات نووية متعادلة الشحنة توجد داخل النواة المزدحمة بالبروتونات موجبة الشحنة والجدول أدناه يوضح الصفات المتشابهة لمكونات الذرة متناهية الصغر والفرق بين أحجامها، وتعد الإلكترونات والبروتونات والنيترونات جسيمات متناهية الصغر(وهي ما تسمى بجزئيات[41] "النانو") وتتمتع بسمات متنوعة.

الجسيمات الذرية		
الاسم	الرمز	الكتلة (kg)
الإلكترون	e^-	$9.11x10^{-28}$
البروتون	p+	$1.675x10^{-24}$
النيترون	N	$1.675x10^{-24}$

[40] النيترونات هي جسيمات دون ذرية لها كتلة ككتلة البروتونات، ولكنها لا تحمل شحنة كهربية سواء كانت سالبة أو موجبة ، أي أنها جسيمات متعادلة الشحنة.

[41] الجزء هو أبسط وحدة يتكون منها العنصر أو المركب، ويتألف من ذرات تترابط كيميائيا بفعل قوى الجذب.

في 29 ديسمبر من عام 1959م، ألقى العالم الفيزيائي الأمريكي الشهير "ريتشارد فاينمن"[42] محاضرة أثناء انعقاد الاجتماع السنوي للجمعية الأمريكية للفيزياء في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا بموضوع التحكم في الأشياء عند مستوى متناهي الصغر(والتي قامت عليها فيما بعد تكنولوجيا "النانو") وذلك عن طريق بناء المواد وتشكيلها باستخدام ذرة واحدة في كل مرة. وهذه الفكرة أدهشت الحضور حيث إن الأدوات العلمية في تلك الفترة كانت بسيطة، ثم أوضح "فاينمن" كيف يمكن تخزين 24 مجلدا من مجلدات الموسوعة البريطانية في جسيم بحجم رأس دبوس صغير وكيفية قراءة هذه الموسوعة بعد تصغيرها من خلال الميكروسكوب الإلكتروني الذي كان مستعملا وقتها ، وكانت المشكلة هي كيفية كتابة هذه النصوص فائقة الضآلة وتصغيرها دون أن تفقد دقة وضوحها. ولتحقيق ذلك قال "فاينمن" إن الحرف يمكن تمثيلها بست أو سبع وحدات بت من المعلومات لكل حرف، كما اقترح استغلال باطن المعدن وسطحه الخارجي لتخزين البيانات وأضاف انه إذا كان كل بت يساوي 100 ذرة فان كل المعلومات المحفوظة بجميع الكتب في العالم يمكن كتابتها في مكعب من المادة عرضة 1/200 بوصة، وهو تقريبا حجم ذرة تراب، وأشار إلى أن علماء البيولوجيا كانوا ينتظرون أن يبتكر علماء الفيزياء ميكروسكوب تزيد قوته عن الميكروسكوبات العادية بحوالي 100 مرة، فاستخدام العلماء لمثل هذه الأدوات العلمية المتطورة سيمكنهم من اكتشاف المزيد من التفاعلات البروتينية والمزيد عن الإمكانيات الهائلة لعالم الجزيئات أو ما يطلق علية "عالم النانو".

في عام 1981م، اخترع "جيردبينيك" و "هايريش رورار" من علماء مختبر زيورخ للأبحاث التابع لشركة IBM ميكروسكوب المسح النفقي الذي أتاح للعلماء لأول مرة رؤية كل ذرة على حدة ، بل وتحريكها، وقد اكتشفا أن استخدام مجال كهربي ومسبار نانو متخصص له طرف متناهي الصغر يمكن أن يساعدهما في تحريك الذرات وتشكيلها كما يريدان. ومنذ ذلك الحين قد استطاع العلماء استخدام هذا الميكروسكوب وتطوير ميكروسكوب التصوير الذري وهو من أدوات القياس المتقدمة في عالم تكنولوجيا "النانو". وفي عام 1989م، تمكنت شركة IBM من استخدام 35 ذرة من عنصر الزينون في كتابة الأحرف الثلاثة لأسم الشركة.

---

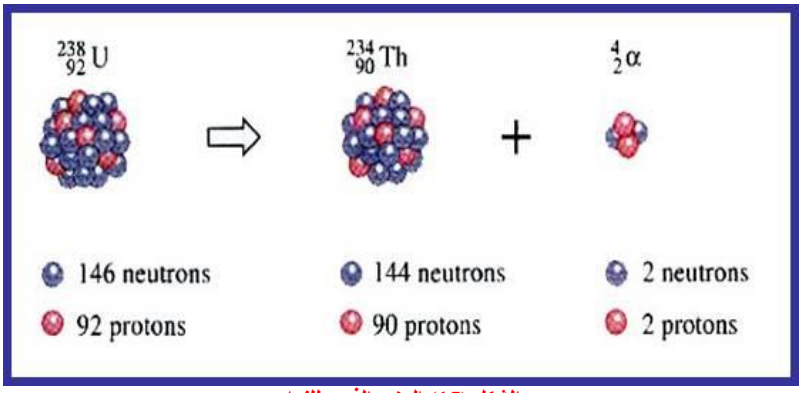
[42] تم التحدث عنه سابقاً

ويتضح مما سبق بأن جميع المواد تتكون من جزيئات والجزيئات تتكون من دقائق متناهية في الصغر تسمى ذرات، والذرة تتكون من جزأين أساسيين - حسب تجارب رذرفورد - هما:

1. **النواة:**

وتكوّن مركزة الذرة، وحجمها صغير جداً بالنسبة لحجم الذرة، وتتركز فيها معظم كتلة الذرة، وتحتوي النواة على نوعين من الجسيمات المادية هما البروتونات والنيوترونات.

- **البروتونات**(p): وهي جسيمات مادية تحمل شحنة كهربائية موجبة (+).
- **النيوترونات** (n): وهي جسيمات مادية عديمة الشحنة، وتوجد في نوى ذرات كل العناصر، ماعدا نواة ذرات الهيدروجين العادي، وكتلة النيوترون تساوي تقريباً كتلة البروتون.



الشكل (15) الوزن الذري للنواه
توضح هذه الصورة أن الوزن الذري، هو مجموع عدد البروتونات والنيوترونات داخل نواة الذرة، أما العدد الذري فهو عدد البروتونات داخل النواة فقط.

2. **الإلكترونات (e):**

وهي جسيمات مادية صغيرة جداً ، لكل منها شحنة كهربائية سالبة (-) مقدارها يساوي مقدار شحنة البروتون وتخالفها في النوع، ولكن كتلة الإلكترون الواحدة صغيرة جداً بالنسبة لكتلة البروتون، ولقد تصور رذرفورد أن الإلكترونات تدور حول نواة الذرة في مدارات معينة وتشبه في ذلك حركة كواكب المجموعة الشمسية، التي تدور حول الشمس في مدرات محددة.

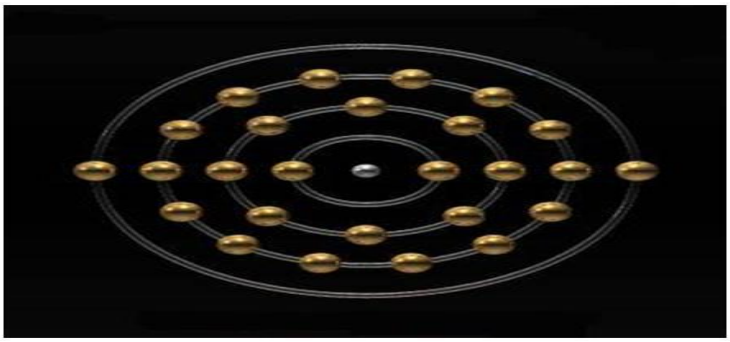
الشكل (16) صورة تجسد مكونات الذرة، إلكترونات تدور حول النواة

الشكل (17) كيف ينبعث الضوء من الذرة[43]

ولقد سميت هذه المدارات بمستويات الطاقة، وحددت بسبعة مستويات رئيسية للطاقة، تعرف للسهولة من الداخل إلى الخارج بالأرقام (من 1– 7) ومما تجدر الإشارة إليه أن عدد الإلكترونات في ذرة العنصر، يساوي عدد البروتونات وبما أن مقدار شحنة الإلكترون يساوي مقدار شحنة البروتون وتخالفها في النوع، لذا فإن ذرة العنصر تكون متعادلة الشحنة الكهربائية [44]

[43] www.alhasebat.net/vb/showthread.php?t=9143

[44] الدكتور مروان شعبان، قانون الذرة بين العلم والقران، http://daralijaz.com



الشكل (18) مستويات الإلكترونات
هذه الصورة تبين مستويات الإلكترونات وأفلاكها حول نواة الذرة

التأين:

الأيونات: من الكلمة الإغريقية أيون، والتي تعني الهجرة lons ، إذا دخل إلكترون إضافي إلى الغلاف الخارجي لأية ذرة، فسوف تحمل هذه الذرة شحنة سالبة، أي إنها تتحول إلى أيون سالب الشحنة، ومن ناحية أخرى إذا فقدت أية ذرة إلكتروناً أو أكثر، فإنها تتأين أي تتحول إلى أيون موجب الشحنة، وقد تحدث مثل هذه الحالات نتيجة لتصادمات قد تتم إما بواسطة ذرات مجاورة، وذلك في حالة الحركة الحرارية الكبيرة (تأين حراري) أو بواسطة حاملات للشحنة ذات سرعة عالية مثل جسيمات بيتا.

ومن المفيد هنا أن نشير إلى أن السبب في تماسك كثير من المركبات الكيميائية، يرجع إلى أن الغلاف الخارجي لذرة ما ينقصه إلكترون واحد كي يكتمل، بينما يوجد إلكترون واحد في الغلاف الخارجي للذرة الأخرى، ونتيجة لمثل هذا الإتحاد بين الذرات تتكون بلورات مكونة من أيونات، وعندما تذاب مثل هذه المركبات في الماء، فإنها تتأين في المحلول وتنجذب الأيونات الناتجة نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة الكهربائية[45].

[45] النظائر في البحوث والإنتاج، أنور محمود عبد الواحد، ص19، الكيمياء العامة وغير العضوية، د. سامي طوبيا، ود. نظير عريان، ص88، بنية المادة، اندري فيني ، ترجمة: علي بلحاج، ص21.

الكربون[46]

هو الكربون غير المتبلور ويتم إنتاجه بجمع الهباب الناتج عن إحتراق مادة تحتوي على عنصر الكربون في قدر ضئيل من الأوكسجين اللازم لعملية الإحتراق الكامل ويستخدم الهباب الأسود في صناعة مواد الطلاء والأحبار وصناعة المطاط. ويمكن ضغط الهباب في أشكال متعددة لإستخدامه كقلب (core) في البطاريات الجافة .

والكربون سادس أكثر العناصر وفرة في الطبيعة ويوجد في الغلاف الجوي ويذوب بشكل طبيعي في الماء ويستخرج الكربون من رواسب الفحم ويستخدم كوقود للتدفئة. وتعتبر الذرة أصغر جسيم في العناصر الأساسية التي تشكل المواد الطبيعية المعروفة مثل المواد الصلبة والسائلة والغازية فكل مادة في الكون تتركب من ذرات تترابط مع بعضها البعض بروابط تساهمية وذرة الكربون في أبسط أشكالها تتركب من كتلة مركزية تسمى النواة (Nucleus) وعدد من الإلكترونات تدور في مدارات حولها والمدار الأول وهو الأقرب الى النواة يدور فية الكترونان فقط ثم المدار الذي يلية وهو الأبعد عن النواة فيدور فيه أربعة الكترونات وإن كانت طاقته ثمانية الكترونات في بعض العناصر الأخرى غير الكربون.

[46] م. جهاد سعيد يوسف، النانو للمتبدئين، مجلة تقنية النانو، العدد الثالث، 2008، ص.16

الفصل الثالث

مفاهيم تكنولوجيا النانو

الفصل الثالث – مفاهيم تكنولوجيا "النانو"

المقدمة

برز في الآونة الأخيرة مصطلح جديد أصبح متداول على كافة المستويات في وسائل الأعلام المقروءة والمرئية ، وفي الجامعات ومراكز الأبحاث، وأصبحت مركز إهتمام معظم دول العالم وخصصت ميزانيات كبرى لدراسة ودعم الأبحاث التي تهتم بهذه التقنية ألا وهي تقنية "النانو"! ما هي هذه التقنية ؟ ولماذا هذا الإهتمام العالمي بهذه التقنية؟ وما هو الفرق بين مواد "النانو" والمواد الأخرى؟؟ وكيف يمكن رؤية المواد النانوية المتناهية في الصغر؟

ماهي "النانو"؟؟[47]

"النانو" يعني التحكم التام والدقيق في إنتاج المواد وذلك من خلال التحكم في تفاعل الجزيئات الداخلة في التفاعل وتوجيه هذه الجزيئات من خلال إنتاج مادة معينة وهذا النوع من التفاعل يعرف بالتصنيع الجزيئي، ووضع الذرات أثناء التفاعل في مكانها الصحيح أو المناسب، فمثلاً لو تم توجَيه وضع ذرات الكربون في الفحم عند إجراء التفاعل فإنه يمكن أن ينتج الألماس، وكذلك لو تَم توجيه وضع ذرات الرمل عند إجراء التفاعل يمكن إنتاج المواد المستخدمة في إنتاج شرائح الكمبيوتر.

ومن المعروف أن الطريقة التقليدية في تصنيع المواد الكيماوية المختلفة تتم بخلط مكوَنات التفاعل معاً بدون الأخذ في الإعتبار إتجاه الذرات الداخلة في التفاعل وبالتالي فإن المادة الكيماوية الناتجة تكون خليطاً من عدة مواد، أما بإستخدام تقنية "النانو" فمن الممكن توجيه وضع الذرات الداخلة في التفاعل بتوجيه محدد وبالتالي فإن المواد الناتجة سوف تكون أكثر دقة وأكثر نقاوة من التصنيع بالطرق التقليدية ومن ثم توحيد نوعية المنتج وكذلك تقليل تكلفة الإنتاج وخفض الطاقة المستهلكة، وقد يتساءل البعض! كيف يمكن رؤية هذه الأجسام المتناهية في الصغر وكيف يمكن توجية وضع الذرات؟؟؟ الإجابة على هذا التساؤل سهلة حيث أن الإنسان أخترع مجاهير خاصة (ميكروسكوبات) ومنذ عقود لمشاهدة وفحص ودراسة هذه الكائنات الصغيرة ، سأتحدث عنها بالفصول القادمة بالتفصيل. كما أن هناك أجهزة على مستوى "النانو" (Nanodevice) قادرة على توجيه الذرات ووضعها في مكانها الصحيح أثناء عملية التفاعل.

[47] جامعة الملك سعود، معهد الملك عبدالله لتقنية النانو، www.ksu.edu.sa

إن مصطلح تقنية ‘‘النانو’’(nanotechnology) هو في الحقيقة مصطَلح مركب، مكَون من كلمتين إغريقيتين/ فالكلمة الأولى (تقنية) هي تكنولوجيا أو تقنية وهي تعني حرفة أو عمل. أما الكلمة الثانية (‘‘النانو’’) وهي تعني قزم، وتستخدم كلمة نانو في العلوم للدلالة على جزء من البليون من شيء معين مثل الكتلة والمسافة[48]، وأول من حاول تعريف تقنية ‘‘النانو’’ هو العالم نوريو تانفيشي (Norio Taniguchi) في عام 1974م، حيث قال: ((إن تقنية ‘‘النانو’’ هي عبارة عن مجموعة من عمليات الفصل والتكوين والدمج للمواد على مستوى الذرات أو الجزيئات))[49] بعد ذلك التاريخ قام عدد من العلماء والهيئات والمنظمات بمحاولة وضع تعريف شامل لتقنية ‘‘النانو’’.

تقنية ‘‘النانو’’:

عملية تصميم وإنتاج أجهزة ومواد يكون أحد أبعادها أقل من 100 نانومتر وتسمى هذه المواد بمواد ‘‘النانو’’، أما علم ‘‘النانو’’ فهو دراسة الظواهر والمواد على مستوى الجزيئات والذرات، ويمثل الواحد نانومتر جزء من بليون جزء من المتر(1m=1.000.000.000 nm) أي أن كل مليمتر يساوي مليون نانومتر(1mm= 1.000.000nm) وكل واحد ميكرومتر يساوي ألف نانومتر، ولإدراك مدى صغر الواحد نانومتر نستطيع أن نتخيل بأن حجم خلايا الدم الحمراء يبلغ حوالي (70000) نانومتر، والفيروسات حوالي 150 نانومتر.

لقد تحدَثت بالفقرة أعلاه عن مفهوم تقنية ‘‘النانو’’ وماذا نعني بها وكيفية التلاعب بالذرات والجزئيات للحصول على مواد جديدة ولعل السؤال المهم هو ما الذي يجعل خصائص المادة تتغير عندما تقل أبعادها من الميكرو إلى ‘‘النانو’’؟؟؟

إحدى الإجابات على هذا السؤال كانت ((هو التغيير الحاصل في نسبة ذرات السطح إلى حجم المادة ، فكلما صغرت أبعاد المادة كان عدد اكبر من ذرات المادة على السطح، أي أن نسبة الذرات السطحية في مواد ‘‘النانو’’ تكون بين 5% إلى 50%، أما في المواد العادية فتكون في حدود 3%.[50] من المعروف بأن الذرَات التي على السطح تتميز بعدة مميزات عن الذرات التي داخل المادة، ومن هذه المميزات أن الذرات على السطح تكون معرضة للجو الخارجي وأنها محاطة بعدد من الذرات مقارنة بالذرات التي في الداخل، ونتيجة لزيادة نسبة ذرات السطح وما تتميز به هذه الذرات فإن خصائص المادة الفيزيائية والكيميائية مثل طاقة السطح (Surface Energy)، الذوبان

---

[48] www.kfupm.edu.sa/dsr/research/Arabic Newsletter.pdf

[49] د. منصور بن صالح الحوشان، م. ماهر بن محمد الراشد، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو تصدر عن معهد الملك عبدالله لتقنية النانو، العدد الأول،نوفمبر 2008، ص14

[50] M.Al Hoshan, “Novel nanoarray structures formed by template based approach:characterization and electorchemistry” PhD Thesis, Minnesota University,2007

(Solubility)، درجة الإنصهار (Point Melting)، قابلية المادة للتفاعل (Reactivity) هذه الخصائص جميعها سوف تتغير[51].

لقد بدأ مصطلح (تقنية "النانو")[52] ينتشر في مجال الصناعات الإلكترونية المتصلة بالمعلوماتية فلو تفحصنا البطاقات المستخدمة في الحواسيب اليوم وخاصة الحواسيب المحمولة لوجدنا أنها مضغوطة إلى درجة كبيرة، فالبطاقة التي لا يزيد سمكها على بضعة مليمترات تتكون في الحقيقة من خمس طبقات أو رقاقات مضغوطة مع بعضها، كما أننا لو تفحصنا الكبلات والمكثفات التي كان وزنها يقدر بالكيلوجرام، لوجدنا أن وزنها لا يتجاوز أجزاء من المليجرام، فقد تضاءل الحجم وتضاعفت القدرة وكل ذلك بفضل إختزال سمك الكابلات وضغط حجم المكثفات والدارات، مما قصَر المسافات التي تقطعها الإلكترونات وأكسب الحواسيب سرعة أكبر في تنفيذ العمليات.

ولكن، وكما تحدثت سابقاً وبما أن هذه التقنية مستخدمة منذ القدم!! لماذا لم تكن واضحة للأفق ولم تكن مسموعة كما هي الآن؟؟ في الواقع إن الشعوب القديمة أستخدمت هذه التقنية بشكل غير مباشر ، أي أن أفراداً من تلك الشعوب قاموا بعملية معالجة لبعض المواد العادية للحصول على خصائص معينة مثل تغيير اللون دون معرفة السبب الذي أدى إلى هذه الخصائص، أما في الوقت الحاضر فقد تم إمتلاك الأدوات والمعدَات التي من خلالها تم معرفة الأسباب ، ونتيجة لهذه المعرفة وتوفر المعدات والأدوات فقد أمكَن إنتاج مواد "النانو" بأشكال وأبعاد مختلفة وبالتالي الحصول على خصائص جديدة.

[51] د. منصور بن صالح الحوشان، م. ماهر بن محمد الراشد، مصدر سبق ذكره
[52] صبح محمد شحادة، التكنولوجيا النانوية، ثورة صناعية جديدة، مجلة النانو ، العدد الثاني، 2009 .ص. 10

جدول رقم (3) يبين التسلسل الزمني لبروز مصطلح تكنولوجيا "النانو"[53]:

1959	يعتبر عالم الرياضيات الأمريكي ريتشارد فاينمان والحاصل على جائزة نوبل في نفس العام هو صاحب فكرة "النانو"
1974	برز مصطلح تكنولوجيا "النانو" لأول مره في هذا العام من قبل الباحث الياباني نوريو تانيغوشي ، بينما كان يحاول التعبير عن وسائل وطرق وعمليات تصنيع وتشغيل عناصر ميكانيكية وكهربائية متناهية الصغر
1981	تمكن العالمان السويسريان "غيردبينج" و "هنريك روهر" من إختراع الميكروسكوب النفقي الماسح والذي بموجبه حصلا على جائزة نوبل في عام 1986، حيث أتاح هذا المجهر لأول مره في التاريخ الحصول على صور للجزيئات والذرات وإمكان التأثير عليها وتحريكها لتكوين تشكيلات نانوية ليفتح الباب على مصراعية أمام تقنية "النانو"
1986	في هذا العام ألف عالم الرياضيات الأمريكي اريك دريكسار كتابا سمًاه محركات التكوين (Engines of Creation) بسًط في كتابه الأفكار الأساسية لتقنية "النانو" وضمنًه تصورات ومقترحات خيالية تعبر عن إمكانية تقليد للنظم البيولوجية في الأحياء وتصنيع أجهزة بحجم الجزيئات ، كما سلط الضوء على إمكانيات هذا العلم والجدوى الإقتصادية لتطبيقاته وهكذا ظهر علم "النانو" تكنولوجي من الناحية النظرية واعتبر اريك المؤسس لهذا العلم
1991	الإنطلاقة الفعلية لتقنية "النانو"، حيث أكتشف الباحث الياباني سوميو ليجيما الأنابيب الكربونية ، بينما كان يدرس الرماد الناتج عن عملية التفريغ الكهربي بين قطبين من الكربون باستخدام ميكروسكوب الكتروني عالي الكفاءة ، فقد لاحظ أن جزيئات الكربون تأخذ ترتيبا يشبة الأنابيب داخل بعضها البعض ويقع قطر هذه الأنابيب في نطاق لا يتعدى بضع نانومترات
1993	تمكن العالم الأمريكي دونالدبثيون من رصد أنابيب نانوية " نانوتيوب" مكونة من طبقة واحدة فقط ، يبلغ قطر الأنبوب الواحد منها 12 نانومتر ثم انطلق العلماء بعد ذلك في مجال النانوتيوب ، حتى استطاع فريق من العلماء الصينيين حديثا من الوصول إلى أصغر نانوتيوب في العالم يصل قطرة إلى 0.5 نانومتر فقط.
2004	بدأت مرحلة التطبيقات الصناعية لهذه التقنية وتم استخدام المواد النانومترية في صناعة المطاط الماليزي مما ادى الى تحسين

53 التقنية النانوية بين الكفاءة والمخاطر (طوماس كيرن - Thomas Kern) (swissinfo.ch) بقلم ستيفانيا سومَرماتر، نوفمبر 2011

	مواصفاته بشكل مذهل، حيث قفزت خصائصة الميكانيكية من 12 إلى 20 ضعف لمجرد إضافة أجزاء بسيطة من المواد النانوية، كما أمكن بواسطة التشكيلات النانوية الحصول على متانة أشد من الفولاذ بمقدار مائة مره ، وأخف منه في الوزن بمقدار ست مرات، وأما الأنابيب النانوية المتداخلة ، فإنها تبدي خاصية فريدة حيث يتحرك بعضها داخل بعض دون أية مقاومة تذكر مما يجعلها مؤهلة لصناعات نانوية ذا إمكانيات فائقة في شتى المجالات وخاصة المجالات الطبية والعسكرية والحوسبة والاتصالات
2011-2015	ضخ الملايين من الدولارات من الدول الصناعية لتطوير هذه التقنية وقد وصل تمويل اليابان لدعم بحوث "النانو" تكنولوجي لهذا العام الى مليار دولار، أما الولايات المتحدة فتقدر الميزانية المقدمة لهذا العلم بتريليون دولار حتى عام 2015 وهناك 40 الف عالم امريكي مؤهلين للعمل في هذا المجال.

أسباب الخوض فى تقنية "النانو"[54]

1. بينَت الخبرات والمعارف المتراكمة عن المادة أن تطوير المواد وأظهار صفات جديدة ومتفوقة لها لا يكون إلا من خلال المقدرة على التلاعب بالتفاصيل الدقيقة لمكونات المواد، فخواص المواد تتغير بإختلاف تنظيم وشكل التركيب الجزيئي لها، فكلَما زادت دقة ترتيب وصف مكونات المادة أصبحت المادة خاليه من العيوب والتشوهات التصنيعية وبرزت لها مميزات فريدة، وهذا لا يتحقق إلا بالتحكم بالمادة عند مقياس نانو متري.
2. يمكن لتقنية "النانو" أن توفَر أدوات وآليات يتم من خلالها التواصل مع عالم الذرات والجزيئات والخلايا الحيَة، وهذا بكل تأكيد سيمهد الطريق لإبداعات جديدة لا حدود لها، فضلاً عن توفير حلولاً مبتكرة لمشاكل مستعصية تتعلق بصحة سائر المخلوقات.
3. يمكن لتقنية "النانو" تقديم العديد من المنافع بواسطة إبتكارات لا حصر لها تعمل بكفاءة عالية وأداء مثالي وتحتاج إلى قدر يسير من الطاقة وإلى حيَز مكاني صغير.
4. أن تحرك عجلة البحث والتطوير قدمًا نحو بُعد أصغر لما هو موجود هو نتيجة حتمية للتقدم الذي حصل في صناعة الإلكترونيات والحواسيب وثورة الإتصالات والمعلومات.
5. التنبؤ بوجود فرص إستثمارية واعده ضخمة في تقنية "النانو"، ولهذا يقدَر المحللون القيمة السوقية السنوية للمنتجات المرتبطة بهذه التقنية بنحو تريليون دولار أمريكي مع بداية العام 2011م.[55]

---

41 د. أسامة الدريهم، جامعة الملك سعود، نحو استغلال تقنية النانو www.knol.com

الإستخدامات التطبيقية لتقنية "النانو"[56]

لا شك أن تقنية "النانو" مجال تطبيقي رحب تعمل أساساً على توظيف جميع العلوم والمعارف العلمية والهندسية والطبية بكافة تخصصاتها في نطاق تفصيلي متناهي الصغر. ولكثرة التطبيقات والإستخدامات المتاحة والمؤملة لهذه التقنية، فأنه من الصعب بمكان سردها بالكامل ولكن يمكن تجميعها في ثلاث فئات تطبيقية رئيسية هي:

1. مواد نانومترية
2. أجهزة وأدوات ومعدات ومكائن وأنظمة متنوعة بأحجام نانومترية
3. عمليات صناعية نانومترية.

ويعرض الجدول رقم (5) أدناه عدد من الإستخدامات التطبيقية المنتقاة لتقنية "النانو" وقد وضع رقماً بجوار كل إستخدام ليبيَن الفئة التي يندرج تحتها هذا الإستخدام[57].

الجدول رقم (5) الإستخدامات التطبيقية لتقنية النانو

صناعة المركبات	التعمير والبناء	مستحضرات التجميل
هياكل خفيفة وقوية (1)	مواد (1)	كريمات الوقاية من الشمس (1)
دهانات (1)	عوازل (1+2)	محمرات الشفاه (1)
حفازات (1)	مقاومات اللهب (1+2)	كريمات البشرة (1)
إطارات (1+2+3)	عجائن خلطات البناء (1+2)	معاجين الأسنان (1)
حساسات (1+2+3)		
طلاءات زجاج وهيكل المركبات (1+2)		
الصناعات الكيميائية	**الطب**	**الطعام والشراب**
حشوات بويات (1)	أنظمة إيصال الدواء (2+3)	تعليب (3)
مواد مركبة (1+2)	وسائط أشعة وتشخيص (1+2)	حساسات صلاحية الإستخدام (2)
تخصيب ورق (1)	أنظمة تحليل سريعة (2+3)	مضافات تحسينية (1)
سوائل مغناطيسية (1)	تقويم وزراعة (1+2)	تنقية وتصفية العصائر

[55] جون فانستون و هنري إيلوت، Nanotechnology: A Technology Forecast, *Texas State Technical College*, April 2003

[56] د. أسامة الدريهم، جامعة الملك سعود، نحو استغلال تقنية النانو www.knol.com

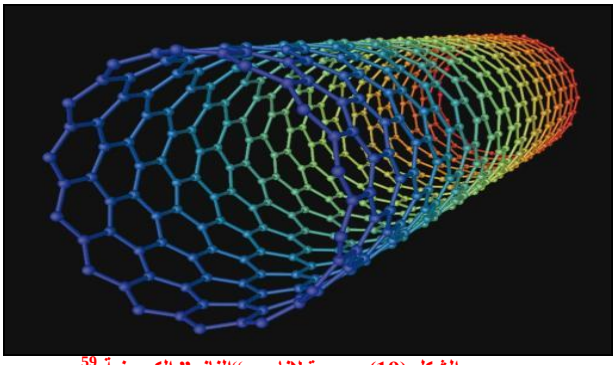
[57] فريق مريديان، Nanotechnology and the Poor: Opportunities and Risks, *Meridian Institute*, January 2005.

		(3+2)
	مضادات جراثيم وميكروبات (1+2)	
	أنظمة تشخيص تزرع داخل الجسم (1+2)	
الهندسة	المنسوجات	أدوات منزلية
طلاءات حماية المعدات والأدوات (1)	طلاءات أسطح (1)	طلاءات للأسطح الخزفية (1)
وسائل تثبيت المعدات ولا تحتاج للتشحيم (1)	منسوجات ذكية (1)	مزيلات وروائح (1)
		منظفات أسطح زجاجية وخزفية ومعدنية (1)
إلكترونيات	الطاقة	الرياضة والأنشطة الخارجية
شاشات (2)	خلايا وقود (1+2)	شمع تزحلق على الجليد (1)
ذاكرة معلومات (2)	خلايا شمسية (1+2)	مضارب تنس (1)
صمامات ليزر (2)	بطاريات (1+2)	كرات تنس (1)
ألياف بصرية (2)	مكثفات (1+2)	طلاءات مركبة مانعة للترسبات (1)
مفاتيح ضوئية (2)		طلاءات نظارات مانعة لتكون الضباب (1)
مرشحات (2)		
طلاءات موصلة للكهرباء وضد الكهرباء الساكنة (1)		

أنابيب "النانو" الكربونية وحيدة الطبقة:

في عام 1991م، أكتشف العالم الياباني "سوميو إيجيميا" أنابيب "النانو" الكربونية وقد بينَت الصور المجهرية الإلكترونية ذات دقة الوضوح العالية والتي ألتقطها لإنابيب "النانو" الكربونية متعددة الطبقات (multi-walled carbon nanotube) أن هذا النوع الجديد من الكربون الذي ينتهي بوجود رؤوس دائرية الشكل هو في الأصل إحدى صور الفلورينَات وعلى الرغم من ذلك، فهو لا يتمتع بالتماثل الذي يميز **الفلورينَات** بالنسبة لما يتعلق بالجزئيات. حيث أنه تم إكتشاف أنابيب "النانو" الكربونية وحيدة الطبقة (single-walled carbon nanotube) في الوقت نفسة في سنة 1993م على يد إيجيما وغيره من العلماء من شركة IBM والتي كانت تختلف عن أنابيب "النانو" الكربونية متعددة الطبقات. وتحتوي أنابيب "النانو" على أعداد هائلة من ذرات الكربون وذلك حسب طولها فقد يكون لأنابيب "النانو"

خصائص فلزية تشبه خصائص النحاس الأحمر أو قد تكون أفضل منها. كما يمكن إعتبارها من أشباه الموصلات مثلها مثل السليكون المستخدم في أجهزة الترانزستور وذلك إعتماداً على تركيبها، وأنابيب "النانو" الكربونية قادرة على توصيل الحرارة مثل الماس، وبما أنها ذرات الكربون يستطيع أي عالم كيميائي أن يربط بين ذرات كربون الفلورين وغيرها من الذرات أو الجزئيات. وهذه المقدرة على ربط جزئيات جديدة بكريات الكربون أو بأنابيب "النانو" تخلَق مواد نانو جديدة يمكن إستخدامها في الأنظمة الحيوية أو بربطها بمواد مركبة ، ويرى العلماء أن أنابيب "النانو" سوف تتمكن من إنتاج أقوى الألياف التي لم تعرفها البشرية بعد، حيث تتميَز بقوة تحمَل تزيد 100 مرة عن قوة تحمل الصلب، على الرغم من أن وزنها أخف بنحو 6 مرات ، لهذا تعتبر كريات الكربون وأنابيب "النانو" أهم الإكتشافات التي ظهرت على مدى عقود طويلة[58]



الشكل (19) صورة لإنابيب "النانو" الكربونية [59]

ولكن ما هي الفلورينات؟؟؟؟

في سبتمبر 1985م أكتشف ثلاثة من علماء الكيمياء (روبرت كيرل، هارولد كروتو، ريتشارد صمولي) نوعاً جديداً من الكربون(c60) ، وقد سمَيت مجموعة الكربون الجديدة بالفلورينات (fullerenes) وهي عبارة عن جزيئات كروية الشكل ومتماثلة من C60 ، ويختلف شكل الفلورينات عن ذرات الكربون العادية مثل الجرافيت والماس فهي تتكون من 60 ذرة كربون ، وقد أطلق عليها إسم فلورينات "باكمنستر" نسبة إلى المهندس والمخترع الأمريكي "باكمنستر فولر" الذي صمم وانشأ أول قبة كروية الشكل. ولكن هناك أنواع أخرى من الفلورينات يتركب الجزئ الواحد منها من (70) ذرة كربون وتسمى (C70) او (76) ذرة كربون وتسمى (C76) والنوع الثالث

---

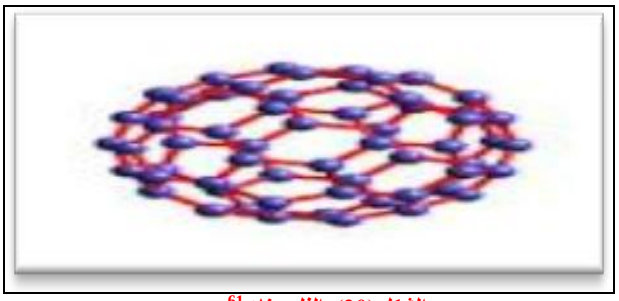
[58] راجع الفصل السادس من هذا الكتاب بحث تفصيلي عن أنابيب النانو الكربونية

[59] http://www.muhandes.net

يتركب الجزئ الواحد منها من (80) ذرة كربون ويسمى C80 أو (84) ذرة ويسمى C84.[60]

ولكن كان الإكتشاف الحقيقي لمجموعة الفلورينات على يد "صمولي" و "كروتو" اللذان قاما بإجراء التجارب إلى أن توصل "كروتو" أن النجوم العملاقة الحمراء الغنية بالكربون تطلق ذرات كربون معقدة يعجز رادار الفضاء عن رصدها، وقد حاولا العالمان التوصل إلى إكتشاف بنية الكربون الفريدة بإستخدام أداة تسمى المطياف الكتلي (المطياف الكتلي أو mass spectrometer وهي أداة تقيس الطول الموجي للعناصر وحجم طاقاتها) حتى تمكّن "صمولي" أخيراً من تصميم نموذج هندسي مضلع بإستخدام الورق المقوى والشريط اللاصق يحتوي على 60 رأس في شكل مغلق متماثل. سمى جزئ الكربون الجديد C60 بكريات الكربون (buckyball) أو الفلورين، ومع إن ذرات الكربون في الجرافيت تشكل على هيئة ألواح مسطحة ، فإن كريات الكربون الجديد عبارة عن هياكل كروية مفتوحة ترتبط فيها ذرات الكربون ببعضها بقوة. يعد "صمولي" أحد رواد تكنولوجيا "النانو" في العصر الحديث نظراً لقدرته على شرح الأبحاث التي تتناول كريات الكربون ومجموعة الفلورينات وتكنولوجيا "النانو" بصفة عامة ، أما العالم "فاينمن"، فيمكن أن نعتبره واضع أساس تكنولوجيا "النانو" قديما.

وبما أنني ذكرت سابقا بأن شكل الفلورينات يختلف عن ذرات الكربون العادية مثل الجرافيت فلا بد وأن أتكلم قليلا عن الجرافيت! والصورة أدناه توضح الفلورينات حيث تتسم الفلورينات بأنها كروية الشكل ومتعددة الأوجه



الشكل (20) الفلورينات[61]

فقبل ظهور الفلورينات، كان الجرافيت[62] أبسط صور الكربون تعقيدا، فللجرافيت تركيب طبقي أو مستو(مسطح) ومن المعروف أن بنية الكربون

---

[60] م.جهاد سعيد يوسف بحث بعنوان النانو للمبتدئين، مجلة النانو، العدد الثالث، مايو 2009 .ص.14

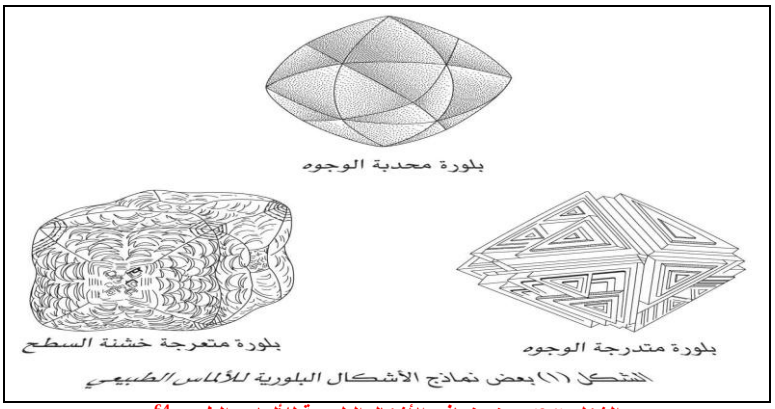
[61] http://nano-products.blogspot.com

[62] ليندا ويليامز، د.واد آدمز ، تكنولوجيا النانو ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008 ص.31

معقدة لكنها ثنائية الأبعاد ذات سطح مستوي ترتبط جزئياتها ببعضها بواسطة الرابطة التساهمية التي تربط الأجسام الصلبة ببعضها البعض تتجمع معاً في شبكات آو سلاسل كبيرة ، وتستخدم كل ذرة كربون ثلاثة من إلكتروناتها في تكوين روابط بسيطة مع الذرات الثلاثة الأقرب لها، تتحد الذرات الموجودة داخل طبقات الجرافيت المسطحة ببعضها البعض عن طريق الروابط التساهمية القوية الموجودة بطبقة الجرافيت بأكمله ، وللجرافيت ملمس ناعم ويستخدم كمزيت جاف للأقفال والأدوات الرياضية ولكي ينصهر الجرافيت لا بد من تكسير روابطه بالكامل أولا ، إضافة إلى هذا فإن الجرافيت لا يذوب في الماء أو المذيبات العضوية ولكنه موصل جيد للكهرباء. وهو أضعف صور الكربون المعروفة ويمكن تخليق الجرافيت التجاري بمعالجة فحم البترول (رواسب القطران الأسود المتبقي من عملية تكرير البترول الخام) داخل أفران خالية من الأكسجين ومن أهم صور الجرافيت فحم الكوك الذي يستخدم في صناعة الصلب وينتج فحم الكوك عن حرق الفحم الناعم في الأفران بمعزل عن الأكسجين.[63]

الماس:

يعتبر أيضاً الماس شكل من أشكال الكربون، حيث تتميز جزيئاته بأنها من أقوى الجزيئات التي تترتب ذراتها في أشكال صلبة ثلاثية الأبعاد مرتبطة بروابط تساهمية حيث ترتبط الذرة الواحدة بأربع ذرات متجاورة، وهذا الشكل البلوري ثلاثي الأبعاد يجعل الماس صلباً جداً ويستعصى قطعة بالآلات الحادة المصنعة من الحديد الصلب لأن الماس هو أقوى المعادن صلابة وهذا هو سر إرتفاع أسعارة مقارنة بغيرة من المعادن.



الشكل (١١) بعض نماذج الأشكال البلورية للألماس الطبيعي

الشكل (21) بعض نماذج الأشكال البلورية للألماس الطبيعي[64]

[63] م.جهاد سعيد يوسف بحث بعنوان النانو للمبتدئين، مجلة النانو، العدد الثالث، مايو 2009 .ص15

[64] www.arab-ency.com/index.php?module=pnEncyclop.

والماس لا ينصهر إلا في درجات حرارة مرتفعة جدا تصل إلى 4000 درجة مئوية وهو غير قابل للذوبان في الماء مثل الجرافيت ولكنه ردئ التوصيل الكهربائي نظراً للترابط القوي بين الذرات مما يعيق حركة الإلكترونات والتي هي أساس تدفق التيار الكهربائي حيث كلما زادت الإلكترونات الحرة زادت قابلية العنصر لتوصيل الكهرباء وكلما قل عدد الإلكترونات الحرة قلت قابلية العنصر للتوصيل الكهربائي.

الشكل (22) تركيب الألماس[65]

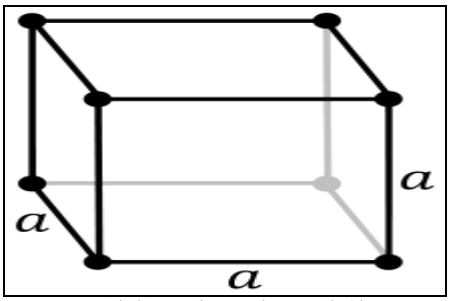
وهناك أكثر من عشرة أنواع من الألماس الصناعي أشهرها (المازنيت) وهو أقسى من الألماس أو مقارب له في القساوة ولكنة ليس أحادي التركيب فهو(مركب من عنصري الكربون مع السيلكون بما يعرف كربيد السليكون). ويبلغ عمر أقدم ألماسه موجودة من عمر تكوين الأرض وأما أحدث ماسة حوالي 5 ملايين سنة تقريبا. والكربون هو أكثر المواد المعروفة وذات الفائدة من بين ما يزيد على 3000 عنصر مكتشف اليوم. وقد عرَف الألماس منذ القدم كأحد الأحجار ذات القيمة التجارية. وأزدادت شعبية الألماس في القرن التاسع عشر مع إزدياد الإنتاج العالمي وتحسن الطرق التجارية مع العالم ودخول الطرق العلمية في القطع والصقل والإحتكار العالمي لتلك السلعة من قبل بعض أفراد الشركات. وللألماس صفات فيزيائية كثيرة ولكن أشهرها الصلابة والقساوة فهو وحده على درجة 10\10 في سلم درجات (موس) العالمي للأحجار (أصلبها 10- وأضعفها 0) ويعتبر الياقوت الثاني بعد الألماس برقم 9 والزمرد. وللنظام البلوري خاصية تشتيت الضوء ولكن في الألماس تعتبر عالية للضوء. لهذا السبب، فإن الألماس حجر ذو قيمة مهمة في صناعة الحلي بالإضافة إلى إستعمالات صناعية أخرى مثل استخدام الألماس على رأس أنابيب حفر الآبار العميقة كالماء والبترول والغاز الطبيعي بالإضافة إلى استخداماته في الأجهزة الإلكترونية والأجهزة الطبية والمعدات الصناعية وقص الزجاج وغيرها.

---

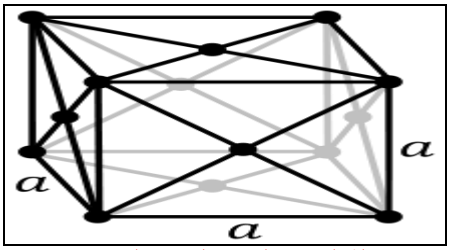
[65] ar.wikipedia.org/wiki/

تكوين الألماس

بالإضافة إلى ما هو معروف علمياً أنه يتكون من عنصر الكربون الأساسي والمهم لكل أنواع الحياة ، فعند تعريضه لدرجة عالية جداً للحرارة والضغط العالي تحت طبقات الأرض يبدأ التكوين وبحسب النظريات العلمية على عمق مائه وخمسين كيلومتر تحت طبقة القارات وهو الحجر الوحيد من بين الأحجار الكريمة جميعها المتكون من (عنصر واحد) ،فألماس يختلف كثيراً عن جميع الأحجار الكريمة الأخرى وحتى عن العنصرين الآخرين المتكونين من الكربون أيضا الجرافيت والونسداليت (graphite and lonsdaleite) ان الكربون بطبيعته يحتوي على ستة بروتونات وستة الكترونات محيطة بالنواة، أربعة الكترونات من ستة متكافئة وهي قادرة على تكوين روابط قوية جداً مع ذرات أخرى لتكوين مجموعات بلوريه ذات روابط أقوى بما يعرف التبلور (الألماس)[66]



الشكل (23) التكوين التكعيبي للإلماس



الشكل (24) التكوين التكعيبي المركزي

ولكن في حالة الجرافيت فإن 3 من أصل 4 الكترونات المتكافئة تكون فقط قادرة على تكوين تلك الروابط، بالنتيجة هي بناء روابط صفيحيه منبسطة جرافيتية من ذرات الكربون الهشة والقاتمة جداً، وتكون قويه كذرات منفردة

[66] http://ar.wikipedia.org

ومنفصلة كوحدات، إلا أنها هشه جداً وذلك لضعف الروابط بين الوحدات الذرية لدرجة أن الجرافيت يصبح أحيانا لزجاً جداً ،وذلك لان الكربون هو عنصر لافلزي قابل للتأكسد وتكوين الأحماض.

وتتم عملية التحول من الشكل الكربوني إلى شكل الألماس داخل الحمم البركانية الذائبة في باطن الأرض ثم تحمل الحمم البركانية المنبعثة والمنقذفه أثناء الانفجار والثوران البركاني الصخور ألحامله للألماس داخل تلك الصخور المتحولة أو المنسلخة تحت وطأة الضغط الباطني للأرض والحرارة العالية جدا، فتجري أنهار من ألحمم ألبركانية في رحم الأرض لمسافات كبيرة حاملةً معها الألماس. ان جود عنصر الكربون في عدة صور مختلفة في الخواص الفيزيائية ومتشابهة في الخواص الكيميائية يعرف بظاهرة **التآصل**[67]. ويتميز الكربون بهذه الظاهرة، إذ يوجد منفرداً في الطبيعة في عدة صور منها ما هو بلّوري مثل الجرافيت وألماس ومنها ما هو غير بلّوري مثل الفحم النباتي والفحم الحجري وفحم الكوك وبتعريف آخر هو جسد كربوني صلب جداً مُقيد ومُوثق برباط الوصل الذري ألذي يشد الجزيئات إلى بعضها البعض بقوه وبتنظيمات مكررة ومنظمة ومتساوية كمجموعات، وعادة ما تكون الأسطح الخارجية للألماس ملساء نظرا للطبيعة المتناسقة والمتماثلة والمحدودة والمتناهية لذلك فان الظروف الضرورية لتكوين الألماس وبعض الأحجار الكريمة الأخرى تعتمد كثيرا على نوع العناصر المكونة كشرط مبدئي وأساسي، هناك عناصر من قشرة الأرض الجافة أو قشرة أرض ألمحيطات يجب أن تتحد بخصائص محدوده تحت ألضغط وألحرارة ويجب أن تتم عملية التبريد بوقت محدود لتتشكل القطع الكريستالية ،لذلك احتمالية أن توافر كافة العناصر والظروف الضرورية للتكوين من الحرارة والضغط والوقت لتشكل الكرستالة هو احتمال جدا ضيق وشبه مستحيل أحيانا ،لهذا تتواجد الأحجار الكريمة بشكل عام والألماس بشكل خاص في مناطق دون غيرها وهذا الذي يجعلها بشكل عام نادرة الوجود.

مقارنة بين الجرافيت والماس والفلورين

- تتكون العناصر الثلاثة من ذرات كربونية ففي الجرافيت ترتبط كل ذرة بثلاث ذرات متجاورة، وبما أن المدار الخارجي للذرة يحتوي على أربعة إلكترونات وقد أرتبط ثلاثة منهم بثلاث من ذرة مجاورة فيتبقى إلكترون واحد حر التنقل في الجزئ (Free Electrons) وبما أن التيار

[67] التآصل (Allotropy) هو ظاهرة توجد في بعض المواد تؤدي إلى وجودها بأشكال متعددة نتيجة لاختلاف تركيبها البللوري مع تشابه تركيبها الكيميائي. ومثال ذلك الألماس والجرافيت وهما مادتان تتكونا من الكربون. استحدث الكيميائي السويدي جونز جاكوب برزليوس مفهوم التآصل عام 1841.

الكهربائي ينتج عن حركة الإلكترونات فإننا نعتبر الجرافيت موصلاً جيداً للكهرباء.

- الماس ترتبط كل ذرة بأربع ذرات متجاورات فلا توجد إلكترونات حرة تمرر التيار الكهربائي عبر الماس ولذلك يعتبر الماس ردئ التوصيل للكهرباء.
- الفلورينات تتمتع ببعض خصائص الماس والجرافيت وهي موصل جيد للكهرباء مثل الجرافيت وشديدة الصلابة مثل الماس. وتتخلق الفلورينات وأنابيب "النانو" الكربونية بصورة طبيعية من الهباب الناتج عن اللهب .

الجدول رقم (5) - التطور الزمني لاكتشافات تكنولوجيا "النانو"[68]

العام	الإكتشاف
1959	فاينمن وفكرة العالم متناهي الصغر
1970-1960	حصول فاينمن وأثنين آخرين من العلماء على جائزة نوبل في الفيزياء الكمية
1980-1970	بدأ مركز أبحاث زيروكس تطوير تقنية النسخ بالحبر الإلكتروني في سبعينات القرن العشري
1981	إختراع ميكرسكوب المسح النفقي
1986	إختراع ميكرسكوب التصوير الذري
1990	إختراع الميكرسكوب قريب المدى
1996	فوز كل من صمولي وكيرل وكروتو بجائزة نوبل في الكيمياء لإكتشافهم مجموعة الفلورينات
2000	قيام إحدى الجامعات بإنتاج الجزيئات بطريقة التركيب الذري
2010-2000	إستخدام جسيمات النانو في علاج الخلايا السرطانية تحديد مسميات ومفاهيم لمواد النانو ومخاطر التعرض لها شيوع طرق العلاج باستخدام طب النانو وشريحة المختبر النانوي

[68] لیندا ویلیامز، د. واد آدمز ، تكنولوجيا النانو ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008 ص.18.

الفصل الرابع

مصطلحات تكنولوجيا النانو

الفصل الرابع – مصطلحات تكنولوجيا "النانو

المقدمة

لقد تحدثت بالفصل الأول عن الذرة ومكوناتها والإلكترون وبالفصل الثاني عن مقدمة في علم "النانو" وبالفصل الثالث عن تعريف "النانو" وما هي تقنية "النانو" وقبل التوسع عن تقنية "النانو" أحببت أن أسلط الضوء على أهم المصطلحات الهامة المرتبطة بتكنولوجيا "النانو" لتساعد القراء على فهم جميع المصطلحات المتعلقة بهذه التكنولوجيا ومن ثم سأتطرق إلى شرح مفصل لجميع الأدوات المستخدمة في هذه التكنولوجيا.

المصطلحات المتعلقة بتكنولوجيا "النانو":

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	تعريفة
ميكروسكوب القوة الذرية	Atomic Force Microscope, AFM	هو جهاز يستخدم في مجال تقنية "النانو" لمعرفة ورسم تضاريس السطوح ذات الأبعاد النانوية والميكرونية وهو عبارة عن مجهر يعطي معلومات عن تضاريس سطح المادة بدقة تصل الى المستوى الذري حيث تعمل مجساته على مسح تضاريس المواد بدقة متناهية عن طريق حساب أي مقاومة يتعرض لها المجس وهذا الميكروسكوب له قدرة تحليل تصل إلى اجزاء من النانومتر حيث انه يفوق حد تكبير الميكروسكوبات الضوئية بأكثر من 1000 مرة، وتم اختراعة من قبل Quate و Gerber في العام 1986. وتوفر أول جهاز للاستخدام في المختبرات العلمية في العام 1986.
جهاز الاستشعار البيولوجي	Nano-biosensors	هو جهاز إستشعار متقدم يستخدم للكشف عن البكتيريا والغازات والهرمونات وبدقة تصل لحد إكتشاف بضعة جزئيات ويدخل في تركيبة مواد عضوية
كرات بوكي	Bucky ball	هي جزيئات كروية من الكربون وتتكون عادة من 60 ذرة كربون على شكل كرة القدم حيث تترتب ذرات الكربون بشكل سداسي
طريقة البناء	Bottom up	هي طريقة بناء المواد بوضع الذرة

		بجانب الذرة الاخرى او الجزئ بجانب الجزئ الاخر حتى تتكون مركبات وهياكل عضوية وغير عضوية مكونة من عدة ذرات وجزئيات
انابيب "النانو" الكربونية	Carbon nanotubes	هي أنابيب كربونية إسطوانية الشكل ورقيقة للغاية، قطرها نانو وهي عبارة عن رقائق من الجرافيت ملفوفة على شكل أنبوب اسطواني وهذه الانابيب تتميز بخصائص إستثنائية الكترونية وحرارية وميكانيكية وتركيبية مما يجعلها أخف من الالمنيوم وأقوى بخمسة أضعاف من الحديد الصلب وهناك نوعان من أنابيب "النانو" الكربونية وحيدة الجدار أي ذات طبقة وحيدة والنوع الاخر أنابيب "النانو" الكربونية متعددة الجدر
الحفاز	Catalyst	هو مادة تعمل على زيادة معدل التفاعل الكيميائي من خلال الحد والتقليل من الطاقة الفعالة ولا تتغير هذه المادة بالتفاعل والحفاز يعمل على توفير سطح ملائم للتفاعل من خلال اتاحة الفرصة لمزيد من الجسيمات للاصطدام مع بعضها البعض
الرقائق الالكترونية (المعالج الدقيق)	Chips	تسمى بإسم المشغلات او المعالجات الدقيقة وهي عبارة عن قطعة الكترونية صغيرة تحتوي على رقائق صغيرة من اشباة الموصلات السيليكون والتي صنعت لاداء الوظائف الالكترونية في الدوائر المتكاملة
المركب	Composites	هو مادة مركبة من مادتين او اكثر تختلف خواصها عن المواد المكونة لها وتكون احد مكونات هذا المركب مقواة بالمادة الاخرى حيث تعمل هذه الخاصية على تحسين خصائص مواد المركب بشكل عام وعادة تكون المادة الاساسية في طور السائل اما مواد التقوية عادة ما تكون جسيمات او الياف، والاسمنت المقوى بقضبان الفولاذ من الامثلة الاولية للمركبات
المجهر الالكتروني	Electron Microscope	عبارة عن مجهر يستخدم حزمة من الالكترونات بدلا من الضوء المستخدم في المجاهر التقليدية ويتميز بقوة تكبيير

		عالية تفوق افضل المجاهر البصرية باكثر من مئة مره
خلايا الوقود	Fuel Cells	هي خلية كهروكيميائية تعمل على تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية حيث تنتج الكهرباء والحرارة من الوقود (الهيدروجين والاكسجين) دون الحاجة الى الاحتراق في عملية تحليل كهربائي عكسي محفزة باستمرار
الطباعة	Lithography	عبارة عن مجموعة من اساليب الكتابة على التراكيب او الهياكل باستخدام مجسات خاصة ، هناك انواع مهمة من الطباعة منها الضوئية والتي تستخدم الضوء ومنها الكترونية وتستخدم فيها حزمة الالكترونات
الجزئ	Molecule	مجموعة ذرات مرتبطة معا بروابط كيميائية
قانون مور	Moor's Law	قانون شهير في مجال الالكترونيات حيث اقترح مور ان عدد الترانزستورات لكل بوصة مربعة في الدوائر المتكاملة يتضاعف كل 18 شهر منذ تصنيعها وذلك في عام 1965
تقنية "النانو" البيولوجية	Nono biotechnolgy	استخدام تقنية "النانو" في بناء اجهزة تمكن من دراسة النظم البيولوجية
نانوبوت	Nanobot	عبارة عن روبوت ذو ابعاد بحجم "النانو" وتكون اما ميكانيكية او كهروميكانيكية
مركبات "النانو"	Nanocomposites	مركبات تتكون عادة من مركبين اثنين او اكثر من المواد وتكون احد مركباتها ذات ابعاد اقل من 100 نانومتر
بلورات "النانو"	Nanocrystals	مواد صلبة صغيرة بلورية وتكون المسافات متساوية بين كل ذرة واخرى او جزء واخر وبلورات "النانو" لها تطبيقات كثيرة وهامة منها الالكترونيات البصرية حيث لها القدرة على تغير الطول الموجي للضوء ولها تطبيقات اخرى في الخلايا الشمسية وغيرها
نانو متر	Nanometer	واحد من المليار من المتر
جسيمات "النانو"	Nanoparticles	هي الجسيمات التي تقل ابعادها او احد ابعادها عن 100 نانومتر
مقياس "النانو"	Nanosclae	هو مقياس يستخدم لحساب وقياس ابعاد تتراوح من 0.1 الى 100 نانومتر

علم "النانو"	Nanoscience	هو العلم الذي يتعامل مع المواد في مستواها الذري والجزئي بمقياس لا يزيد عن 100 نانومتر وهو ايضا علم يهتم باكتشاف ودراسة الخصائص المميزة لمواد "النانو"
تقنية "النانو"	Nanotechnology	التقنية التي تعطينا القدرة على التحكم المباشر في المواد والاجهزة التي ابعادها تقل عن 100 نانومتر وذلك بتصنيعها وبمراقبتها وقياس ودراسة خصائصها
صدفات "النانو"	Nanoshells	هي جسيمات في ابعاد "النانو" لها عبارة عن قشرة او طبقة معدنية رقيقة تحيط بكرة مصنوعة من مادة شبة موصلة، لها القدرة على امتصاص او تشتيت الضوء في جميع اطواله الموجبة
تراكيب "النانو"	Nanostructure	تركيب وهياكل بنيت من مواد "النانو" وهي مواد بنية مجهرية (Microstructure) يميزها قياس طول قليل 1-100 نانومتر، وهذه البنية المجهرية تشير على التركيب الكيميائي وترتيب الذرات (بنية الذرة) وحجم المواد الصلبة ببعد واحد أو بعدين أو ثلاثة أبعاد. والمواد ذات البنية النانوية من الممكن أن تجمع ضمن الدقائق النانوية (Nanoparticles) أي الكتلة البنائية والحالات الوسطية النانوية (NanoIntermediates) والمواد المتراكبة النانوية (Nanocomposites) وقد تكون هذه المواد متوازنة أو غير متوازنة ثرموديناميكيا.
انابيب "النانو"	Nanotubes	انابيب في مقياس "النانو" من امثلتها انابيب "النانو" الكربونية هو عبارة عن انابيب اسطوانية من ذرات الكربون ذات بعد واحد مرتبة بشكل سداسي او خماسي ولها خصائص فيزيائية مميزة جدا.
التصنيع الدقيق	Nanofabrication	تصميم وتصنيع اجهزة بابعاد "النانو"
طباعة "النانو"	NanoLithography	اي عمل من حفر او كتابة او طباعة في نطاق مقياس "النانو"، ويعد الميكروسكوب النفقي الماسح(STM) وميكرسكوب القوة الذرية (AFM) من الادوات التي يمكن بها الحفر والكتابة

		والطباعة على سطح ذو ابعاد ذرية
البئر الكمي	Quantum well	هو مفهوم يستخدم لتفسير سلوك الطاقات النانونية المقيدة وخاصة توزيع الطاقات الميكانيكية
الاسلاك الكمية	Quantum wires	مصطلح اخر لاسلاك "النانو"
البايت الكمي	Quantum bit	اصغر وحدة معلوماتية تستخدم في الحوسبة الكمية
المجهر الالكتروني الماسح	SEM	هو تقنية تصورية تعمل عن طريق تسليط حزمة من الالكترونات للمنطقة المراد دراستها حيث يتم التفاعل بين الالكترونات وذرات السطح مولدة ثلاثة انواع من الاشعة ، الالكترونات المتشتتة من الخلف والالكترونات الثانوية واشعة اكس.
مجهر المجس الماسح	SPM	تحتوي هذه المجاهر على مجس يعمل على تجميع معلومات السطح وذلك عن طريقة التفاعل بين المجس وتضاريس السطح المراد دراسته ، ويندرج تحت هذا النوع مجهر التأثير النفقي الماسح ومجهر القوة الذرية.
مجهر التاثير النفقي الماسح	STM	يعمل عن طريق الحصول على صور للذرات الموجودة على السطح بواسطة مجس ماسح
التجمع الذاتي	Self-Assembly	هو عباة عن ظاهرة طبيعية لتجمع الجزيئات او الذرات في نظم وتراكيب معقدة ، كما هو الحال مع انابيب "النانو" الكربونية.
طريقة التصغير	Top down	يتم إستخدام طرق مختلفة مثل التكسير أو النحت أو الإذابة للمواد الكمية وذلك لتقليل حجمها والوصول الى مواد ذات أحجام في مستوى ابعاد "النانو".
التوليف	Synthesis	هو مصطلح يستخدم لوصف طريقة تحضير وتشكيل مركبات أكثر تعقيداً بإستخدام مكونات بسيطة
طرق التوليف	Synthesis methods	هو وصف للبروتوكول المستخدم لتركيب وانشاء مواد جديدة
المجهر الالكتروني النفاذي	Transmission Electron Microscope (TEM)	أحد أنواع المجاهر الالكترونية وفية تستخدم حزمة من الالكترونات ذات الطاقة العالية لدراسة التركيب الدقيق للعينات وذلك عن طريق الالكترونات النافذة من خلال العينة المدروسة
تحليل اشعة اكس	X-ray analysis	هو عبارة عن تطبيق من تطبيقات اشعة

		اكس للتميز بين العناصر الثقيلة من الخفيفة ويستخدم كذلك في تحديد ومعرفة العناصر الموجودة بالمادة
حيود اشعة اكس	X-ray diffraction	عبارة عن تشتت أشعة إكس من العينَات البلورية والذي يعطي انماط تداخل معينة يمكن من خلالها دراسة التراكيب الدقيقة لهذه البلورات
التجزئة		اختبار خواص احدى العينات يتم التحكم فيه، وذلك بالاستعانة بالمشاهدات والمقاييس المسجلة.
التسمية	nomenclature	تعتبر التسمية الكيميائية نظاما موحدا يستخدم لتسمية المركبات الكيميائية وترجع اهمية التسمية الى ضرورة تحديد وتعريف المواد متناهية الصغر ومن امثلة التسميات في تكنولوجيا ‘‘النانو’’ مواد ‘‘النانو’’ التي تتمتع بالتركيب الكيميائي نفسه مع اختلاف صورها ، مثل الكربون الاسود والماس وانابيب ‘‘النانو’’، هذا غير ان مواد ‘‘النانو’’ التي لها التركيب الكيميائي نفسه مع اختلاف الحجم مثل البلورات الكمية والتي تحتاج الى تعريفات مختلفة ومقاييس منظمة.
التسمية البيولوجية		تستخدم في علم الحيوان للتمييز بين خصائص الفصائل والاجناس الحيوانية المختلفة ويعتمد علم الأحياء على قوانين محددة للتسمية يعلمها جميع العلماء ويطبقونها
البلورات الكهروضغطية		هي بلورات قادرة على توليد الجهد كاستجابة للضغط الميكانيكي الواقع
المحرك الكهروضغطي		هو محرك كهربي يعتمد على تغير شكل المادة في مجال كهربي
النقاط الكمومية	quantum dot	عبارة عن شبه موصل، تكون أيكسيتوناته محددة (مقصورة) ضمن نطاق الثلاثة أبعاد المكانية تكون لتلك المواد خصائصاً إلكترونية تتوسط بين كتل أشباه الموصلات والجزيئات المنفصلة اكتشفها Ekimov Alexei في مطلع الثمانينات من القرن العشرين في مصفوفة زجاجية وكذلك اكتشفها Louis E. Brus في المحاليل الغروانية. إلا أن Mark Reed هو من صاغ مصطلح

		"نقطة كمومية". النقاط الكمومية هي أشباه موصلات تتسم خصائصها الإلكترونية بأنها شديدة القرب والارتباط بحجم وشكل البلورة المفردة كلما تناقص حجم البلورة، كلما تزايدت فجوة النطاق، وكلما تزايد فرق الطاقة فيما بين أعلى نطاق تكافؤ (حزمة تكافؤ) وأقل نطاق توصيل (حزمة توصيل) يصبح عليه الأمر، ومن ثم، تكون هناك حاجةٍ إلى المزيد من الطاقة لإثارة النقطة وفي الوقت ذاته، تنبعث المزيد من الطاقة عند عودة البلورة لحالتها المستقرة
البنية النانوية	Nanostructure	هي الأغراض ذات الأحجام المتوسطة بين البنى الجزيئية وبين البنى المجهرية (ذات الحجم الميكرومتري)
المواد ذات البنية النانوية		تتكون من بلورات بحجم نانومتري من الذهب Au أو كلوريد الصوديوم مع اتجاهات بلورية مختلفة (Crystallographic orientations) أو تريكب كيميائي يختلف كثيرا عن توازنها الثرموديناميكي وهذه المواد تخلق بكيميائ ما فوق الجزيئ (Supramolecular) منتجة تجمعات نانوية تكون أمثلة لهذه التوازنات الثرموديناميكية.
القفص النانوي	Nanocage	هي جسيمات الذهب النانوية المسامية الجوفاء والمرتبة في أحجامٍ تتراوح من 10 إلى 150 نانومتراً. ويتم إنتاج مثل تلك الجسيمات بواسطة تفاعل جسيمات الفضة النانوية مع حمض كلوروذهبيك (chloroauric acid)($H A Cl_4$) في الماء المغلي. حيث أنه في حين امتصاص الجزيئات النانوية الذهبية للضوء في مطياف الضوء المرئي (عند 45 نانومتراً تقريباً)، تمتص الأقفاص النانوية الذهبية الضوء حينئذٍ في المستويات القريبة من الاشعة تحت الحمراء (near-infrared)، حيث تمتص هناك الأنسجة الحيوية الكم الأقل من الضوء. نتيجة أنها أيضاً متوافقةً ضوئياً، تمثل الأقفاص النانوية الذهبية مجالاً واعداً

		على سبيل أنها تمثل مادة تباينٍ في مجال التصوير الطبقي للتماسك البصري optical coherence]] tomography}}، والذي يستخدم التشتت الضوئي بطريقةٍ مشابهةٍ للموجات فوق الصوتية صورٍ حيويةٍ (في- الحيوية) للأنسجةٍ ذات دقة الوضوح التي تقارب الميكرومترات القليلة. تكون مادة التباين مطلوبةً لو أن لهذا الأسلوب القدرة على تصوير الأورام السرطانية في مرحلةٍ مبكرةٍ والتي تُعَدُ مرحلة القابلية للعلاج. هذا وتمتص الأقفاص النانوية الذهبية الضوء ثم تسخن بعد ذلك، مما يؤدي إلى قتل الخلايا السرطانينة المحيطة. كما وظفت مجموعة Xia، العاملة بجامعة واشنطن، والتي تمثل المخترع الأصلي للأقفاص النانوية الأقفاص النانوية ذات الأجسام المضادة للسرطانات، ثم استطاعوا ربط الأقفاص النانوية الذهبية بالخلايا السرطانية بصورةٍ خاصةٍ.
هندسة نانوية	Nanoengineering	هو مصطلح مزاولة الهندسة في المقاييس النانومترية. يستند الاسم إلى النانومتر، الذي هو وحدة قياس ما يعادل واحد من المليار من المتر. الهندسة النانوية ترتبط ارتباطا وثيقا بتقنية "النانو". أول برنامج الهندسة النانوية في العالم وقد بدأ في جامعة تورونتو في العلوم الهندسية البرنامج بوصفه واحدا من خيارات للدراسة في السنوات الأخيرة. في عام 2003، بدأ معهد لوند للتكنولوجيا في برنامج الهندسة النانوية. في عام 2005، أنشأت جامعة واترلو برنامج فريد من نوعه الذي يوفر درجة كاملة في هندسة تقنية "النانو".و جامعة كاليفورنيا في سان دييغو ثم بعد ذلك بفترة قصيرة في عام 2007 مع قسم خاص للهندسة النانوية

علم الأحياء النانوي	Bionanosciences	هو مجال البحث التي ظهر نتيجة لاندماج بين العلوم النانوية (أو التقانة النانوية) وعلوم الاحياء. ويركز على الظواهر النانومترية الحجم في علم الأحياء ،و الموادالمصنعة عن طريق المحاكاة الاحيائية Biomimicry (محاكاة الطبيعة). وهو يركز على البحوث العلمية الأساسية لتطوير العلوم النانوية والتكنولوجيا النانوية فضلا عن علم الأحياء والطب. يشمل علم الأحياء النانوي خواص المواد وتطبيقاتها الميكانيكية (مثل تشوه، الالتصاق، وفشل)، والكهربائية / الإلكترونية (مثل التحفيز الكهربائية، المكثفات، تخزين الطاقة / البطاريات)، والبصرية (مثل الاستيعاب، والتألق، والكيمياء الضوئية، والحرارية، والبيولوجية (مثل خلايا كيف تتفاعل مع المواد متناهية الصغر، الجزيئية العيوب / عيوب، التحس الاحيائي)، والعلوم الدقيقة للمرض (مثل الامراض الوراثية، والسرطان، وفشل الأجهزة أو الأنسجة)، فضلا عن الحوسبة (مثل حوسبة DNA). هذا المجال تعتمد على مجموعة متنوعة من طرائق البحث، بما فيها الأدوات التجريبية (مثل التصوير والوصف عبر مجهر Atomic force microscope القوة الذرية / الملاقيط البصرية وغيرها، وحيود الأشعة السينية، من خلال التوليف الذاتي والتجمع وإعادة الاتحاد لحمض النووي(تقنيات الهندسة الوراثية)...الخ)، مثل الميكانيكا الاحصائية ،الميكانيكا النانوية، وما إلى ذلك)، وكذلك النهج الحسابية (محاكاة من أسفل إلى أعلى المتعددة bottom-up multi-scale simulation وحاسوب عملاق).
الخلية العصبية	Neuron	هي الخلية المخصصة لنقل الايعازات بشكل الكتروكيميائي
الحامض النووي الرايبي	Nueleic Acid Ribo	عبارة عن شريط واحد يحتوي على اليوراسيل وعلى سكر الرايبوز يوجد في

		النواة ضمن النوية وفي السايتوبلازم والرايبوسومات ووظيفته بناء البروتين ونقل الصفات الوراثية
السائل الهلام	Sol-Gel	هي عملية تحول المادة من محلول اكثر غروية إلى شكل جيلاتيني صلب كما في الزجاج والسيراميك
التجمع الذاتي	Self-Assemply	ظاهرة طبيعية لتجمع الذرات أو الجزيئات في نظم وتراكيب معقدة كما هو الحال مع انابيب الكربون النانوية
الروابط الكيميائية	Synapse	هي الروابط المخصصة لربط الخلية العصبية المفردة الواحدة مع الأخرى ومجموع هذه الخلايا العصبية يكون الجهاز العصبي المركزي

أنواع الجسيمات النانوية:

يمكن تصنيف الجسيمات النانوية التي تم تحضيرها حتى الآن إلى ثلاثة أصناف رئيسية

1. الجسيمات المعدنية
2. الجسيمات شبة الموصلة
3. الجسيمات المبلمرة.

الخصائص والصفات الجديدة للجسيمات النانوية[69]:

لقد وجد أن الحصول على بعض المواد بحجمها النانوي يؤدي إلى ظهور خواص كيميائية أو فيزيائية جديدة لهذه المادة، فقد وجد بأن التوصيل الكهربائي للكربون على الشكل (الأنبوب النانوي) هو أكثر منه في الشكل الألماسي، كما لوحظ أن الذهب يكتسب خواص تحفيزية عند تحضيره على شكل نانوي. كما أن السيليكون يصبح متوهجاً عند تحضير جسيمات نانوية منه حيث يختلف التوهج بإختلاف حجم الجسيم النانوي. فمثلاً الجسيمات النانوية ذات البعد 1 نانومتر تعطي وهجاً أزرق بينما الأكبر منها حجماً تعطي وهجاً أحمر.

ويمكن إستخدام هذه الخواص الفيزيوكيمائية في تطبيقات تقنية نانوية جديدة. فمثلاً يُستخدم الضوء الأحمر للذهب النانوي لقتل الخلايا السرطانية دون إحداث أذى للخلايا السليمة. كما يمكن إستخدام التوهج الطبيعي لجسيمات السيليكون في وسم الجزيئات الكيموحيوية المختلفة وبالتالي إستخدامها كطريقة للكشف عن هذه المكونًات في أنظمة حيوية مختلفة.

[69] أ.د. خالد بن مصطفى أبو صلاح، التقنية الحيوية النانوية، طرق التصميم والإنتاج النانوي، مجلة تقنية النانو، العدد الثالث، 2008 ، ص.19

الحجم[70]

- يؤدي تغير الحجم إلى حدوث تغير مقابل في طبيعة سلوك الجسيمات. فمثلا، إذا صغر حجم جسيم "النانو" عن الطول الطبيعي للإلكترونات أو الفونونات (طاقة الذبذبة)، فإن ذلك يؤدي إلى ظهور أشكال جديدة من التيار الكهربي أو الإنتقال الحراري.
- تتغير الخصائص الديناميكية الحرارية، بما في ذلك المغناطيسية والكهرباء والقدرة الفائقة على التوصيل. عندما تصبح التراكيب بالغة الضآلة وتحتوي على عدد ضئيل من جسيمات "النانو" أو على نظام بالحجم نفسه الذي يميز حجم الجسيم.
- تتميز هذة الأنظمة التي يتروح حجمها بين بضعة أجزاء من عشرة من النانومتر إلى عشرة نانومتر تقريباً، بأنها تقع بين الأحجام العادية والكمية.
- أدى التقدم في تخزين البيانات وتكنولوجيا المعلومات إلى زيادة أعداد الأبحاث التي تتناول الخواص المغناطيسية عند مستوى "النانو". وتتمتع مغناطيسية الجزيئات المعقدة التي تحتوي على الكثير من الذرات بمغناطيسية مركزة بخواص غير عادية.
- على سبيل المثال، تمكّن فريق من العلماء من تحسين قدرة التصوير بالرنين المغناطيسي عن طريق القياس المباشر لإشارة مغناطيسية ضعيفة تصدر عن إلكترون واحد داخل عينة صلبة، وتعتبر هذة النتيجة مهمة في تصميم ميكروسكوب يكوّن صورًا ثلاثية الأبعاد للجزيئات بدرجة دقة وضوح ذرية.
- سوف يتيح إستخدام هذة الأداة للعلماء والمهندسين دراسة المواد مثل البروتينات والعقاقير والدوائر المتكاملة والمواد المحفزة الصناعية عن كثب.
- سوف يؤدي التغير في القوة التركيبية لأحد العناصر بالغة الصغر وكذلك خصائص الاحتكاك وتدفق الموائع (مثل المزيتات) إلى ظهور طرق تصميم جديدة لإجهزة "النانو".
- ثمة بعض العيوب الناتجة عن العمل بمقياس "النانو"، فإذا أراد العلماء تصنيع الأجهزة عند مستوى "النانو" لابد من دراسة خصائصها المعيارية، وعلية ستتغير كذلك خصائص التغير الميكانيكي والتصدع وزيادة توتر السطح والانتشار والتآكل التي ترتبط جميعها بنسبة مساحة السطح إلى الحجم. حتى خصائص الحرارة بالنسبة لأجهزة "النانو" ستختلف كلية عن الأحجام الكبيرة بعد تصغيرها.

---

[70] ليندا ويليامز، د.واد آدمز، تكنولوجيا النانو، وسائل الإتصال، ترجمة د. خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008. ص.269

جسيمات الفضة نانوية (Silver nanoparticles)

الفضة عنصر كيميائي له الرمز Ag والعدد الذري 47 في الجدول الدوري للعناصر. وهي جسيمات متناهية الصغر للفضة، بمعنى أنها جسيمات الفضة التي يتراوح حجمها ما بين (1 نانومتر - 100 نانومتر) وعادة ما وُصفت بأنها "فضة" وبعضها يتكون من نسبة مئوية كبيرة من أكسيد الفضة نظراً للنسبة السطحية الكبيرة التي يمتلكها مقارنة مع ذرات الفضة السائبة

التخليق "التحضير:

هناك طرق عديدة ومختلفة لإنتاج جسيمات الفضة النانوية ويمكن تقسيمها إلى ثلاث فئات عريضة : الترسيب الفيزيائي للبخار (PVD)، زرع الأيونات، أو الكيمياء الرطبة.

أ. الترسيب الفيزيائي للبخار (PVD)

الترسيب الفيزيائي للبخار (يرمز له اختصاراً PVD من Physical vapor deposition) هو وصف عام لعدد من طرق ترسيب البخار تحت التفريغ من أجل القيام بعملية تكوين طبقة سطحية رقيقة على سطح الركازات، وذلك بواسطة طرق فيزيائية مثل إجراء عملية تبخر عند درجات حرارة مرتفعة وتحت الفراغ مع إجراء عمليات تكثيف متتالية، أو القذف بالرش المهبطي للبلازما. وتجري عمليات الترسيب الفيزيائي للبخار دون حدوث تفاعل كيميائي على سطح الركازة. في حال حدوث هذا الأمر يصنف الترسيب على أنه ترسيب كيميائي للبخار. ويستخدم الترسيب الفيزيائي للبخار في مجال تصنيع نبائط أشباه الموصلات ومجال إضافة الأغشية الرقيقة المعدنية على أسطح المواد البلاستيكية.

ب. زرع الأيونات

على الرغم من إنها قد تبدو غير بديهية إلا أن زرع الأيونات قد تم إستخدامه لتصنيع جسيمات الفضة النانوية.[71] وأظهرت هذه العملية إنتاج جسيمات الفضة المتضمنه في البولي يوريثين والسيليكونو البولي إيثيلينو البولي ميثيل ميثأكريلات. وتنموالجسيمات على الركيزة بواسطة قصف الأيونات. ويتم إثبات وجود الجسيمات النانونية بواسطة الإمتصاص الضوئي وذلك على الرغم من عدم معرفة طبيعة الجزيئات التي تم إنشاؤها بإستخدام هذه الطريقة.

ب. الكيمياء الرطبة

هناك العديد من الطرق الكيميائية الرطبة التي تُستخدم في إنتاج جسيمات الفضة النانوية. وعادة ما تتضمن هذه العلمية على حدوث إختزال لملح من أملاح الفضة مثل نترات الفضة ($AgNo_3$) وبإستخدام عامل مختزل مثل

[71] Physics and Chemistry 28: Stepanov, A. L.; Popok, V. N.; Hole, D. E. (2002). Glass

بوروهيدريد الصوديوم ($NaBH_4$) وذلك في وجود مثبت غروي. وقد تم إستخدام بوروهيدريد الصوديوم مع كحول البولي فينيل والبيروليدون بولي فينيل ومصل زلال أو ألبيومين الأبقار (BSA) والسترات والسليلوز كعوامل مثبته. في حالة (BSA) المجموعات الحاملة للكبريت والأكسجين والنيتروجين تخفف من الطاقة السطحية العالية للجسيمات النانوية أثناء عملية الاختزال. ووجد أن مجموعة الهيدروكسيل في السليلوز تساعد على إستقرار الجسيمات. ويحتوي البوليدوبامين المغلف للسليلوز البكتيري المغناطيسي على مجموعات متعددة الوظائف والتي تعمل بمثابة العوامل المختزلة في إعداد موقع أو الوضع الطبيعي للمواد النانوية المُضادة للبكتريا المعاد استخدامها.[72] وقد تم إستخدام السيترات والسليلوز لإنتاج جسيمات الفضة النانوية المستقلة عن العامل المختزل كذلك. وهناك طريقة جديدة إضافية للكيمياء الرطبة والمستخدمة في إنتاج جسيمات الفضة النانوية قد أخذت فرصة استخدام البيتا-داي جلوكوز كسكر مُختزل والنشا كمثبت. أيضاً من المهم أن نلاحظ أن ليس كل الجسيمات النانوية قد صُنعت متشابهه. وقد تبّين أن الحجم والشكل قد يكون لهم تأثير على فعالية الجسم. بالإضافة إلى ذلك فإن حجم الجانب الكريستالي ومحتوى الأكسيد وعدة عوامل أخرى قد تؤثر أيضاً على الخصائص المضادة للميكروبات

جسيمات حديد نانوية[73]

جسيمات الحديد النانوية (Nanoscale iron particles) هي جسيمات أصغر من ميكرومتر مكوَنة من معدن الحديد. وتكون شديدة التفاعل بسبب كبر مساحتها السطحية المعرضة للخارج نسبة إلى الكتلة. في وجود الأوكسجين والماء، تتأكسد بسرعة لتشكيل أيونات حديد حرة. وهي تُستخدم على نطاق واسع في التطبيقات الطبية والمختبرية وكما درسَت لعلاج المواقع الصناعية الملوثة بالمركبات العضوية المكلورة.

جسيمات البلاتين النانونية (Platinum nanoparticles)

عادة ماتكون في شكل معلق أو مادة غروية وهي جسيمات بلاتينية يقل حجمها عن الميكرومتر في السائل؛ ،غالباً ما يكون الماء. ويعرف الجسيم الغرواني من الناحية الفنية على أنه الجسيم الذي يبقى معلقاً دون تشكيل محلول ذائب أو أيوني. والتعريف التجاري الأوسع "للبلاتين الغروي" يشمل المنتجات التي تحتوي على تركيزات مختلفة من البلاتين الأيوني، البلاتين الغروي، مركبات البلاتين الأيونية، أو جسيمات البلاتين النانونية في الماء النقي.

---

[72] موقع الانترنت، ويكيبديا، **Magnetic antimicrobial nanocomposite based on bacterial cellulose and silver nanoparticles**

[73] **www.ar.wikipedia.org**

تتراوح أحجام جسيمات البلاتين النانونية ما بين (2-3) نانومتر. وتريليونات من جسيمات البلاتين النانونية قد علّقت في المحلول الغروي الأحمر البني أو الأسود. والجسيمات النانوية لها طائفة واسعة المدى من الأشكال بما في ذلك المسطحات ،العصويات ،المكعبات، والقبعات.

ونظراً للخصائص المضادة للأكسدة لجسيمات البلاتين النانونية أصبحت مركز اهتمام الباحثين، لما لها من تطبيقات كبيرة في طائفة واسعة من المجالات بما في ذلك تقنية "النانو"، الطب، وتخليق مواد جديدة ذات خصائص فريدة من نوعها.

التخليق "التكوين"

يتمّ تصنيع جسيمات البلاتين النانونية عن طريق إختزال هكسا كلورو بلاتينات $[PtCl_6]^{2-}$. وبعد إذابة الهيكسا كلورو بلاتينات، يتم تقليب المحلول سريعاً أثناء إضافة المادة المختزلة مما يسبب إختزال أيونات البلاتيين ويحولها إلى ذرات بلاتين متعادلة. ولزيادة تكوَن تلك الذرات البلاتينية، يصبح المحلول مشبع لآخر إستيعابه ومن ثم يبدأ البلاتين تدريجياً في الترسيب على هيئة جزيئات حجمها أقل من النانومتر. وآثار بقية الذرات التي تشكل البلاتين تلتصق بالجزيئات الموجودة وإذا تمّ تقليب المحلول بعنف وبشكل كافٍ، ستكون الجزيئات موحدّة إلى حد ما في الحجم. تم تطبيق العديد من الإجراءات للحصول على جسيمات البلاتين النانونية ويتضمن ذلك التسخين، التكثيف الارتجاعي "التكثيف الرادّ"، التبريد، التقليب، الترشيح والتعبئة، الفحص، الاختبار والتغليف. ولمنع الجزيئات من التجمع، يضاف عادة نوعاً من عوامل الاستقرار أو المثبتات والتي تلتصق بسطح الجسيم النانوي. ويمكن أن يتم توظيفها مع ليجندات "مرتبطات" عضوية مختلفة لخلق هجائن "عضوية مع غير عضوية" ذات تخصصية وظيفية متقدمة.

التأثيرات الحيوية

أسفر البحث الذي قام به " يوسي مياموتو" في جامعة طوكيو باليابان عن إستخدام جسيمات البلاتين النانونية ذات الحجم (2-3) نانومتر لزيادة عمر الربداء الرشيقة "Caenorhabditis elegans" (أحد أنواع الديدان الإسطوانية).

وتتواجد الجسيمات النانوية في قضايا السلامة الممكنة طبياً وبيئياً على حدّ سواء ومعظم هذه القضايا عادة ما تنشأ نتيجة لإرتفاع النسبة ما بين السطح والحجم مما قد يجعل جزيئات بعض المعادن شديدة التفاعلية أو حفّازة. وعلى وجه الخصوص فإن إستنشاق الجزيئات النانوية يُشكّل مخاطر صحية وقد يسبّب التهابات وأمراض في الرئة. حيث أن لديها القدرة على اختراق الأغشية البلازمية في الكائنات الحية ويعتبر تفاعلها مع النظم الحيوية غير معروف نسبياً. ومع ذلك تميل الجزيئات النانوية الحرة في البيئة

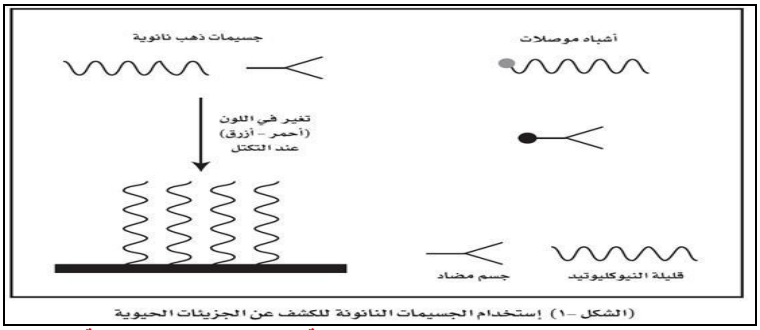
بشكل سريع إلى التكتل وبالتالي تترك النظام النانوي، وتعرض الطبيعة نفسها العديد من الجسيمات النانوية والتي ترفع من مناعة "حصانة" الكائنات الحية على الأرض (مثل الجسيمات الملحية من الهباء الجوي للمحيطات، التربينات من النباتات، أو الغبار من الانفجارات البركانية)

إستخدامات الجسيمات النانوية في الأنظمة الحيوية:

يمكن استخدام الجسيمات النانوية في الأنظمة الحيوية بطرق مختلفة منها:

1. الكشف عن الجزيئات الحيوية[74]:

تم استخدام الجسيمات النانوية على مقياس واسع للكشف عن الجزيئات الحيوية في مقايسة DNA ، المقايسة المناعية والتصوير الحيوي. وللقيام بهذه المهمات يتم تحضير مشتقات من الجسيمات النانوية بإضافة مجاميع وظيفية لها مثل مجسمات قليلة النيوكلوتيدات الموجهه ضد الحوامض النووية ، وبإضافة أجسام المناعة أو البروتينات لإنتاج مجسات حيوية مختلفة لقد تم استخدام المجسات المشتقة من جسيمات الذهب في التعرف إلى البكتيريا الممرضة بواسطة تقنية الأسطر الدقيقة (MICROARRAY) المعتمدة على DNA[75]



(الشكل –١) إستخدام الجسيمات النانوية للكشف عن الجزيئات الحيوية

الشكل (25) يوضح إستخدام الجسيمات النانوية للكشف عن الجزيئات الحيوية

كما تم إستخدام الجسيمات النانوية كمواد وميضية بعد ربطها بمجسات قليلة النيوكلوتيدات أو بأجسام المناعة من النوع (G) للكشف عن الصبغي الآدمي من النوع (Y)

2. فصل وتنقية وتركيز العينات

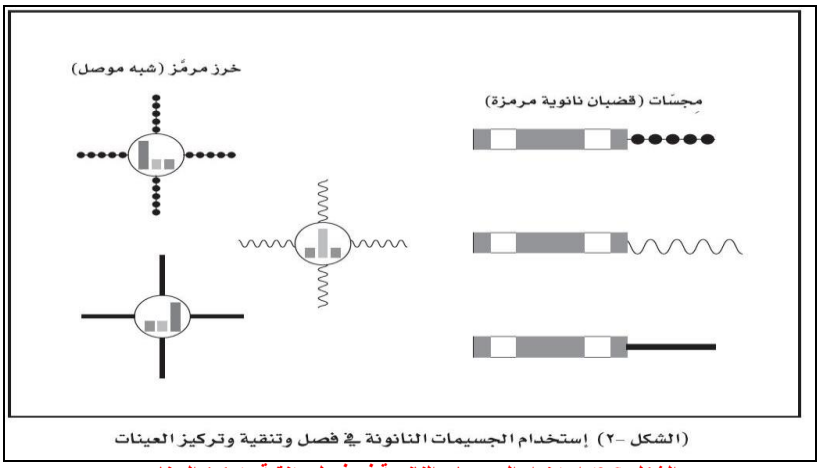
تستخدم الجسيمات النانونية المغناطيسية في فصل وتنقية وتركيز أنواع مختلفة من الجزيئات الحية، ولإنجاز ذلك يتم تثبيت مجسمات أجسام المناعة أو قليلة النيوكليوتيدات على سطح الجسيمات النانوية المغناطيسية. وكطريقة بديلة

---

[74] أ.د. خالد بن مصطفى أبو صلاح، التقنية الحيوية النانوية، طرق التصميم والإنتاج النانوي، مجلة تقنية النانو، العدد الثالث، 2008 ، ص.20.

[75] Taton TA, Mirkin CR, lestinger RL.Scanoetric DNA array detection with nanoparticle probes. Science 2000;289:1757-1760

يمكن تثبيت الجسيمات النانوية المغناطيسية والمجسات على سطح كرة دقيقة مكوَنة من عديد الستيرين مثلاً، وبعد تفاعل الجسيمات النانوية المغناطيسية مع محلول العنية ترتبط الجزيئات المراد فصلها عن سطح الجسيمات.



(الشكل -٢) إستخدام الجسيمات النانونة في فصل وتنقية وتركيز العينات

الشكل (26) استخدام الجسيمات النانوية في فصل وتنقية وتركيز العينات

يوضع المحلول بعد هذه الخطوة في مجال مغناطيسي ليتم جذب وتركيز الجزيئات المرتبطة في موقع محدد من المحلول مما يسهل في عملية فصلها دون غيرها من المحلول.

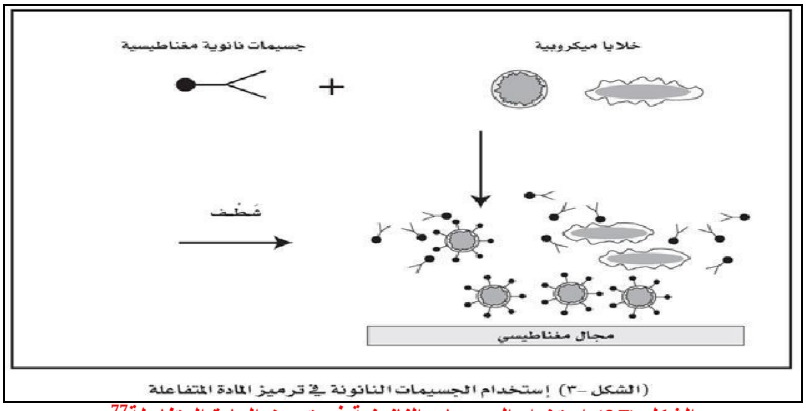
لقد أمكن بواسطة هذه التقنية :

1. فصل وتركيز خلايا ميكروبية معنية من عينات مائية[76]
2. تقنية بلازميدات دانوية (DNA) وبتراكيز عالية من المزارع البكتيرية
3. تركيز المضادات (ANTIGENS) في محالييها
4. إستخدام الأنزيمات المثبتة على سطح الجسيمات النانونية في عملية حفز متخصصة وبكفاءة عالية.

3. ترميز المادة المتفاعلة (Substrate Coding)

تتميز الجسيمات النانوية بميزة فريدة تمكنها من الترميز لمواد متفاعلة ذات ألوان مختلفة وذلك أثناء المقايسات الخاصة بها. ويتبع في إحدى الطرق دفن خليط من شبة الموصلات التي تشع منها الألوان الأحمر والأخضر والأزرق بنسب متفاوتة في حبيبات كروية دقيقة، وبإستخدام ستة ألوان مختلفة وإفتراض أن عشر درجات من الشدة الضوئية يمكن الحصول عليها من كل لون فإنه من المتوقع نظرياً تمييز ما مجموعة مليون حبيبة كروية دقيقة مرمزة لونياَ.

[76] HO KC, Tsai PJ, lin Ys. Chen Yc. Using biofunctionlized nanoparticles to probe photogenic bacteria. Anal.chem.2004;76:7162-7168



الشكل (27) استخدام الجسيمات النانونية في ترميز المادة المتفاعلة[77]

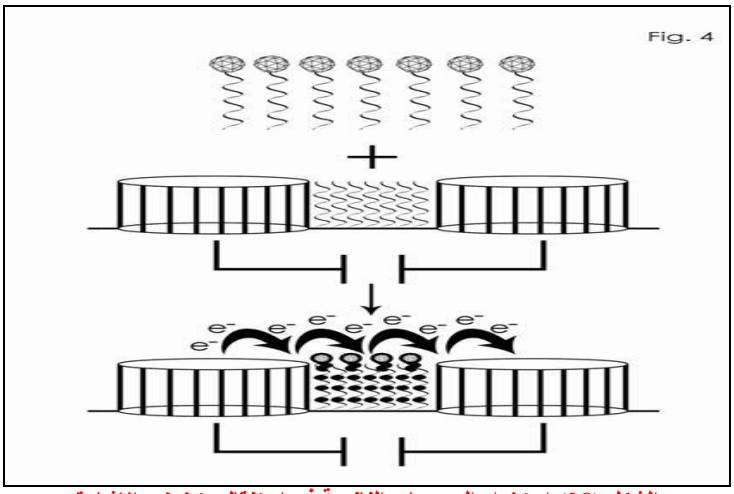
ويتم تثبيتها مع مجسات قليلة النيوكليوتيدات موجهة ضد عشرة أنواع من الجينات متعددة الأشكال المختلفة فقط بموقع نيوكليوتيدي واحد. وبعد التهجين والشطف بـ amplcion معلم وميضياً مأخوذ من وسط تفاعل بوليمرتسلسلي يتم حقن الكريات الدقيقة المرمزة لونياً في جهاز قياس خلايا إنسيابي -flow cytometer ثم إستخدام تحليل الشدة الوميضية للإشارة الهدف واثنتان من الكريات الدقيقة المرمزة لونياً للتعرف السريع على أنواع الجينات متعددة الأشكال المختلفة بموقع نيوكليوتيدي واحد فقط .

4. إستنقال وتضخيم الإشارة (signal transduction)

لتحقيق مقايسة خالية من الوسم الوميضي يمكن إستخدام الجسيمات النانوية كإشارات إستنقالية في أنظمة الكشف الكهربائي أو إشارات التضخيم . لقد طور بارك ورفاقه طريقة ظريفة للكشف عن إشارات تهجين (DNA) بدمج التوصيل الكهربائي للجسيمات النانوية بإستخدام نظام كشف كهربائي. يشمل هذا النظام إعتماد قطبين بمسافة فصل بينهما مقدارها 20 ميكرومتر مع مجسات قليلة النيوكليوتيد مثبتة وموجهة لموقع معين ، في جينات متعددة الأشكال المختلفة بموقع نيوكليتدي واحد فقط ومثبتة في الفاصل بين القطبين . عندما يحدث تهجين بين المجسات المثبته مع (DNA) الهدف المعلم بجسيمات الذهب النانوية تقترب هذة الاخيرة من الإلكترودان. وبعد المزيد من التعزيز بترسيب الفضة على السطح تعمل جسيمات الذهب النانوية كجسر يسمح للتيار الكهربائي بالإنتقال من قطب لآخر مما يحدث تغيراً في التوصيل الكهربائي . وبهذا يتم الكشف الدقيق عن الجينات متعددة الأشكال المختلفة بموقع نيوكليوتيدي واحد فقط عند تراكيز منخفضة تصل إلى 500 فمتومولار

---

[77] knol.google.com



الشكل (28) إستخدام الجسيمات النانوية في استنقال وتضخيم الإشارة

أشباة الجسيمات

- شبة الجسيم[78] عبارة عن جسيم واحد يتحرك داخل نظام ما ومحاط بمجموعة من الجسيمات الأخرى التي تدفع أو تسحب نتيجة الحركة التي يقوم بها (مثل الأثر الذي تخلقه السفينة عند إبحارها في المياة)، مما يؤدي إلى تحريك الكل كجسيم واحد حر.
- تعتبر أشباة الجسيمات من أهم الأفكار الجديدة المطروحة على الساحة اليوم في مجال الفيزياء، نظراً لإنها تنطبق على العديد من الأنظمة.
- في ميكانيكا الكم، يقصد بحالة الإستثارة لأحد الأنظمة (مثل الذرة أو الجزئ أو النواة) أي حالة كمية تتسم بطاقة أكبر من حالة الخمود (الحد الأدني من الطاقة)، فعلى سبيل المثال: حالة الخمود لذرة الهيدروجين عبارة عن وجود إلكترون واحد في أقرب مدار (مستوى الطاقة) ممكن إلى الذرة. حين تحصل الذرات على طاقة إضافية أي تمتص أحد الفوتونات ينتقل الإلكترون إلى حالة الإستثارة. فإذا حصل الفوتون على قدر مناسب من الطاقة، ينفصل الإلكترون عن الذرة، وتصبح الذرة في هذه الحالة مؤينة.
- لا تشكل تفاعلات أشباة الجسيمات أهمية كبيرة إذا تمت في درجات الحرارة المنخفضة، حيث أن درجة الحرارة المنخفضة تسهل على العلماء دراسة تدفق أشباة الجسيمات وخصائصها الحرارية.
- إن معظم النظم التي تتألف من عدة جسيمات تتكون من نوعين من الإستثارات الأولية: أشباة الجسيمات التي تتغير حركتها نتيجة التفاعلات التي

[78] تسمى أشباة الجسيمات التي تتميز باستثارة ضعيفة ومستوى طاقة ضعيف بالإستثارة الأولية.

تتم بينها وبين غيرها من الجسيمات في هذا النظام، والحركة المختلطة للنظام بأكملة. يطلق على هذين النوعين الحالات الجماعية، وتشمل ما يسمى بالبلازمونات.[79]

- تلعب البلازمونات دوراً كبيراً بالنسبة للخصائص البصرية للفلزات ففي حالة معظم الفلزات، يكون تردد الضوء في مدى الطول الموجي للأشعة فوق البنفسجية، الأمر الذي يؤدي إلى لمعانها في المدى الضوئي المرئي.
- على سبيل المثال، يتسم الذهب والفضة بترددات ضوئية في المدى المرئي، الأمر الذي يمكننا من رؤية الألوان التي تبدو عليها هذة الفلزات أو المعادن.
- قد أكتشف العلماء أهمية البلازمونات بالصدفة في عام 1989م، حيث قام أحد الباحثين بدعى توماس إبسين بتسليط شعاع من الضوء على رقاقة من الذهب تحتوي على 100 مليون ثقب (يبلغ عرض كل ثقب نحو 300 نانومتر). كانت جميع الثقوب أصغر من أقصر الأطوال الموجية (نحو 400 نانومتر) للأشعة الضوئية المرئية.
- تنبأت نظرية الكم البصرية بأن حوالي 1000/1 فقط من الضوء المسلط على الثقوب هو الذي سيعبرها ويخترقها، وبتسليط الضوء على الرقاقة، فإن أكثر من نسبة 100%قد تمكن من العبور، بل إن الأشعة الضوئية التي عبرت إلى الجانب الآخر وجد أنها أكبر من تلك التي سلطت وتكررت التجارب ووجدت دائما واحدة.
- ينوي العلماء إستخدام البلازمونات في نقل بيانات الكمبيوتر، بما أنها قادرة على نقل البيانات بشكل أسرع من الإلكترونات عن طريق المسارات الموصلة كشرائح الكمبيوتر القياسية.

الجدول رقم (6) العوامل التى تؤثر على عملية محاكاة التشكيل لجسيمات "النانو":

عامل التشكيل	وظيفتة
عامل وحدة التشغيل	يحول الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية مباشرة
عامل الأنالوج	يستغل الكميات الفيزيائية المتنوعة لتمثيل الواقع
عامل الشريحة الحيوية	تجمع الشريحة بين الخصائص البيولوجية والموانع و/أو الإلكترونيات
عامل المعلوماتية الحيوية	العلم الذي يعبر عن المعلومات الوراثية بالبيانات الرقمية
عامل الحركة البراونية	الحركة العشوائية للجسيمات متناهية الصغر في محلول والناتجة عن التحرك الحراري لجزيئات المذيب

[79] البلازمون عبارة عن شبة جسيم ينتج عن التذبذب الذي يحدث للجسيمات دون الذرية، وهو يتحرك حركة أفقية ورأسية.

عامل النظام الديكارتي(الكارتيزي)	يعرض المفاهيم الجبرية بصورة مرئية على رسم بياني مسطح
عامل الحيود الضوئي	قدرة الموجة على تغيير اتجاهها او تكوين انماط مرئية بتداخلها إما مع نفسها أو مع الموجات الأخرى أو مع المادة
عامل الأنتروبيا	العشوائية التي تتسم بالنظام، ويعبَر عنها احيانا بالحرارة المتولدة عن حجم الوحدة الواحدة
عامل الخواص الظاهرة	تظهر في نظام منظم ذاتيا يتألف من وحدات أقل تعقيدا وبشكل غير متوقع من خواص الوحدة
عامل تكنولوجيا الموائع النانوية	التعامل مع كميات متناهية الصغر من السوائل (الإحصاء العددي أو التحكم المباشر في العملية)
عامل الفلورة	إعادة إشعاع الفوتونات على أطوال موجية مختلفة مع مرور الوقت
عامل الكسر	متشابة من الناحية الحسابية مهما زادت القدرة التكبيرية
عامل الجيوديزية (علم المساحة)	قائم مستقيم يربط بين مركزي دائرتين وهميتين متقاربتين
عامل الدليل غير المباشر	دليل وهمي يدحض النظريات الأولى
عامل الآيسومرات	جزيئات تحتوي على الذرات نفسها مرتبة بطرق متباينة
عامل التأثير الطبقي	تأثير مرور الغاز على سطح صلب
عامل المعالجة الخطية	عملية تعتمد على أجهزة الكمبيوتر وتتم على خطوات متتابعة
عامل القشرة	تصميم بنائي تحمل خلالة الطبقة الخارجية لأحد الأجسام شحنة ميكانيكية
عامل الإليكترونات البصرية	علم التحكم الأوتوماتيكي الذي يعتمد على الكهرباء والضوء
العامل المداري	مسار الإلكترون حول نواة الذرة
المذبذب	يصدر ذبذبات ميكانيكية منتظمة
عامل المعالجة المتوازية	عمليات تعتمد على أجهزة الكمبيوتر وتتم بشكل متزامن
عامل المحفز الضوئي	ضوء يحفز تفاعلا كيميائيا لا يمكن عكسة
عامل التشوة اللدائني	تدفق ضئيل للمادة يزيد من قوة مواد ‘‘النانو’’
عامل الضغط	قوة فيزيائية على وحدة مساحة
عامل البلورات الكمية	جسيمات نانو تعاود الإشعاع عند أطوال موجية معينة عندما تتعرض للأشعة المرئية أو تحت الحمراء
عامل الظاهرة الكمية	طاقة غير قابلة للاختزال تنبعث أو تمتص عند المتسوى الذري أو دون الذري

عامل النفق الكمي	مرور الإلكترونات بحركة ملحوظة خلال جسم صلب متداخل
عامل مسح الشاشة	مسح متكرر لأحد الأسطح بواسطة مجس أو شعاع أيوني
عامل R	مقياس لقدرة عنصر او نظام على توصيل الحرارة
عامل التركيب الذاتي	قابلية العنصر أو النظام لتشكيل نفسة في بنية متكاملة
عامل الدوران الإلكتروني	التحكم في دوران الإلكترون لا شحنته
عامل التقبض	الجذب المتبادل بين الأسطح الثابة المتجاورة في حركات نسبية
عامل الموصل الفائق	مادة توصل الكهرباء ومقاومتها ضعيفة او معدومة
عامل الكهرباء الحرارية	تحويل الكهرباء إلى حرارة أو برودة بشكل مباشر
عامل الطوبولوجيا	رياضيات الصور الفيزيائية وعمليات تحولها
عامل الترنزستور	جهاز إليكتروني لتعديل اشارات الدخل
عامل الانتقال المتوازي	إزاحة ميكانيكية جانبية
عامل سطح الموجة	حافلة امامية كاملة لموجة متحركة

الفصل الخامس

أدوات تكنولوجيا النانو

الفصل الخامس – أدوات تكنولوجيا "النانو"

المقدمة

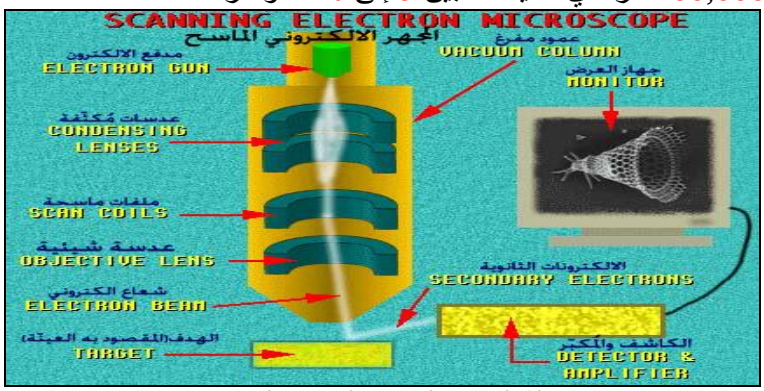
على الرغم من أن العلماء الأوائل إستطاعوا إكتشاف البكتيريا بفضل الميكروسكوب الضوئي المزوَد بعدسات مسنفرة، إلا أن العلماء في وقتنا الراهن إستطاعوا إكتشاف العديد من الأشياء بالغة الصغر أو تمكنوا من رؤية آفاق في الكون كانت مجرد خيال مثل النجوم والكواكب ، فالتقدم التكنولوجي الهائل مكنَهم من دراسة وتحليل العديد من التراكيب الكيميائية ورؤية أجسام بالغة الضآلة والصغر كمواد وتراكيب "النانو" وذلك عن طريق إستخدام أدوات بالغة التعقيد وفائقة الكفاءة. والميكروسكوبات الضوئية العادية لا يمكن الإعتماد عليها لرؤية الجزئيات وذلك لإنها لا تملك الكفاءة والقوة اللازمة حيث أن قدرتها التكبيرية لا تزيد عن 1000 مره تقريباً من الحجم الحقيقي. ويبلغ طول أصغر الأجسام التي ممكن أن تراها العين بشكل منفصل بواسطة الضوء الأبيض حوالي 200 نانومتر. لذلك **يستخدم الباحثون الإلكترونات** لإكتشاف أسرار الجزيئات والمركبات ومواد "النانو" ولا يستخدمون الضوء.

يستخدم العلماء العديد من الميكروسكوبات الإلكترونية لدراسة الأحجام فائقة الصغر عند مستوى "النانو" وذلك حسب نوع العينة والمعلومة المراد التوصل إليها ويستمد الميكروسكوب الإلكتروني طاقته من الإلكترونات لتكبير العينات ما بين 10 مرات و1,000,000 مرة ومن هذه الميكروسكوبات ما يلي:

1. الميكروسكوب الإلكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope-SEM)
2. الميكروسكوب الإلكتروني النافذ(Transmission Electron Microscope-TEM)
3. الميكروسكوب الإلكتروني التحليلي (Analytical Electron Microscope-AEM)
4. ميكروسكوب المسبار الماسح (Scanning Probe Microscope – SPM)
5. ميكروسكوب المسح النفقي (Scanning Tunueling Microscope-STM)
6. ميكروسكوب التصوير الذري (Atomic Force Microscope-AFM)

1. الميكروسكوب الإلكتروني الماسح[80] Scanning Electron Microscope-SEM:

- يمكن تعريفه بأنه جهاز علمي يستخدم إشعاع من الإلكترونات عالية الطاقة يتم تركيزه بواسطة مجال كهرومغناطيسي علي سطح العينة لفحصها ودراسة خواصها، وبما أن الإلكترونات ذات طاقة أعلى من الضوء فإنه يمكن تحريكها بتأثير المجالات الكهرومغناطيسية.
- يكَون الميكروسكوب الماسح صورة ثلاثية الأبعاد تظهر كما لو كانت تحت الميكروسكوب المجسم أو الميكروسكوب التشريحي المستخدم في البيولوجيا.
- تبدو الصورة قطاعاً قطاعاً في شكل شبكي
- يوفر هذا النوع من الميكروسكوبات صورة تتميز بدرجة دقة وضوح عالية ويمكن القول بأنها تتمتع بقدرة على تكبير الأشياء من 10 مرات إلى 100,000 مرة أي ما يعادل بين 5 إلى 10 نانومتر



الشكل (29) المجهر الإلكتروني الماسح

التركيب البنائي للميكروسكوب[81]

1. قاذفات الإلكترونات (Electron Gun)
2. المصعد (الأنود) (Anode)
3. العدسة المغناطيسية (Magnatic Lens)
4. ملفات المسح (Scanning Coils)
5. كاشف الإلكترونات (Electron Detector)
6. غرفة العينة (Spciment Champer)

---

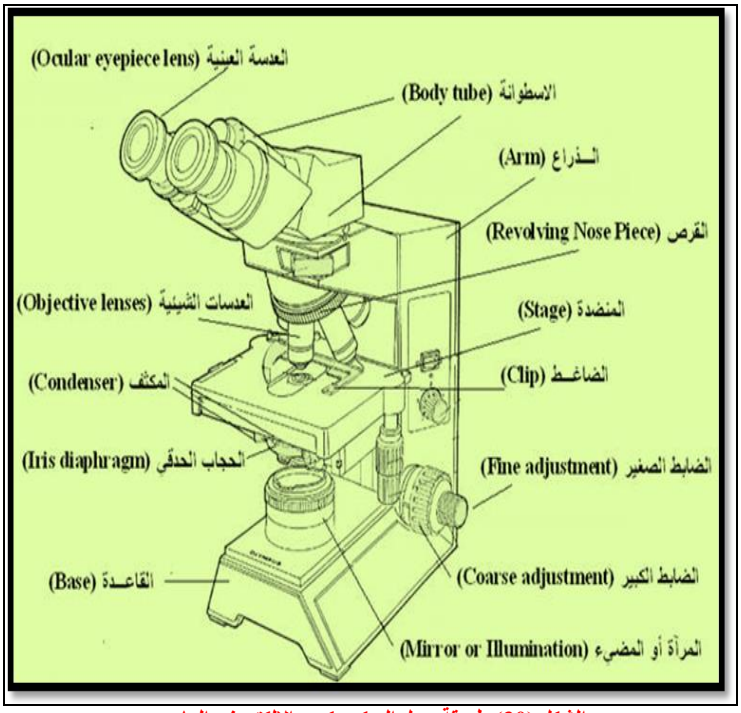
[80] ليندا ويليامز، د.واد آدمز ، تكنولوجيا النانو ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008 ص.80.

[81] سعد يوسف أبو عزيز، المجهر الإلكتروني في تطبيقات النانو، مجلة النانو ، العدد الثالث، 2009، تصدر عن معهد الملك عبدالله لتقنية النانو، جامعة الملك سعود

- ✓ تعتمد قدرة التمييز (resolving power) في الميكروسكوب الضوئي على الطول الموجي وعلى حيود الضوء عند فتحة العدسة، ففتحة العدسة الكبيرة تتمتع بقدرة تمييز أكبر من الصغيرة.
- ✓ إن الصور الأبيض والأسود التي تظهر على شاشة الكمبيوتر عبارة عن قراءة للإلكترونات التي تنبعث من العينة نفسها بحيث تبدو المناطق التي تعكس الكثير من الإلكترونات باللون الأبيض الزاهي، في حين أن المناطق الأخرى تبدو داكنة.
- ✓ لا بد من وضع العينة تحت عمود تفريغ داخل الميكروسكوب بالشكل الملائم خشية أن تنكمش أو يتبدل شكلها ، ولا بد أن تجفف عينات الإختبار البيولوجية وتغلف كي لا تتقلص وتتجعد.
- ✓ يجب أن يكون الميكروسكوب موصول بالكهرباء حيث أن الميكروسكوب الإلكتروني الماسح يستعين بالإلكترونات لعرض العينات.

طريقة عملة

1. عند وضع العينة على الشريحة لا بد وأن تغطى بطبقة رفيعة للغاية من مادة فلزية بواسطة التغليف بالرش، وهو الذي يمدها بالقدرة اللازمة على التوصيل.



الشكل (30) طريقة عمل الميكرسكوب الإلكتروني الماسح

2. بعد طرد الهواء خارج الميكروسكوب، يرسل مصدر إلكتروني حزمة من الإلكترونات هائلة الطاقة عبر سلسلة من العدسات المغناطيسية التي تسلط الإلكترونات على بقعة صغيرة للغاية.
3. ينبعث شعاع الإلكترونات من المهبط (Cathode) أو قاذفات الإلكترونات (Electron Gun) بفعل الحرارة الناتجة عن تسخين الفتيلة بتطبيق جهد كهربائي بين طرفيها.
4. يتم تحميل الشعاع بتسليطه من خلال المصعد في مسار رأسي داخل المجهر المفرغ تماما من الهواء الى غرفة العينة ويتم تركيز الشعاع بواسطة عدسات مغناطيسية (Magnetic Lenses)
5. قبل أن يصطدم الشعاع الإلكتروني بسطح العينة يمر من خلال ملفات المسح التي تقوم بتحريك الشعاع على سطح العينة.
6. يمر الشعاع في عدسة شيئية لتركيز الشعاع على الجزء المطلوب فحصه وعندما يصطدم الشعاع الإلكتروني بسطح العينة ينبعث منها بعض الإلكترونات الثانوية (Secondary Electrons)
7. تقوم مجموعة من ملفات المسح بتحريك الحزمة المسلطة ذهاباً وإياباً عبر عينة الإختبار صفا بعد صف، وما أن تصطدم حزمة الإلكترونات بكل منطقة على العينة، نجد أن الإلكترونات الأخرى الموجودة في ذرات العينة والطبقة الخارجية تنطلق من السطح .
8. ترتد بعض الإلكترونات الساقطة على سطح العينة وتسمى الإلكترونات المرتدة (Back scattered Electrons).
9. تقوم الكواشف بتجميع الإلكترونات وتكبيرها وإرسالها إلى شاشة إظهار العينة على شكل صورة فيديو رقمية.
10. النظام الإلكتروني الماسح يستخدم في الحصول على معلومات عن طبيعة العينة وذلك بتحليل الإلكترونات الثانوية المنبعثة من العينة والإلكترونات المرتدة الناتجة عن إرتطام الشعاع الماسح بسطح العينة.

كيفية تجهيز العينة:

- بما أن الميكروسكوب يعتمد في عملة على إستخدام الأنابيب المفرغة من الهواء لتمرير الشعاع الإلكتروني الماسح لسطح العينة فيجب عمل تجهيزات خاصة للعينة كما يلي:

- تجفيف العينة من الماء لمنع تبخر الماء داخل عمود الجهاز المفرغ من الهواء.
- إذا كانت العنية معدنية فإنها لا تحتاج إلى تجهيزات خاصة لأن المعادن من الموصلات.
- إذا كانت العينة غير معدنية فيجب تحويلها إلى معدن وذلك بتغطية سطح العينة بطبقة رقيقة من مادة موصلة وهذا يتم باستخدام جهاز يسمى (Sputter Coater) أي جهاز التغطية بالرش.

- يستخدم هذا الجهاز مجالاً كهربائيا مع غاز الأرجون، فتوضع العينة في غرفة صغيرة مفرغة تماماً من الهواء ويقوم المجال الكهربائي مع غاز الآرجون بتحرير إلكترون من كل ذرة من ذرات غاز الآرجون فتصبح الذرات موجبة الشحنة فتنجذب إلى رقائق الذهب السالبة الشحنة وتتفاعل ذرات الأرجون المتأينة مع ذرات الذهب وتستقر على سطح العينة لتكسوة بغلاف رقيق من الذهب وبذلك تكون العينة صالحة للفحص والإختبار.

مزايا الميكروسكوب الإلكتروني الماسح وإستخداماته في تطبيقات "النانو"

1. يتميز الميكروسكوب الإلكتروني الماسح بدقة الوضوح العالية مقارنة بالمجهر الضوئي أذ يعتمد في الحصول على المعلومات على توظيف عدة إشارات منها " الإلكترونات الثانوية والإلكترونات المرتدة والأشعة السينية والفوتونات الضوئية"
2. درجة التكبير لهذا الميكروسكوب تتراوح ما بين خمس مرات إلى 500000 مره مما يساعد بدرجة عالية على فحص وإختبار العينة
3. يستطيع هذا الميكروسكوب فحص مواد ومعدات "النانو" إذ أن دقة التباين عالية ويمكنه إظهار صورة واضحة جداً على شاشته بدقة 0،6 نانو متر، وهذا بدوره يساعد العلماء والمهندسين على التشخيص الدقيق في حالة وجود تغير في طبيعة التركيب البنائي الداخلي او الإصابة بأعطال ناشئة عن الجهود العالية أو الحرارة
4. بالإمكان إستخدام المجهر الإلكتروني في فحص ودراسة خصائص مواد "النانو" وأيضاً في مراقبة الجودة في خطوط إنتاج أجهزة نانوية .

2. الميكرسكوب الإلكتروني النافذ[82] Transmission Elctron Microscope- TEM

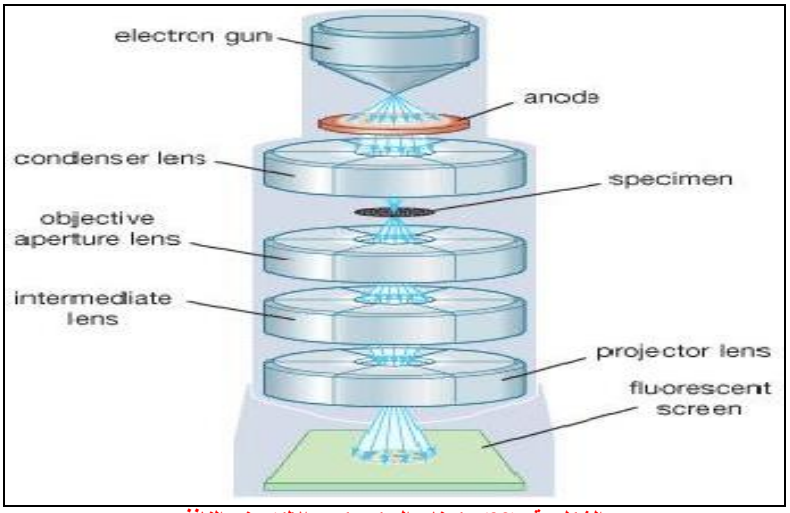
- يستطيع هذا الميكروسكوب إختراق العينة بحيث تنفذ حزمة عريضة من الإلكترونات عبر شريحة من العينة مكونة صورة لها.
- هذه الإلكترونات تحيد بفعل المغناطيسية عند إستخدام الميكروسكوب النافذ لتكوين الصور، مثلما يحيد الضوء في عدسة الميكروسكوب العادي.
- بهذه الطريقة يمكن تسليط الإلكترونات حتى تظهر صورة واضحة على الشاشة.
- يشبه الميكروسكوب النافذ الميكروسكوب الضوئي العادي حيث أن المناطق السميكة بالعينة تمتص حزمة الاشعة أو تفرقها ومخلفة مناطق داكنة، في حين أن المناطق الرقيقة تبدو فاتحة اللون

[82] ليندا ويليامز، د.واد آدمز ، تكنولوجيا النانو ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008 ص.82.

- بما أن معظم العينات البيولوجية تتألف من الكربون والنيتروجين والأكسجين والهيدروجين فالفرق في كثافة بنية العينة فيها لا يكون كافياً لتحديد اللون الداكن من الفاتح تحت الميكروسكوب النافذ.
- لتبدو العينة داكنة في الصور يقوم علماء البيولوجيا في بعض الأحيان برشها كيميائيا بذرات فلز لتضيف سماكة إلى ذرات أو جزيئات معينة بالعينة
- يتمتع هذا الميكرسكوب بقدرة تكبيرية تفوق الميكرسكوب المركب بحوالي 1000 مرة وتفوق العين المجردة بحوالي 500000 مرة
- تتراوح درجة دقة الوضوح بهذا الميكروسكوب بين 0.1 إلى 0.2 نانومتر تقريبا وهي المسافة العادية التي تفصل بين ذرتين في الأجسام الصلبة.

الشكل (31) الميكرسكوب الإلكتروني النافذ
www.stanford.edu/group/snl/tem.htm

- تعتمد الميكروسكوبات الإلكترونية على حزمة أو شعاع إلكتروني عالي الطاقة لرؤية العينات الدقيقة (عند مستوى "النانو") وتحديد خصائصها الجوهرية مثل:
  1. الحجم والشكل
  2. القوام ومدى التعقيد (شكل العينة)
  3. التكوين (عدد العناصر والمركبات)
  4. **الخصائص(نقطة الإنصهار والصلابة والقوة والقدرة على التوصيل والتفاعل)**



الشكل رقم (32) مكونات الميكرسكوب الإلكتروني النافذ
www.britannica.com/EBchecked/media

3. الميكروسكوب الإلكتروني التحليلي -Analytical Electron Microscope AEM

- يطلق إسم الميكروسكوب الإلكتروني التحليلي على الميكروسكوب النافذ الذي يحتوي على أدوات تحليلية مثل الأشعة السينية والمطياف الإلكتروني (Electron spectrometer)
- يقوم هذا النوع من الميكروسكوبات بقياس الصور وتكوينها باستخدام الأشعة السينية والتي تنشأ عندما يتكون عدد كبير من الإلكترونات على الذرات
- يستطيع هذا الميكروسكوب تحديد حجم الطاقة التي تفقدها الإلكترونات عندما تخترق المواد
- لهذا الميكروسكوب القدرة على التمييز بين ذرات الكربون والنيتروجين أو بين ذرات الحديد والنيكل الأمر الذي يتيح للعلماء تصوير تركيب المادة بالتفصيل
- قدرة الميكروسكوب التحليلي الفائقة تمد العلماء بإمكانيات تصوير ذات دقة وضوح عالية تصل إلى 0.1 نانومتر.

الشكل (33) الميكرسكوب الإلكتروني التحليلي

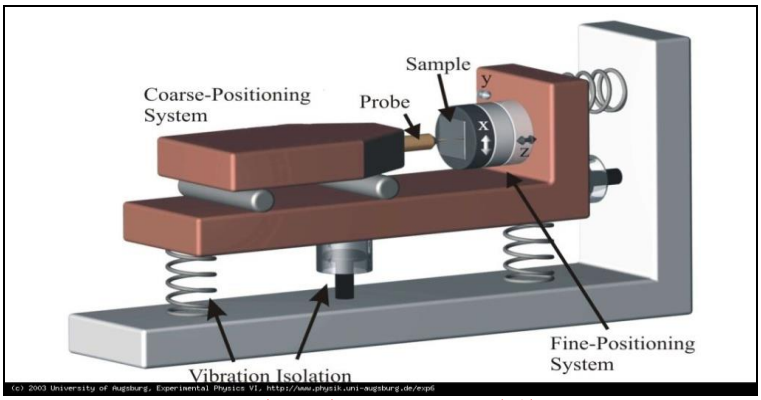
ncem.lbl.gov/frames/aem.

- يستطيع هذا الميكروسكوب توضيح التركيب الذري لإحدى المواد وروابطها الجزيئية وقدرتها على توصيل الكهرباء.
- بإستخدام الميكروسكوب الالكتروني التحليلي يستطيع الباحثون الحصول على معلومات تفصيلية عن التركيب الجزئي لمواد "النانو" وخصائصها الجوهرية وأداء الأشياء المصنوعة منها، كما يتيح هذا الميكروسكوب للعلماء دراسة المواد المعقدة وفحصها بشكل تفصيلي واستغلالها في تطبيقات التكنولوجيا.
- من المجالات التي يستخدم فيها التصوير بالميكروسكوب الإلكتروني التحليلي الأبحاث الطبية البيولوجية والطبقات الذكية (وهي طبقات تستجيب للمؤثرات الخارجية كالضغط ودرجة الحرارة) وأيضا الأبحاث المتعلقة بخلايا الوقود وتراكيب "النانو" المغناطيسية والبلورات الكمية شبة الموصلة. بحيث تتطلب هذه التطبيقات معلومات تفصيلية عن تركيب الذرة وعن الأسطح البينية والقيود والأخطاء المحتملة.

4. ميكروسكوبات المسبار الماسح (Scanning Probe Microscopes – SPM):

- يعتبر من الأدوات العلمية التي يستخدمها العلماء لدراسة خصائص سطح المادة بداية من المستوى الذري وحتى مستوى "النانو".
- هذا الميكروسكوب له طرف مسباري يعرف باسم الابرة (stylus) وتكون إما مثبتة أو موضوعة عند نهاية شعاع صغير يقوم بتتبع التغيرات التي تطرأ على سطح العينة وتسجيلها، وذلك عند تحريك هذا السطح بنمط شبكي.
- تمسح الأبرة سطح العينة فتسجل الإرتفاع والتغيرات الكهربية التي تطرأ على السطح أو غيرها.
- يعمل هذا النوع من الميكروسكوبات مثل الفونوغراف القديم الذي كان يقوم بتشغيل الأسطوانات بواسطة طرف الأبرة.

- تقاس حركة الصعود والنزول للإبرة بواسطة شعاع ليزر والذي يعكس قمة الشعاع.
- يقاس إهتزاز الأبرة بالمكشاف البصري الذي يلتقط صورة للسطح.
- يمكن قياس فارق الجهد بين العينة والإبرة وأيضاً مقدار التيار المتدفق بينهما.
- تتحرك العينة في وضعية التصوير المسح بواسطة البلورات الكهروضغطية (Piezoelectric Crystals).

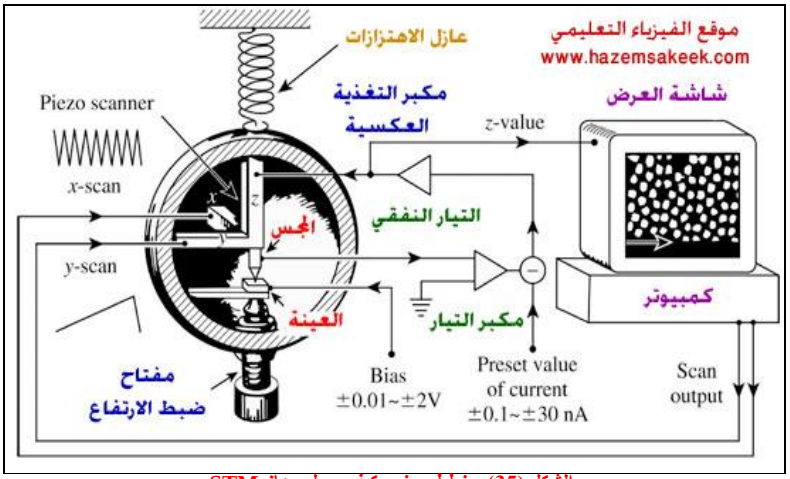


الشكل (34) ميكروسكوب المسبار الماسح
www.physik.uni-augsburg.de

5. ميكرسكوب المسح النفقي (Scanning Tunneling Microscope)[83]

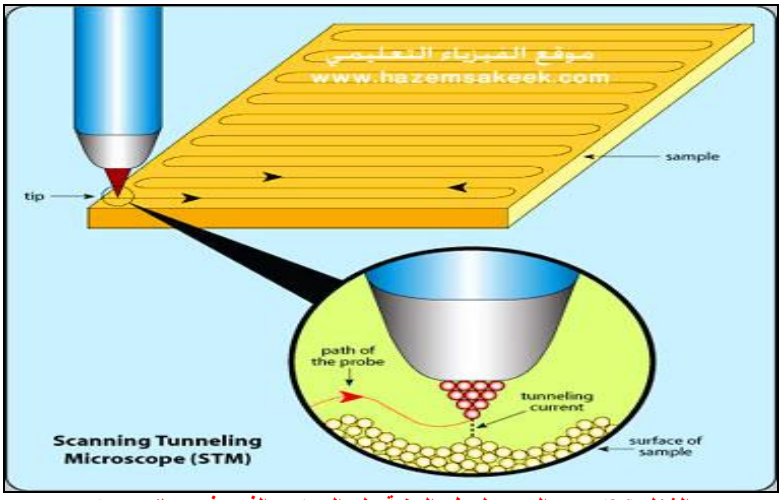
- هو أول ميكروسكوب مسبار ماسح أخترعه كل من "جيردبينيك" و "هايريش رورار" سنة 1981م في أحد مختبرات شركة IBM بمدينة زيورخ السويسرية واللذان حصلا على جائزة نوبل سنة 1986 لإختراعه
- لهذا الميكروسكوب إبرة مسبار ثابتة لقياس الخصائص الكهربية لسطح المواد
- يمكن لهذا الميكروسكوب مسح أنواع مختلفة من الصور حسب نوع إبرة المسبار المستخدمة
- تعتبر أسهل طريقة للمسح هي تصوير تركيب السطح مع ابقاء الإبرة على مسافة ثابتة بعيدة عن العنية مثل قطر ذري واحد أو 0.2 نانومتر، كما ترفع الإبرة أو تخفض للحفاظ على تدفق التيار بقيمة ثابتة معينة والذي يضمن ثبات المسافة بين الإبرة وسطح العينة.
- عادة يتولد الجهد بين إبرة المسبار وسطح العينة الموصل للكهرباء فيؤدي ذلك إلى تدفق الإلكترونات عبر الفجوة (النفق)

[83] ليندا ويليامز، د.واد آدمز ، تكنولوجيا النانو ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008 ص.84



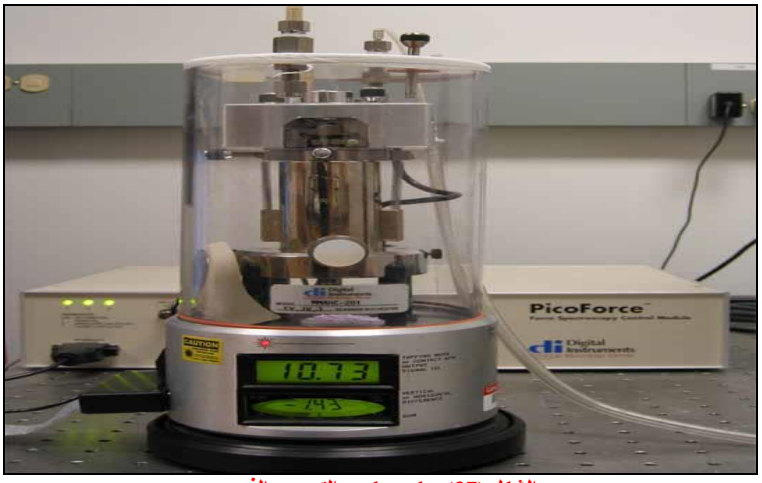
الشكل (35) مخطط يوضح كيف يعمل جهاز STM

- حين تتحرك الإبرة صعودا أو هبوطا بالنسبة للسطح للحفاظ على تدفق التيار النفقي بإنتظام، فإنها تقوم كذلك برسم وتسجيل طوبوغرافيا العينة (سطحها)
- يعتمد مقدار التيار المتدفق على المسافة بين المسبار والسطح
- لا بد أن تكون العينة موصلة للكهرباء كي يمكن المحافظة على تدفق التيار
- إن العينات العازلة التي لا توصل التيار الكهربائي (مثل المطاط) لا يمكن تصويرها بواسطة ميكروسكوبات المسح النفقي ما لم تغطى أولاً بطبقة فلزية أو بأي طبقة أخرى موصلة للحرارة.
- تتميز الأبرة بحدتها، كما أن عرض طرفها لا يزيد عن ذرة واحدة. وهذا يعني أن ميكرسكوب المسح النفقي يسهل على العلماء رؤية كل ذرة على حدة وتحديد مواقعها بدقة وضوح عالية.
- يمكن إستخدامه لإلتقاط صور الأسطح الموصلة بدرجة دقة وضوح تصل إلى نحو 0.2 نانومتر.
- إنها تتسبب في حدوث التفاعلات الكيميائية وتكوين الأيونات عن طريق سحب الإلكترونات المفردة من الذرات ثم إعادتها للكهرباء ثانية.



الشكل (36) مسح المجس لسطح العينية على المستوى الذري في جهاز STM

6. ميكروسكوب التصوير الذرى(Atomic Force Microscope- AFM)



الشكل (37) ميكروسكوب التصوير الذري

- يستعين هذا الميكروسكوب بالليزر الذي يعكس الجانب الخلفي من إبرة المسبار وذلك لإيجاد موقع الأبرة الموضوعة على حزمة مرنة[84].
- تتسبب المواضع المنخفضة والمرتفعة الموجودة على سطح عينة الإختبار في رفع إبرة المسبار ثم هبوطها ثانية مع حركة سير الإبرة فوق السطح.
- يعمل ميكروسكوب التصوير الذري بأوضاع مختلفة، مثل وضع الإحتكاك والذي تتنافر الذرات مع بعضها البعض عند الإحتكاك القريب، ومثل وضع

[84] لا يمكن رؤية ذلك بالعين المجردة

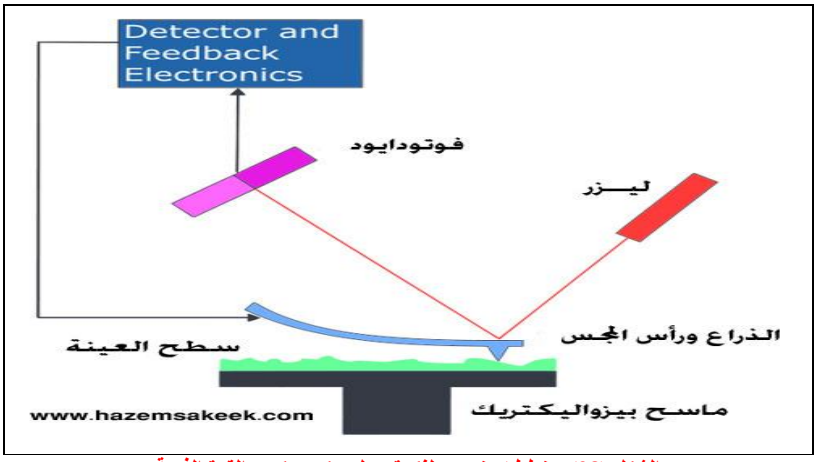
عدم الإحتكاك، حيث يرفع المسبار فوق السطح بمسافة ضئيلة وتقاس قوى الجذب الضعيفة بين الذرات غير المحتكة ببعضها.

- ميكروسكوب القوة الذرية AFM - Atomic Force Microscope أو ميكروسكوب القوة الماسحة SFM - Scanning Force Microscopy هو ميكروسكوب ذو قدرة تحليلية عالية وهو أحد أنواع ميكروسكوبات المجسات الماسحة ، هذا الميكروسكوب له قدرة تحليل تصل إلى أجزاء من النانومتر حيث أنه يفوق إلى حد تكبير الميكروسكوبات الضوئية بأكثر من 1000 مرة. ويعتبر هذا الميكروسكوب متطوراً عن الميكروسكوب النفقي الماسح STM.[85]
- إن ميكروسكوب التصوير الذري له مقياسان لتحديد دقة الوضوح، أولهما مستوى المقياس والثاني الإتجاة العمودي على السطح.
- كلما كانت إبرة المسبار حادة (تصنع عادة من السليكون أو نترات السيكلون)، زادت دقة الوضوح، إذ إنها تستطيع النفاذ إلى أدق الفراغات.
- تعتبر إبرة أنبوب "النانو" الكربوني الحادة هي أحدث إبرة لميكروسكوبات التصوير الذري ، وتستطيع أن ترسم خطوط العينة بدقة متناهية
- تتحقق دقة الوضوح الرأسية في ميكروسكوب التصوير الذري بمقارنة الذبذبات النسبية للمسبار فوق السطح.
- من مصادر الذبذابات الخارجية : الأصوات والذبذبات الأرضية أو ذبذابات المباني والذبذبات الحرارية، ويشترط لتحقيق أفضل دقة وضوح رأسية توقف اهتزاز المسبار. لهذا السبب توضع العديد من المسابير على منضدة مقاومة للذبذبات أو تعلق بملفات مطاطية تقلل الاهتزاز الزائد.
- اخترع ميكروسكوب القوة الذرية (AFM) العالمين Quate و Gerber في العام 1986م
- وتوفر أول جهاز للاستخدام في المختبرات العلمية في العام 1986م. ويعتبر هذا الميكروسكوب الاكثر شهرة كأداة تكبير وقياس وتحريك على المستوى النانوي.
- وحديثاً تمكن علماء فيزيائيون في جامعة اوساكا في اليابان من استخدام ميكروسكوب القوة الذرية AFM في التعرف على هوية التركيب الكيميائي وتحديد نوع كل ذرة ومكان تواجدها على المخطط ثلاثي الابعاد لتضاريس سطح المادة على المستوى الذري. وقد اكتشف هؤلاء العلماء ان التفاعلات تشكل بصمة ذرية لتمييز الذرات بإستخدام ميكروسكوب AFM.

[85] ليندا ويليامز، د.واد آدمز ، تكنولوجيا النانو ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008 ص.86

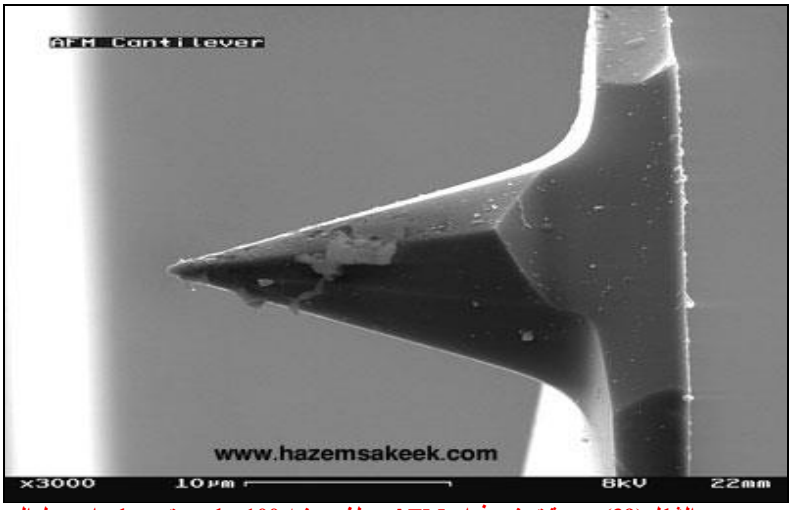
المبدأ الاساسي

- يتكون ميكروسكوب القوة الذرية AFM من ذراع cantilever في نهايته مجس probe مكون من رأس حاد يعرف بالـ tip يستخدم لمسح سطح العينة. تكون الذراع مصنوعة من مادة السليكون أو نيتريد السيليكون بنصف قطر في حدود بضع نانومترات. عندما يقترب رأس المجس من سطح العينة تتولد قوة بين رأس المجس وسطح العينة تؤدي هذه القوة إلى إنحراف في الذراع بناء على قوة هوك. وقد تكون القوة المتبادلة قوة ميكانيكية أو قوة فاندرفال أو قوة شعرية أو قوة كهروستاتيكية أو قوة مغناطيسية أو قوة رابطة كيميائية أو قوة كزيمار أو غيرها من أنواع القوة وهذا حسب نوع السطح الذي يتم دراسته. كما يمكن دراسة العديد من أنواع هذه القوة بإستخدام مجسات خاصة وعندها يسمى الميكروسكوب بإسمها مثل ميكروسكوب القوة المغناطيسية Magnetic Force Microscope –MFM أو ميكروسكوب المسح الحراري Scanning Thermal Microscope أو غيره. وفي كل هذه الميكروسكوبات تحدث القوة المتبادلة بإختلاف أنوعاعها إنحراف في ذراع ميكروسكوب القوة الذرية يقاس هذا الإنحراف بواسطة إنحراف شعاع ليزر عن مرآة مثبتة على ذراع الميكروسكوب. وشعاع الليزر المنعكس يرصد على مصفوفة خطية من الفوتودايود. Photodiodes.
- وهناك طرق أخرى لقياس الإنحراف مثل مقياس التداخل الضوئي Optical Iner-ferometry ، أو بإستخدام بيزوالكترك أو مجس سعة كهربية. وحسب طريقة قياس الإنحراف يتم تصميم ذراع الميكروسكوب فمثلاً لو كانت طريقة القياس تعتمد على الكهرباء الإنضغاطية (بيزوالكتروك) فإن الذراع تصنع من مواد بيزوالكتروك. ولكن تعتبر طريقة قياس الإنحراف بشعاع الليزر الطريقة الأدق والأكثر استخداماً.



الشكل (38) مخطط توضيحي لفكرة عمل ميكروسكوب القوة الذرية

- إذا تم مسح المجس عند إرتفاع معين من سطح العينة فقد يكون هناك خطورة على المجس بأن يصطدم بالسطح، ولتجنب حدوث هذا يتم إستخدام تغذية عكسية للتحكم في المسافة بين المجس وسطح العينة لتحافظ على القوة المبتادلة بينهما ثابتة. ويتم تثبيت العينة على قاعدة من مادة بيزوالكترك تحرك العينة في الاتجاه z للحفاظ على قيمة ثابتة للقوة المتبادلة بين المجس وسطح العينة وكذلك تحريك العينة في البعدين x و y. وهناك أنواع أخرى من ميكروسكوبات القوة الذرية تستخدم 3 بلورات بيزوالكتريك كل بلورة مسؤولة عن إتجاه من إتجاهات الحركة الثلاثة. وفي التصاميم الحديثة يتم تثبيت الذراع على ماسح بيزوالكتريك أفقي في حين يتم تحريك العينة فقط في الاتجاهين x و y. وفي النهاية نحصل على خريطة لمساحة تمثل طبوغرافيا سطح العينة.



الشكل (39) صورة توضح ذراع AFM ويبلغ عرضه 100 ميكروميتر ويمكن ان يصل الى 20ميكروميتر او اقل.

- يمكن تشغيل ميكروسكوب القوة الذرية AFM بعدة أنماط تشغيل وهذا حسب الإستخدام المطلوب ونوع الفحص المراد. وبصفة عامة يمكن تقسيم أنماط التشغيل بنوعين هما نمط التشغيل الاستاتيكي أو نمط الإتصال والنوع الثاني هو نمط التشغيل الديناميكي أو نمط عدم الإتصال.

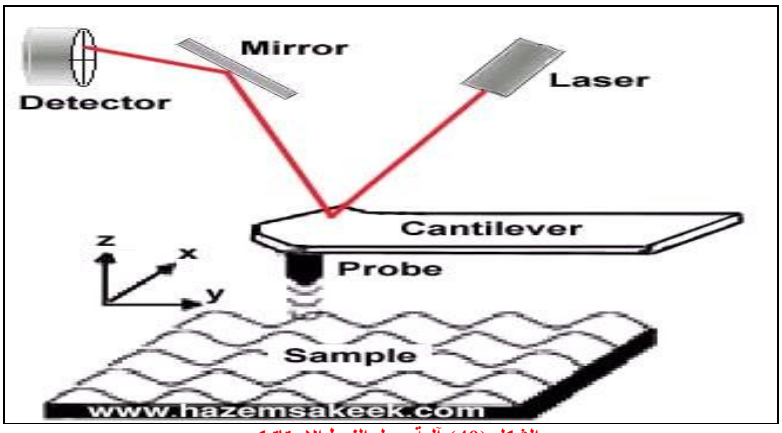
أنماط التشغيل وأخذ الصور Modes Imaging

ذكرنا أن هناك نمطين أساسيين من أنماط تشغيل جهاز AFM وهما:

1. النمط الإستاتيكي والذي يتم فيه سحب الذراع عبر سطح العينة ويتم مباشرة قياس تضاريس السطح من خلال الإنحرافات في الذراع.

2. النمط الديناميكي يتذبذب بالقرب من السطح عند تردد رنيني frequency resonance. ويتم قياس التردد والسعة والطور والتردد الرنيني من خلال القوة المتبادلة بين المجس وسطح العينة. هذه التغيرات في التردد بالنسبة للتردد المرجعي يعطي معلومات عن خصائص العينة.

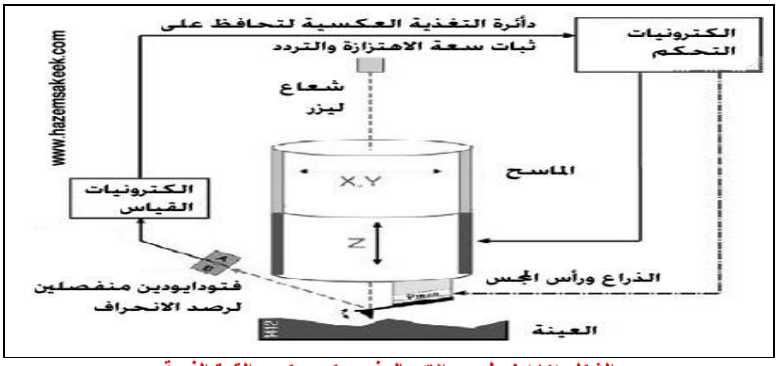
1- النمط الإستاتيكي أو نمط الإتصال Contact Mode



الشكل (40) آلية عمل النمط الإستاتيكي

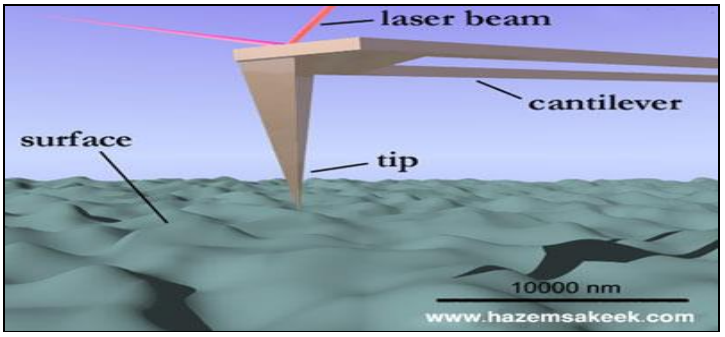
في هذا النمط يستخدم الإنحراف في رأس المجس كإشارة للتغذية العكسية ولإن قياس الإشارة في هذا النمط يتعرض للضجيج يتم إستخدام ذراع أقل صلابة لتكبير مقدار إشارة الإنحراف. ويقرب المجس من سطح العينة بحيث يحدث قوة تنافر تنتج عن الإلكترونات على سطح العينة وإلكترونات المجس. ويتم الحفاظ على ثبات مقدار القوة التنافرية هذه أثناء المسح من خلال المحافظة على بقاء الإنحراف ثابتاً.

2 - النمط الديناميكي أو نمط عدم الإتصال Non Mode Contact-



الشكل (41) نمط عدم الاتصال في ميكروسكوب القوة الذرية

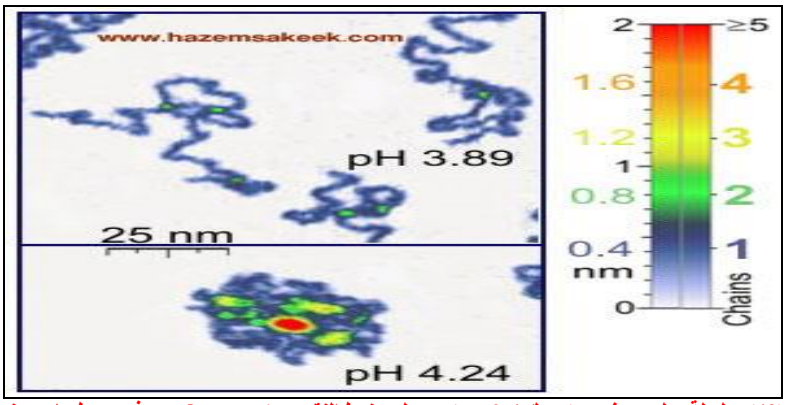
- في هذا النمط لا يكون المجس متصلاً مع سطح العينة. بل يكون الذراع متذبذب عند تردد أكبر بقليل من تردد الرنين حيث تكون سعة الذبذبة في حدود بضع نانومتر (أقل من 10 نانومتر). وتكون القوة المتبادلة بين المجس وسطح العينة هي قوة **فاندرفال**[86] Waals van der وهي تكون مسيطرة عند تلك المسافة أي في حدود 1 الى 10 نانومتر فوق سطح العينة، وهذه القوة تعمل على تقليل تردد الرنين للذراع. هذا الإنخفاض في تردد الرنين يستخدم في نظام التغذية العكسية الذي يقوم بالحفاظ على جعل سعة الإهتزازة ثابتاً من خلال إعادة ضبط المسافة بين المجس والسطح. وبقياس المسافة بين المجس والسطح أثناء المسح في الإتجاهين x,y يتم رسم الصورة لطبوغرافية سطح العينة بإستخدام برامج معدة لذلك.



- في هذا النمط لا يتعرض رأس المجس لأي ضرر لإنه لا يحتك مع سطح العينة مثلما يحدث مع النمط السابق. وهذا يجعل من نمط التشغيل الديناميكي مفضل أكثر وخصوصاً في حالة التعامل مع العينات الليّنة. ولكن في حالة العينات الصلّبة فإن الصور التي تؤخذ بكلا النمطين تكونا متماثلتين. ولكن إذا وجدت طبقة نانوية من مادة سائلة على سطح العينة فإن النمطين سوف يعطيا صوراً مختلفة بعض الشيء. لإن المجس في النمط المتصل يخترق طبقة السائل ليعطي صورة للسطح الأسفل منها، في حين أن النمط غير المتصل سوف يتذبذب فوق السطح ويعطي صورة لكلاً من السائل والسطح معاً.

[86] قوى فاندر فال هى التأثير المتبادل بين جزيئات الغازات (التجاذب) وهى تختلف عن التفاعل الكيميائى حيث ان تأثيرها بين الجزيئات ولكن التفاعل الكيميائى يكون بين ذرات الجزيئات لتكوين الجزيئات نفسها

3. نمط النقر Mode Tapping

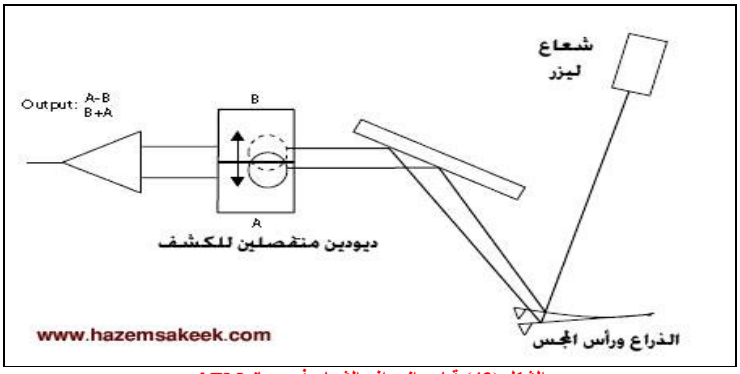


الشكل (42) سلسلة بوليمر مفرد، (بسمك nm0.4)، سجلت بنمط النقر mode Tapping في وسط مائي عند قيم pH مختلفة

- في أغلب الأحيان تتكوَن طبقة مائية فوق سطح العينة. ولأننا نجعل رأس المجس قريب جداً من العينة للحصول على إشارة لمقياس القوة المتبادلة فإنه من المحتمل أن يلتصق رأس المجس في العينة ولمنع هذا من الحدوث تم تطوير النمط الغير متصل بنمط النقر mode tapping وذلك للتغلب على هذه المشكلة.
- في نمط النقر تتذبذب الذراع للأعلى والأسفل بالقرب من تردد الرنين وتكون سعة الذبذبة أكبر من 10 نانو متر حيث تتراوح بين 100 و200 نانومتر. ونظراً للقوة المتبادلة التي تؤثر على الذراع عند إقترابها من سطح العينة فان قوة فاندرفال أو قوة ثنائيات القطب المتفاعلة أو القوى الكهروستاتيكية تتسبب في تغيير في سعة الذبذبة وتقل كلما أقترب رأس المجس من سطح العينة. ويتم التحكم بإرتفاع الذراع بواسطة بيزوالكترك تعمل على ضبط إرتفاع الذراع أثناء مسح العينة. ويعتبر نمط التشغيل هذا نمط متطور عن نمط عدم الإتصال.

عرض يوضح فكرة عمل ميكروسكوب القوة الذرية بالأنماط المختلفة

1. قياس إنحراف ذراع ميكروسكوب القوة الذرية



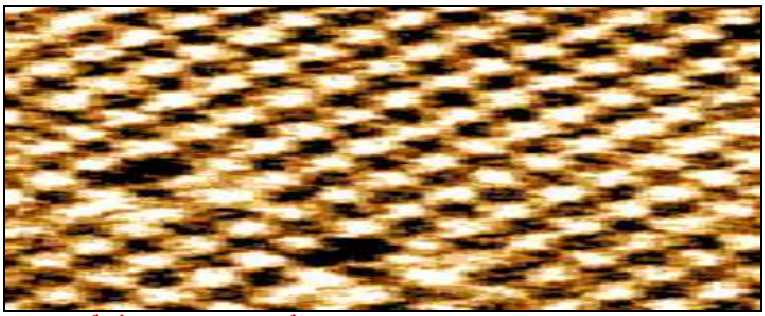
الشكل (43) قياس انحراف الشعاع في جهاز AFM

- ينعكس شعاع ليزر دايود على الجانب الخلفي للذراع ويتم التحكم فيه من خلال كاشف حساس للموضع (PSD) Position Sensitive Detector يتكون من فوتوديودين موضوعين بالقرب من بعضهما البعض والمخرج من كل فوتودايود موصل في مكبر Amplifier Differential. الإزاحة الزاوية للذراع تجعل أحد الديودين يلتقط إشارة أكبر من الديود الاخر. وهذا يعطي إشارة تتناسب مع إنحراف الذراع. وتصل حساسية الجهاز إلى كشف إنحراف أقل من 10 نانومتر. ويمكن تكبير التغير في زاوية الشعاع بزيادة طول مسار شعاع الليزر بضع سنتيمترات.

2. مطياف القوة Force Spectroscopy

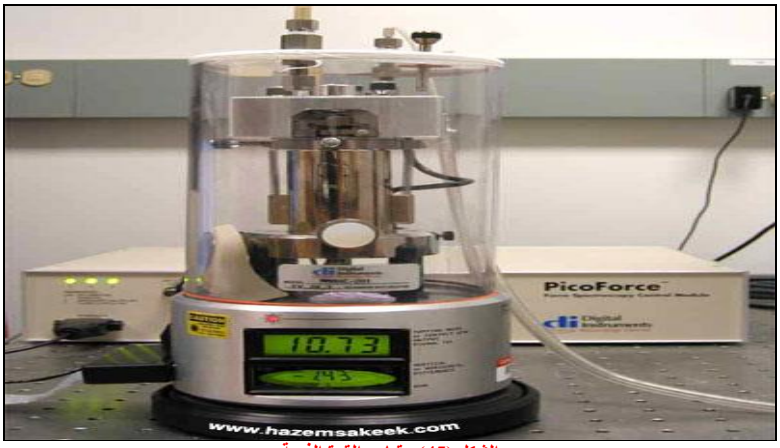
- بالإضافة إلى إستخدام ميكروسكوب القوة الذرية في الحصول على صور على المستوى الذري، يستخدم الميكروسكوب في تحليل القوة، فعلاقة قياسات القوة بين رأس المجس وسطح العينة كدالة في المسافة بينهم نحصل على نتائج تعرف بإسم منحنى القوة والمسافة curve force-distance. في هذه الطريقة يتم مد رأس المجس وسحبه عن سطح العينة اثناء مراقبة انحراف الذراع كدالة في إزاحة البيزوالكتريك. هذه الوظيفة أستخدمت في قياسات على المستوى النانوي مثل الروابط الذرية وقوى فاندرفال وقوى كايسمر وقوى التحلل في السوائل والجزيئات المفردة وقوى التمدد والتمزق. وهذه القوة صغيرة جداً في حدود البيكونيوتن piconewton ولا يمكن قياسها بأي جهاز آخر والآن أصبح قياسها بجهاز AFM عالي وبدقة تحليلية تصل الى 0.1 نانومتر. يمكن الحصول على قياسات مطياف القوة في كلا نمطي التشغيل الإستاتيكي والديناميكي.

3. التعرف على الذرات وتميزها



الشكل (44) صورة بلورة كلوريد صوديوم بواسطة ميكروسكوب القوة الذرية

- يستخدم مقياس القوة الذرية AFM للحصول على صور للذرات ولتحريكها أيضا على أسطح المواد. فالذرة على رأس المجس تتحسس الذرات ذرة ذرة على سطح العينة وتشكل قوة كيميائية مع كل ذرة. ولإن هذه التفاعلات تغير بشكل دقيق تردد إهتزاز رأس المجس، فإنها يمكن أن تقاس وترسم. وعلى هذا الأساس تم التميز بين ذرات السليكون والرصاص على سطح سبيكة، من خلال مقارنة البصمات الذرية وتكبيرها. حيث تم ملاحظة أن رأس المجس يتفاعل مع ذرات السليكون بقوة في حين يتفاعل مع ذرات الرصاص بقوة أقل. ولهذا فإن الذرات المختلفة يمكن أن تتميز في صورة مصفوفة أثناء مرور رأس المجس على سطح العينة.



الشكل (45) مقياس القوة الذرية

مزايا ميكروسكوب القوة الذرية

- ميكروسكوب القوة الذرية AFM له عدة مزايا عن الميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM. كما أنه ليس مثل الميكروسكوب الإلكتروني الماسح الذي يوفر صور ثنائية الأبعاد
- ميكروسكوب القوة الذرية يعطي صور ثلاثية الأبعاد للسطح،
- العينات لا تتطلب معالجة خاصة مثلما يحدث في الميكروسكوب الإلكتروني كتغطيتها بالكربون أو الذهب وهذا يفسد العينة
- الميكروسكوب يعمل في الظروف العادية في حين أن الميكروسكوب الإلكتروني يتطلب أن يعمل في الفراغ. وهذا جعل ميكروسكوب القوة الذرية جهازاً لدراسة الخلية الحية.
- ميكروسكوب القوة الذرية يمتلك قدرة تحليلية عالية تفوق قدرة SEM وSTM.

الشكل (46) اول ميكروسكوب قوة ذرية

عيوب ميكروسكوب القوة الذرية

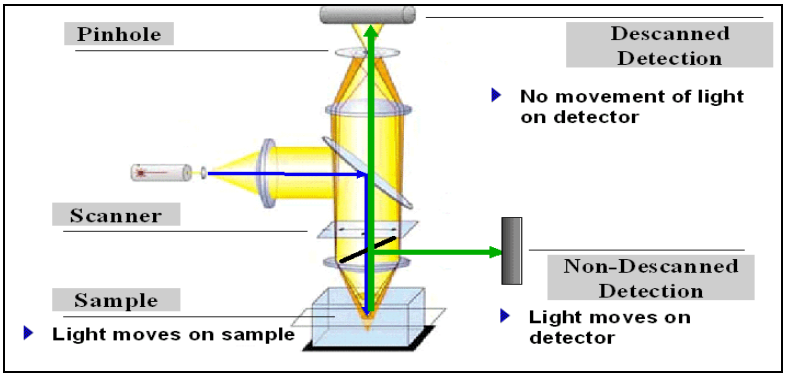
- من عيوب جهاز AFM بالمقارنة مع جهاز SEM هو حجم الصورة. فجهاز SEM قادر على مساحة تصل إلى بضع مليمترات وبعمق يصل إلى بضع مليمترات إلا أن جهاز AFM يعمل على مساحة (150X150) مايكرومتر وبعمق 10-20 ميكروميتر. ولكن هذا العيب تم التعامل معه من خلال تطوير أجهزة AFM بواسطة شركة IBM تعمل بمجسين متوازيين.
- كما إن إستخدام رأس مجس tip غير مناسب قد يعطي بعض العيوب في الصورة الناتجة.
- بالإضافة إلى أن AFM يعمل ببطء بالمقارنة معSEM الذي يعطي صورة حية للعينة فإن AFM يتطلب أن يعمل لبضعة دقائق حتى يعطي صورة. وهذا التأخير يؤدي إلى إنزياح حراري في الصورة مما يجعل ميكروسكوب القوة الذرية غير مناسب للقياسات الدقيقة للمسافات الطوبوغرافية على

الصورة. ويتم تطوير أجهزة AFM للتغلب على هذه المشكلة بأجهزة تعرف بإسم AFM video والتي تعمل بسرعة فاقت سرعة SEM.

- تتأثرصور AFM بالتخلف hysteresis في المواد البيزوالكتريك والتداخل في الإشارات الملتقطة لكل من x,y أثناء المسح ولكن هذا تم التغلب عليه بإستخدام برمجيات متطورة وفلاتر خاصة أو بإستخدام ماسحات متعامدة منفصلة.
- ماسح البيزوالكتريك Piezoelectric هو عبارة عن ماسح من مادة بيزوالكتريك وهي مواد تنضغط وتتمدد بتطبيق فرق جهد كهربي وهذه الخاصية تستخدم في تحريك رأس المجس على العينة بدقة عالية

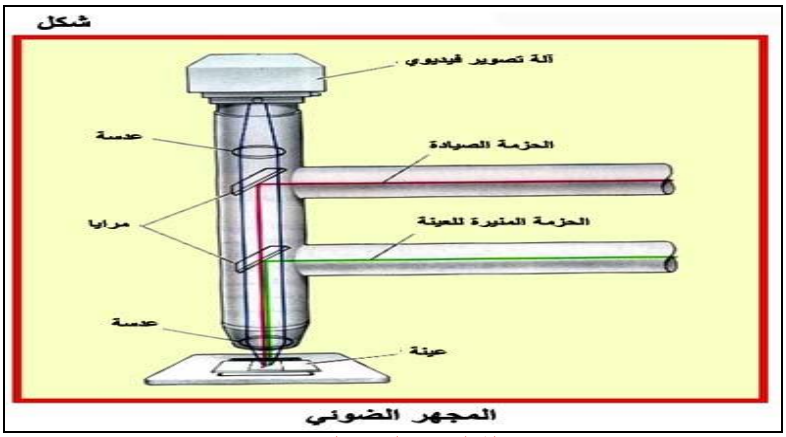
7. ميكروسكوب المسح بالليزر متعدد البؤره (Laser Scanning Confocal Microscope-LSM)[87]

- يستخدم هذا الميكروسكوب أشعة ليزر فوق بنفسجية ومرايا تصوير لمسح العينة، وثمة فتحة صغيرة تقلل المساحة التي يمكن رؤيتها من العينة وتقصرها على شريحة واحدة مركزة.
- يتولى الكمبيوتر مهمة جمع العديد من هذه الشرائح المفردة معاً لإعادة بنائها في شكل صورة ثلاثية الأبعاد على الشاشة.
- لا بد من إستخدام مصدر ضوء شديد مثل الليزر وذلك نظراً لإن فتحة الميكروسكوب تعيق مرور كمية كبيرة من الضوء، حتى نتمكن من تسليط ما يكفي من الضوء على عينة الإختبار.



الشكل (47) ميكروسكوب المسح بالليزر
research.stowers-institute.org

[87] ليندا ويليامز، د.واد آدمز ، تكنولوجيا النانو ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008 ص.86



الشكل (48) المجهر الضوئي
www.ray-automation.com.

- يستخدم العلماء العديد من أوضاع التصوير متحد البؤرة لدراسة مختلف عينات الإختبار، وتعتمد هذه الطرق جميعاً على قدرة الميكروسكوب على تكوين صور ذات دقة وضوح عالية تسمى المقاطع البصرية (optical sections) في شكل متسلسل من خلال مقاطع سميكة أو عينات إختبار كاملة.
- تصل درجة دقة الوضوح في حالة الميكروسكوب متحد البؤرة الى نحو 1.2 نانومتر، ويمكن إستخدامها في حالة التصوير الفلوري القياسي.
- يتميز هذا الميكروسكوب عن الميكروسكوب الضوئي العادي بقدرته على التحكم في عمق المجال (لا تحصل على دقة الوضوح إلا في وجود الضوء المركز) وعلى معالجة إنحلال الصورة وعدم وضوحها
- له قدرة على جمع عدد من المقاطع البصرية من عينات الإختبار السميكة (والمعتمة في أغلب الوقت)
- يتميز بصور عالية الجودة ويمكن إستخدامه في العديد من المجالات البحثية.

8. أدوات أخرى مفيدة:

- لقد أستطاع العلماء بواسطة مسابير المسح والميكروسكوبات الإلكترونية المتطورة وذات دقة الوضوح العالية القدرة على قياس محتوى الذرات والجزيئات المنفردة الدقيقة، وبموجب هذه الأدوات العلمية المعقدة أستطاع العلماء والباحثين من تكوين تراكيب جديدة وإكتشاف خصائص غير معروفة وتقييم تطبيقات حديثة.

- وقد ظهرت العديد من الأنواع المختلفة من أدوات التصوير والمسح المستخدمة بعد تطبيق تكنولوجيا "النانو". والسؤال هنا: كيف نختار الأداة المناسبة من حيث دقة الوضوح والتفاصيل؟؟ وللإجابة لا بد من معرفة ما هي المادة الأولية التي نبدأ بها؟؟ فمثلاً، تختلف وسائل تصوير البروتينات عن وسائل تصوير الخزفيات!!
- تعد الميكروسكوبات الإلكترونية أفضل أنواع الأدوات العلمية، لإستخدامها في دراسة أجسام بمقياس دون ميكروني. وثمة عدد متنوع من هذه الميكروسكوبات قادرة على تصوير الذرات المنفردة في جسيمات ومواد "النانو" بالإستعانة بدقة وضوح تقل عن النانومتر. كما أن العلماء قادرين على إكتشاف التركيب الأولي إعتماداً على طاقة الإلكترون المفقودة وقياس الأشعة السينية المنبعثة عند المستوى الذري.
- بفضل ميكروسكوب المسح النفقي وميكروسكوب التصوير الذري، أمكن التوصل إلى ميكروسكوب المسبار الماسح الجديد والذي يقوم بقياس خصائص الأجسام وأشكالها عن طريق تقريب طرفها الحاد متناهي الصغر من الأسطح الصلبة وتتيح المسافة بين إبرة أو طرف الميكروسكوب وسطح المادة لميكروسكوب المسبار الماسح العمل في ظل ظروف يستحيل على تقنيات تحليل الأسطح التقليدية المعتمدة على الفراغ العمل فيها.

وعلى الرغم من ذلك، تساعدنا مسابير المسح الحديثة التي تفوقت على الأدوات العلمية البدائية في فحص العديد من الخصائص الأخرى غير طوبوغرافيا العينة ومن هذه الخصائص:

1. التركيب الإلكتروني في درجات الحرارة المنخفضة (التصوير بميكروسكوب المسح النفقي على سبيل المثال)
2. الخصائص البصرية (مثل التصوير بالميكروسكوب الضوئي الماسح قريب المدى والتي تتيح لنا الوصول إلى مقاييس دون الطول الموجي بين 50 و100 نانومتر).
3. درجة الحرارة (كميكروسكوب المسح الحراري) بالإستعانة بطرف يستشعر الحرارة لتصوير المجالات الحرارية للأجهزة الدقيقة الإلكترونية والبصرية الإلكترونية وقياس الخصائص الحرارية لجسيمات "النانو".
4. ثوابت العزل الكهربي (مثل ميكروسكوب المسح مخزن الشحنات) التي تمكن الباحث من تحديد المشاكل الموجودة بالأجهزة شبة الموصلة بدرجة دقة وضوح نانوية.
5. إعادة تشكيل الجزيئات البيولويجية والتعرف عليها (مثل ميكانيكا "النانو") حيث تستخدم المقاييس الميكانيكية في الجزئ الواحد لتوضيح ما يجري بالنسبة لما يتعلق بتركيب الذرات

6. التفاصيل الكيمائية التي تسَهل على العلماء مشاهدة العمليات البيولوجية والكيمائية والفيزيائية عند مستوى ‘‘النانو’’.

أدوات معالجة الجزيئات المنفردة:

- لتحريك وقياس خصائص الجزيئات المنفردة لا بد من إختراع أدوات لديها القدرة على تحريك وقياس هذه الخصائص لتجعل الإستفادة من إمكانيات مواد ‘‘النانو’’ المهمة.
- إذا إستطاع الأطباء التحكم في العمليات الكيميائية والفيزيائية للجزيئات على مستوى ‘‘النانو’’، فالطب والبيولوجيا سيستفيدان كثيراً.
- إن العمليات الكيميائية والفيزيائية ، هي العمليات التي من شأنها تكوين الخلايا والأنسجة والأعضاء بالجسم. وبالتالي ممكن تعديل البوليميرات البنائية ومواد الإمتزاز والمواد المحفزة (مثل البروتينات والإنزيمات) كي تناسب الحاجة الطبَية لكل مريض على حدة.
- لقد كانت أغلب المقاييس الجزيئية مجرد حسابات تقديرية، وذلك بسبب عجز العلماء عن إختبار سلوك كل جزئ على حده، أما الآن بإستخدام الأدوات العلمية النافذة أصبح من الممكن إكتشاف كل جزيء منفرداً.
- تمكَن العلماء من التعرف على الخصائص الميكانيكية والكهربية الفريدة التي تميَز أنابيب ‘‘النانو’’ الكربونية بقياس كل أنبوب على حدة.
- أصبح بإمكان العلماء اليوم قياس درجة الإزاحة الجزيئية (أي التمييز بين الأجسام المضادة والأنتيجينات (antigens) أو شريطي الـDNA المتكاملين).
- تعد الحركة الجزيئية الطبيعية المسؤول الأول عن إستنساخ الـDNA والإنتقال الخلوي والإنقباض العضلي.
- تمكَن الملاقيط الضوئية العلماء من قياس الجزيئات بطريقة مباشرة، وكذلك تعديل توزيعات وديناميكيات عملية طي البروتين.

الفصل السادس

أنابيب الكربون فائقة الصغر
Carbon Nanotubes

الفصل السادس – أنابيب الكربون فائقة الصغر
Carbon Nanotubes

المقدمة

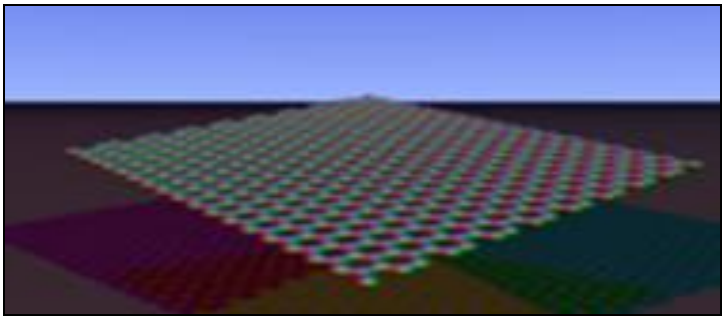
يقاس التقدم التكنولوجي في العصر الحالي بالقدرة على تصنيع أجهزة الكترونية أقل حجماً وأعلى كفاءة من حيث السرعة والجودة في أداء العمليات المختلفة. ففي الماضي (الجيل الأول) كانت الأجهزة الإلكترونية كبيرة الحجم نوعاً ما، فمثلا كان التلفزيون أبيض وأسود وبحجم كبير، ثم جاء (الجيل الثاني) جيل الترانزستور (Transistor) الذي جعل الأجهزة الإلكترونية أصغر حجماً وأفضل كفاءة ، ثم جاء (الجيل الثالث) وهو جيل الدوائر التكاملية (IC) وهي عبارة عن قطعة صغيرة جداً تقوم بنفس مهام الترانزستور بحيث تساعد هذه الدوائر على تصغير حجم الأجهزة وترفع من كفاءتها ومن وظائفها[88] وبعد ذلك ظهر (الجيل الرابع) هو جيل المعالجات الصغيرة (microprocessors) والذي أحدث ثورة كبيرة في مجال الإلكترونيات بإنتاج الحاسبات الشخصية الصغيرة (microcomputers) التي كان لها دور كبير في ثورة المعلومات وفي التقدم الذي حدث في العديد من المجالات العلمية والصناعية والتعليمية وفي مختلف جوانب الحياة. ومن ثم وخلال السنوات القليلة الماضية برز إلى الأفق مصطلح جديد وأصبح محط إهتمام جميع العلماء بشكل كبير وهو مصطلح تقنية "النانو" (الجيل الخامس) هذه التقنية هي تقنية الأنابيب متناهية الصغر (Nanotubes)

وقبل البدء بالتحدث عن أنابيب الكربون فائقة الصغر لا بد من معرفة شرط أساسي وهو أنه يجب أن تكون المواد المستخدمة هو مقياس "النانو" 1-100 نانومتر لذلك فإن المواد المستخدمة يجب أن يتم تقطيعها إلى أجزاء لاتزيد أقطارها عن 100 نانومتر

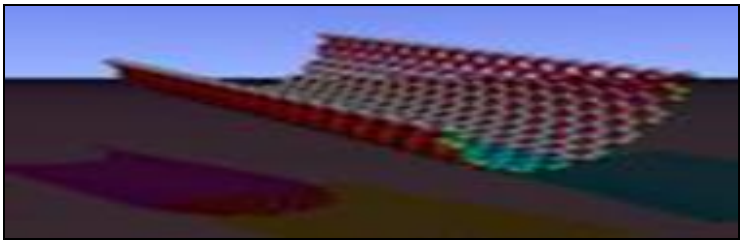
ولكن ماهى هذة المواد وماهو الشكل الهندسى للأجزاء التى سنتنتج عن عملية التقطيع؟؟

يمكننا إستخدام عدداً من العناصر والمركبات طبقاً للعلاقة بين الحجم ومساحة السطح فإننا سنلاحظ بأن أفضل شكل هندسي يعطينا مساحة سطح اكبر هو ما كان سمكه صغيرا وطوله أكبر.
والشكل الآسطواني المفرغ (أنبوبة) يعطي النتيجة المطلوبة لأنه يعطي حيزاً أقل مع الحفاظ على مساحة السطح وذلك كما هو مبين بالشكل أدناه.

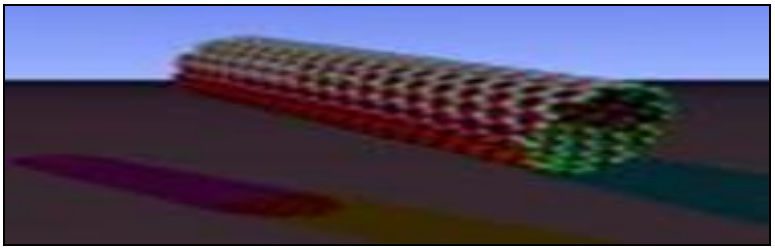
[88] د. محمود محمد سليم صالح، مجلة النانو، العدد الثاني، فبراير 2009 مقال بعنوان أنابيب الكربون النانونية ص.36.



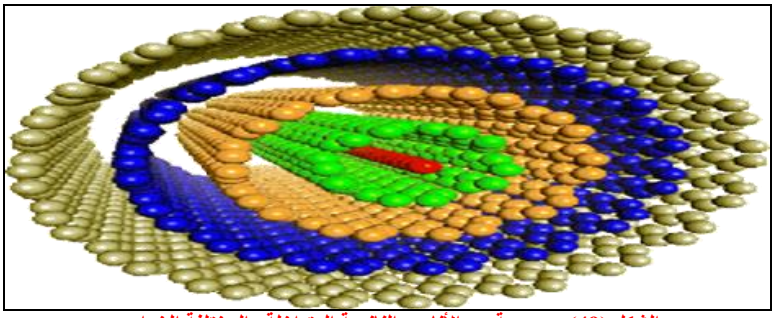
الشكل بالصورة أعلاه هو لشريحة مسطحة ولها حيز نتيجة لطولها وعرضها وإرتفاعها،سنقوم بثنى حواف هذة الشريحة كما هو موضح بالصورة أدناة



ثم سنقوم بثني الحواف إلى أن تلتقى الحواف مكونة شكلاً إسطوانياً مفرغاً كما هو بالشكل أدناه



من الواضح أن الحيز الذي تحتله الإسطوانه في الشكل أعلاه هي أقل من الحيز الذي يشغله الشكل المسطح، وبالرغم من ذلك فنرى أن هذا الحجم كبير حيث أن المساحة الفارغة هي الفراغ الموجود في منتصف الأنبوبة ، لذا يجب علينا إستغلالها بشكل جيد. سنقوم بإدخال مجموعة أخرى من الأنابيب ذات أنصاف أقطار متدرجة في الصغر لتصبح كما يلي:



الشكل (49) مجموعة من الأنابيب النانوية المتداخلة والمختلفة الخواص

من المؤكد بأن وضع الأنابيب بالشكل أعلاه يعطينا مساحة سطح كبيرة جداً نتيجة لتداخل الأنابيب ولكن!! ماذا لو أن لكل أنبوبة من هذه الأنابيب وظيفه مختلفة عن الأنبوبة الأخرى؟؟؟؟

سيصبح تراكيب الأنابيب بهذة الصورة عبارة عن نظام أنابيب وظيفى يمكنة أداء إحدى المهام المركبة وسيكون العمل من خلال الأنابيب فائقة الصغر Nanotubes وأشهرها أنبوبة الكربون فائقة الصغر Carbon Nanotubes وقد يتم دمج مواد أخرى داخل أنابيب الكربون ويعاد ترتيبها لتأخذ أوضاعاً طويلة وسمَيت (Vertically Aligned Carbon Nanotubes Arrays) ومن هذه المواد[89]:

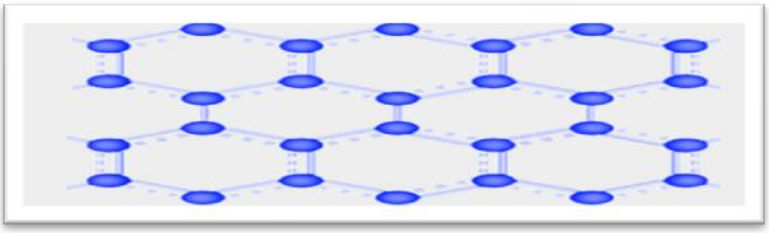
النحاس Copper
الكربون الزجاجى Glassy Carbon
شرائح الجرافيت Foil Graphite
الموليبدنوم Molybdenum
التيتانيوم Titanium
ستانليس ستيل Stainless Steel
البلاتين Platinum
استرانشيوم Strontium
الكوارتز

ولكن ماهى فائدة هذة الأنابيب وكيف يمكنها أن تقوم بإحدى الوظائف؟ لكي نعرف الإجابة على هذا السؤال ينبغي علينا أن نعرف ماهي أنبوبة الكربون الفائقة الصغر؟؟ أنابيب الكربون كما تحدثت سابقاً هى أنابيب من الكربون حجمها يقع فى إطار مقياس "النانو" Nano Scale

[89] موقع جامعة أم القرى، أنابيب الكربون فائقة الصغر، http://uqu.edu.sa

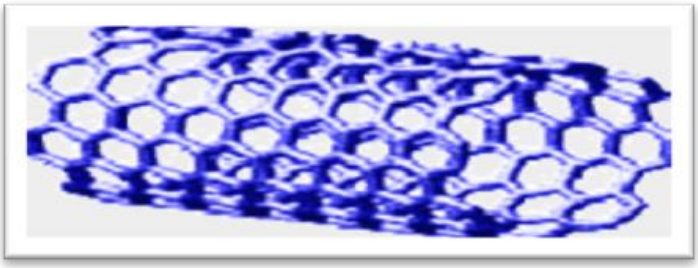
ما هي الأنابيب النانوية وما فائدة أنابيب "النانو" الكربونية[90]:

أنابيب الكربون بحجم "النانو"، هي تقنية شديدة التطور وهي عبارة عن إسطوانات فارغة في شكل أنابيب بحجم النانومتر كما تحدثنا سابقاً. وهي تتكون من مجموعة ضخمة من الهياكل السداسية التي تتكون بدورها من ذرات الكربون. والكربون نانوتيوب تم رصدها فى عام 1991م وفى شركة NEC للصناعات الإلكترونية وقد تم إكتشاف Carbon Nanotubes لأول مرة بواسطة العالم اليابانى سومو ليجيما(SumioLijima) ، كان سومو ليجيما يقوم بفحص الرماد الناتج عن عملية تفريغ كهربى يحدث بين قطبين من الكربون ولم يكن هذا الرماد يحتاج لفحص ولكن سوميو ليجيما لاحظ شيئاً!! لاحظ أن هناك بعض اللمعان أو البريق داخل هذا الرماد فأعتقد أن الكربون تحول إلى ماس فقرر فحصة بطريقة جيدة. لذا، أستخدم سوميو ليجيما الميكروسكوب الإلكترونى لفحص الرماد وكانت نتيجة الفحص أن جزيئات الكربون فى وضع غير طبيعى حيث أنة من المفترض أن يكون ترتيب جزيئات الكربون كما فى الشكل التالى:



الشكل (50) صورة توضح جزيئات الكربون

ولكنة فوجىء بشىء آخر وهو أن جزيئات الكربون قد ألتفت لتتصل مع بعضها مكوَنة ما يشبة الأنبوبة كما في الشكل التالي:



الشكل (51) صورة لجزيئات الكربون وهي متصلة ببعضها

[90] د. محمود محمد سليم صالح، جامعة الملك سعود، مقال بعنوان (أنابيب الكربون النانوية)، مجلة النانو، العدد 2 عام 2009 ص.37

تمت إعادة التجربة عدة مرات وفى كل مرة كان هناك جديد بعد كل فحص وكان مجمل ماتوصل إلية سومو ليجيما ما يلي:

1. جزيئات الكربون تأخذ ترتيباً يشبه الأنابيب.
2. أنابيب الكربون الناتجة غير متساوية في الحجم.
3. تنتج أنابيب متعددة الطبقات بمعنى أنها مجموعة من الأنابيب المتداخلة (Multi-Wall) ومختلفة في اللون والخواص.

هذا الإكتشاف لفت إنتباه شركة IBM فقررَت الدخول إلى هذا المجال، ففي عام 1993م تمكّن العالم دونالد بثيون (Donald Bathune) من شركة IBM لتكنولوجيا الحاسبات في الولايات المتحدة الأمريكية من رصد أنابيب كربون نانوية ذات جدار واحد (single-wall)، يبلغ قطر الأنبوب الواحد منها 12 نانومتر

ثم أنطلق العلماء بعد ذلك في مجال النانوتيوب حتى أستطاع فريق من العلماء الصينيين من رصد أصغر نانوتيوب في العالم الذي يصل قطرة إلى 0.5 نانومتر فقط (مع العلم أن أقل قطر لأي شيء في العالم نظرياً هو 0.4 نانو متر) وتم رصد هذا الأنبوب الصغير

خصائص أنابيب "النانو" الكربونية :

ماهو الشيء الذي جعل العلماء والباحثين يهتمون بهذه الأنبوبة؟

1. إن الخواص الميكانيكية المذهلة لأنابيب "النانو" الكربونية تعود لقوى الربط الغير عادية بين جزيئاتها. فمعامل يونج (معامل صلابة المادة) والذي هو نسبة الإجهاد الميكانيكي إلى الإنفعال الميكانيكي لأنبوب "النانو" الكربوني يصل إلى حوالي 1000 GPa وهذه القيمة أكبر من قيمة معامل يونج للفولاذ والذي هو أصلب المعادن المعروفة حتى الآن بأكثر من خمس مرات.
2. يبلغ إجهاد الكسر لأنابيب "النانو" الكربونية حوالي 63 MPa وهذا الرقم أكبر من إجهاد الكسر للفولاذ بخمسين مرة.
3. أيضاً من الخصائص الفريدة لأنابيب "النانو" الكربونية هي إنخفاض كثافتها حيث تتراوح كثافة هذه الأنابيب ما بين (1.22gm/cm3 الى 1.4 gm/cm3) بينما تبلغ كثافة الألمونيوم وهو من أخف المعادن المعروفة حتى اليوم 2.7 gm/cm3 ، وهذا يعني أن هذه الأنابيب سيكون لها تطبيقات كبيرة جداً في مجال تقنيات الفضاء والطيران ذلك لأنها ذات كثافة منخفضة جداً أي أنها خفيفة الوزن وفي نفس الوقت ذات قوة و صلابة عالية جداً تفوق صلابة المعادن.
4. أنابيب "النانو" الكربونية لها خصائص إلكترونية غير إعتيادية، فيمكن أن تكون موصلة كما يمكن أن تكون شبة موصلة وذلك بناءاً على تركيبها الجزيئي، فبعض هذه الأنابيب تمتلك موصلية كهربائية أعلى من النحاس فبعض الحسابات تشير الى أن هذه الأنابيب تستطيع حمل تيار كهربائي بقوة

مليار أمبير لكل سم مربع، علماً بأن النحاس ينصهر تماماً أذا مر فيه تيار بقوة مليون أمبير لكل سم مربع.

5. وبعض هذه الأنابيب لها خصائص السيلكون أي أنها تتصرف مثل أشباة الموصلات. أنابيب "النانو" الكربونية لها أيضاً خواص حرارية غير إعتيادية فهي تملك موصلية حرارية أعلى مرتين من الألماس والذي يعد أكثر المواد توصيلاً للحرارة وكل هذه الخواص وغيرها تعتمد على طبيعة التركيب الجزيئي لهذه الأنابيب.

طرق تحضير أنابيب "النانو" الكربونية:[91]

1. تترابط الذرات ثلاثياً في أنابيب الكربون الدقيقة في رقائق منحنية تشكل إسطوانات مفرغة يتم الحصول عليها بطريقة القوس الكربوني مع تغيير طاقته لكي يصبح التيار مستمراً بدلاً من المتردد.
2. يمكن الحصول على هياكل أنبوبية الشكل في أحد الرواسب على القطب وهذه الأنابيب مكونة بالكامل من الكربون وتمت تسميتها بالأنابيب النانومترية نظراً لقطرها الذي يبلغ عدة نانومترات.
3. توجد طرق عديدة لإنتاج جزيئات الكربون المكوَنة من الأنابيب النانومترية وهي:
   - عمل تحليل كهربي بإستخدام أقطاب من الجرافيت في أملاح منصهرة
   - تحليل حراري محفز للهيدروكربونات
   - تبخير للجرافيت بإستخدام الليزر
   - بإختلاف طرق عمل الأنابيب النانومترية تكون لها خواص إلكترونية مختلفة فالبعض متوقع أن يكون معدنياً والبعض الآخر أشباه موصلات.
   - إن هذه الأنابيب النانومترية قوية بدرجة كبيرة، فهي أقوى بمئات المرات من الصلب ويرجع ذلك لشكلها الهندسي السداسي الذي يمكنَه توزيع القوى والتشوهات بسبب قوة رابطة الكربون- كربون لذا فلها خواص إلكترونية غير عادية.

التركيب الدقيق لأنابيب "النانو" الكربونية

هناك نوعان من أنابيب "النانو" الكربونية وهي:

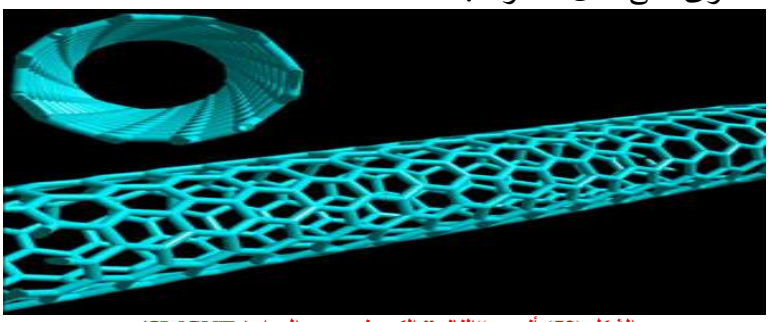
1. أنابيب "النانو" الكربونية وحيدة الجدار
2. أنابيب "النانو" الكربونية متعددة الجدر.

---

[91] د.محمود محمد سليم صالح أستاذ مشارك بقسم العلوم الطبيعية والتطبيقية، أنابيب النانو الكربونية، www.knol.com

1. أنبوب "النانو" الكربوني وحيد الجدار

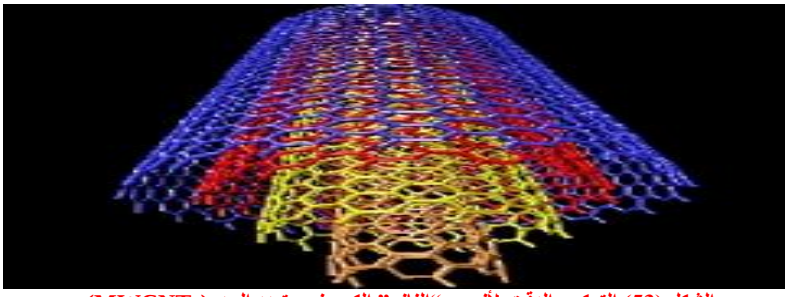
- يتراوح قطره من 0.7 نانو متر الى 10 نانومتر وفي أغلب الحالات يكون معدل قطره في حدود 2 نانومتر
- يصل طوله إلى عدة ميكرومترات
- له نهاية واحدة مغلقة على الأقل وذلك بتركيب نصف كروي يشبة القبعة
- سماكة جدار هذا الأنبوب هي ذرة كربون واحدة
- هو عبارة عن شريحة كربون (شريحة جرافيت) ذات سماكة ذرة واحدة تطوى على شكل أسطوانة.



الشكل (52) أنبوب "النانو" الكربوني وحيد الجدار(SWCNTs)

2. أنبوب "النانو" الكربوني متعدد الجدر

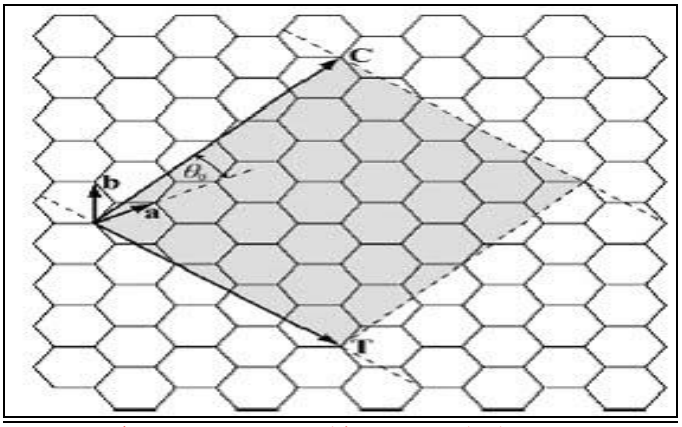
- عبارة عن مجموعة من أنابيب "النانو" وحيدة الجدار المتداخلة وذات المركز المتحد
- يتراوح قطر هذا الأنبوب مابين 10 نانومتر الى 30 نانومتر
- يبلغ عدد الأنابيب وحيدة الجدار المكونة له غالباً ما بين 7 الى 20 أنبوب.



الشكل (53) التركيب الدقيق لأنبوب "النانو" الكربوني متعدد الجدر(MWCNTs)

أشكال الأنابيب النانوية[92]:

1. أنابيب الكربون النانوية هي عبارة عن ألواح من الجرافيت تم ثنيها لتأخذ الشكل الأسطواني المجوف.
2. أبعاده الجانبية تبدأ من 0.2 إلى عدة نانومترات.
3. يكتسب الأنبوب النانوي خواصه الفيزيائية من خواص الجرافيت ذي البعدين
4. توجد ثلاثة أشكال هندسية لأنابيب الكربون النانوية تعتمد على طريقة ثني (roll up) لوح الجرافيت للحصول على الشكل الأسطواني وهي:
   أ. التركيب المتعرج (Zig-zag) وله الأبعاد (n,0)
   ب. تركيب "تشارل (Chiral) وله الأبعاد (m,n)
   ج. تركيب "كتف الكرسي (Armchair) وله الأبعاد (n,n)



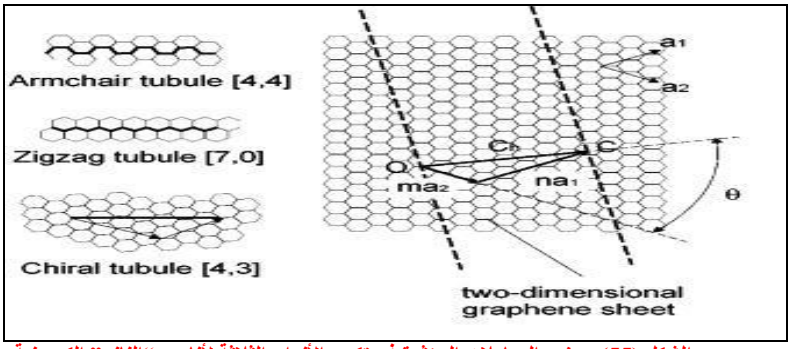
الشكل (54) لوح جرافيت ذو بعدين يمكن ثنية في إتجاة معين للحصول على الأنبوب النانوي

ويعود السبب في تكوَن هذه الأنواع الثلاثة إلى معاملين مهمين هما:

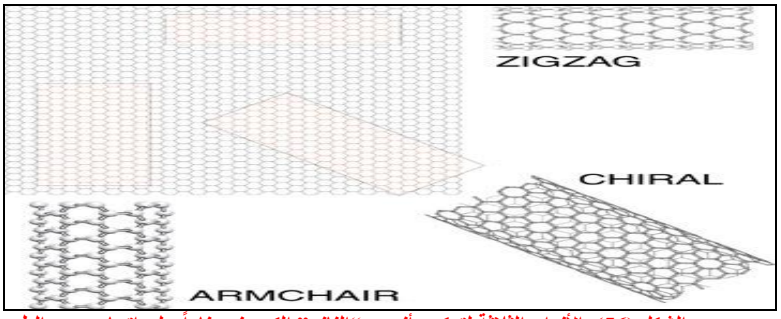
1. متجه تشارل لأنبوب "النانو" الكربوني chiral vector of the nanotubeو يرمز له بالرمز Ch ويعرف رياضيا بالعلاقة التالية = Ch nâ1 + mâ2حيث n و m أرقام صحيحة و â1 و â2 المتجهان الأحاديان ضمن الشبكة ثنائية الأبعاد
2. زاوية تشارل chiral angle ويرمز لها بالرمزO وهي الزاوية المحصورة بين معامل تشارول Ch والمتجهâ1
3. وهناك معامل آخر له تأثير في إختلاف تركيب أنبوب "النانو" الكربوني وهو محور طي شريحة الجرافيت المكوَنة لأنبوب "النانو" كربون وذلك لأن إختلاف مواضع إلتقاء متجه تشارل يؤدي إلى إختلاف نوع الأنبوب وعليه فإن أنبوب "النانو" الكربوني

[92] د. محمود محمد سليم صالح، جامعة الملك سعود، مقال بعنوان (أنابيب الكربون النانوية)، مجلة النانو، العدد 2 عام 2009 ص.38.

1. من نوع "كتف الكرسي armchair CNT "يتكوَن عندما تكون زاوية تشارول تساوي 30 درجة ومعامل n يساوي معامل m إي(n=m)
2. أنبوب "النانو" الكربوني من نوع "المتعرج zigzag CNT "يتكوَن عندما تكون قيمة n أو m تساوي الصفر إي (n or m = 0) وزاوية تشارل تساوي صفر
3. أخيراً فإن أنبوب "النانو" الكربوني من نوع "تشارول chiral CNT " يتكون عندما تأخذ زاوية تشارول إي قيمة ما بين 0 و 30 درجة.



الشكل (55) يوضح المعاملات المؤثرة في تكون الأنواع الثلاثة لأنابيب "النانو" الكربونية المشار اليها أعلاه



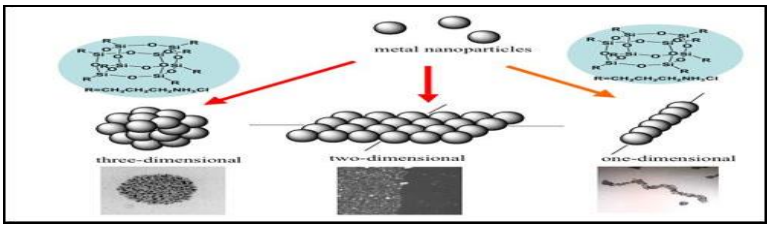
الشكل (56) الأنواع الثلاثة لتركيب أنبوب "النانو" الكربوني بناءاً على إتجاه محور الطي

تصوير أنابيب "النانو" الكربونية وحيدة الطبقة[93]:

1. سوف تسهل أنابيب "النانو" الكربونية وحيدة الطبقة إمكانية تصوير البيئات البيولوجية
2. تقوم جامعة "رايس" الأمريكية بمحاولة التوصل إلى وسائل جديدة لتخليق جسيمات "النانو" البيولوجية وتنقيتها وتحليلها من خلال الجهود التي يقوم بها المركز البيولوجي والبيئي لتكنولوجيا "النانو"(**Center for (Biological and Environmental Nanotechnology- CBEN**

[93] ليندا ويليامز، د.واد آدمز،تكنولوجيا النانو ترجمة الدكتور خالد العامري،مكتبة الأسرة، 2008 ص.125

3. يجب تحديد نوعية الأنابيب التي تنتج بعد تخليق أنابيب "النانو" الكربونية داخل المختبر، ثم تخليق هذه الأنابيب الناتجة بصورة إنتقائية وفصلها بعد عملية تخليقها الأولي كي تكون مفيدة بالنسبة للتطبيقات البيولوجية.
4. لقد أجريت في جامعة "رايس" أولى دراسات التحليل الطيفي لأنابيب "النانو" في وسط حيوي لتحديد أي الأنابيب تصلح لتطبيقها في مجال معين.



تصنيع أنابيب "النانو" الكربونية

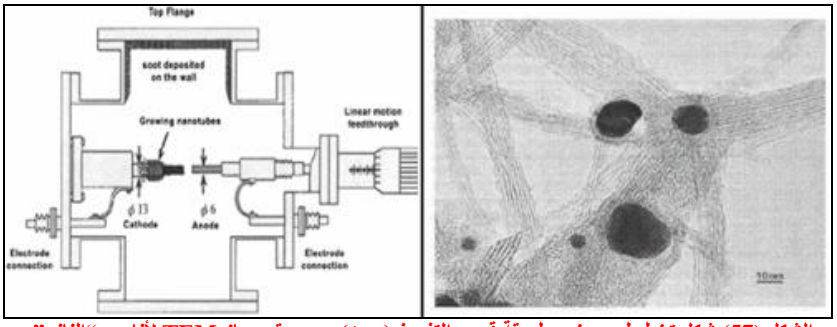
فيما يلي سأقدم عرضاً مختصراً لأهم ثلاث تقنيات لتصنيع وتحضير أنابيب "النانو" الكربونية، علماً بأن هناك عدد من التقنيات يتم إختبارها وإستخدامها من أجل توفير طرق غير مكلفة لتصنيع وتوفير هذه الأنابيب ذات الخواص الغير عادية مما يؤدي الى إمكانية دراستها وإستخدامها بشكل أكبر وأوسع وذلك لأن أنابيب "النانو" الكربونية ذات سعر مرتفع جداً كما أن تقنيات التصنيع ما زالت تحتاج للكثير من الدراسة والتطوير للحصول على الخواص المطلوبة في أنابيب "النانو" الكربونية التي يتم إنتاجها. وفيما يلي شرح لهذه التقنيات الثلاثة:-

1. تقنية قوس التفريغ[94]

إن تقنية أو طريقة قوس التفريغ Arc-Discharge Technique هي من أول التقنيات إستخداماً في تصنيع وتحضير تركيبات الكربون" الفلورين" حيث تم تطويرها على يد الباحث Krätschmer وفريقه، وفي عام 1991م إستخدمت في إنتاج أول أنابيب "النانو" الكربوتية، وذلك على يد الباحث الياباني Iijima ، وفي هذه التقنية يستخدم قطبين من الجرافيت أحدهما يمثل الآنود والآخر يمثل الكاثود حيث يوضعان في حيز مغلق chamber ، ويطبق بينهما جهد كهربائي يبلغ حوالي 20V ، والجدير بالذكر أن الكاثود يحتوي جزئياً على عدد من المعادن مثل الكوبولت والنيكل والحديد والتي تعمل كمحفزَات لعملية الإنتاج، وفي هذه العملية يتم ملئ الحيز المغلق بغاز خامل ثم يوضع النظام تحت التفريغ، حيث يتم تقريب القطبين من بعضهما بشكل

[94] http://www.bee2ah.com

منحنى (Curves) مما يسمح بحدوث قوس تفريغ كهربائي تتراوح شدة تياره ما بين 50-200 A وتصل درجة الحرارة الى 4000 درجة مئوية ودرجة الحرارة هذه تؤدي الى التسامي الجزيئي للكربون على الآنود، ويتم بعد ذلك ترسب ناتج العملية على جدار الحيز على شكل يشبة "شبكة العنكبوت" التقنية أستخدمت أولاً في إنتاج أنابيب "النانو" الكربونية متعددة الجدر، أما اليوم فيمكن وبشكل محدد إنتاج أنابيب "النانو" الكربونية أحادية الجدار من النوع "كتف الكرسي" وذلك بالتحكم في الغازات والمحفزات المضافة والجدير بالذكر أن نواتج هذه التقنية ليست أنابيب نانو نقية بل إن النواتج قد تحتوي على صيغ أخرى من تركيبات الكربون مثل الجرافيت والفلورين وبودرة الكربون الناعمة.



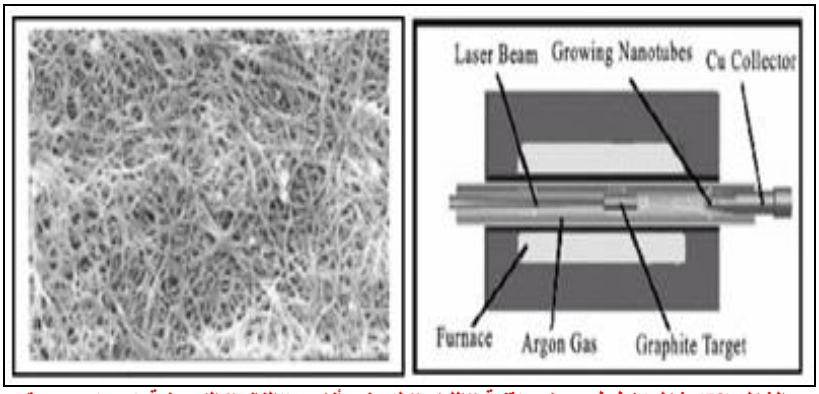
الشكل (57) شكل تخطيطي يوضح طريقة قوس التفريغ (يمين) وصورة بجهاز TEM لأنابيب "النانو" الكربونية و حيدة الجدار (يسار) والتي تم تحضيرها بهذه الطريقة

2. طريقة التبخير بالليزر[95]

تقنية التبخير بالليزر Laser Ablation Method أو "طريقة الإستئصال الليزري" تعد التقنية الثانية بعد تقنية "قوس التفريغ" وقد تم تطويرها في عام 1992م على يد الباحث Smalley وزملائه، وذلك بغرض تحضير كميات كبيرة من تركيبات الكربون، وفي عام 1996م، تم إستخدامها في إنتاج أنابيب "النانو" الكربونية أحادية الجدار، وذلك على يد نفس الفريق. وهذه التقنية تستخدم درجة حرارة عالية مثلها مثل تقنية قوس التفريغ التي تحدثت عنها سابقاً، وفيها يتم إستخدام إشعاع ليزر عالي الطاقة بحيث يركز هذا الإشعاع على هدف من الجرافيت يقع في مركز نظام تسخين مغلق (Furnace) ذو درجة حرارة مرتفعة تصل الى 1200C°، ويعمل الليزر على تبخير هذا الهدف في محيط يحتوي على غاز الأرجون Argon" Gas" وكذلك بعض العناصر مثل الكوبولت Co والنيكل Ni كعناصر محفزة لهذا التبخير، بعدها يتم تجميع أنابيب "النانو" والتي تكون على شكل بودرة ناعمة ذات لون أسود"soot" بواسطة المجمع النحاسي، كما يظهر في

[95] http://www.bee2ah.com

الشكل التوضيحي رقم (59) ويجدر الإشارة هنا إلى أن هذه التقنية تساعد في إنتاج كمية كبيرة من إنابيب "النانو" الكربونية أحادية الجدار ذات الجودة العالية حيث تصل كمية أنابيب "النانو" الكربونية المنتجة بواسطة هذه التقنية الى أكثر من 85% من الناتج الكلي للعملية والذي قد يحتوي على الفلورين كجزيء كربوني ناتج، ويمكن متابعة نمو أنابيب "النانو" عن طريق كاميرة فيديو عالية السرعة.



الشكل (58) شكل تخطيطي يوضح تقنية "الليزر" لتصنيع أنابيب "النانو" الكربونية (يمين) وصورة بالمجهر الإلكترونيSEM تظهر أنابيب "النانو" الكربونية الناتجة من هذه التقنية بعد أول عملية تصفية (يسار)

3. تقنية ترسيب الأبخرة الكيميائية

تقنية ترسيب الأبخرة الكيميائية Chemical Vapour Deposition Method (CVD) هي الطريقة الأحدث وتم تطويرها لتتغلب على عيوب الطريقتين السابقتين من حيث إنخفاض تكلفتها وإستخدام درجة حرارة أقل في الإنتاج، كما أنها تتميز بوفرة الإنتاج وتتميز كذلك بقدرتها على إنتاج كلا النوعين أي أنابيب "النانو" الكربونية أحادية الجدار ومتعددة الجدار. وفي هذه الطريقة يتم وضع "داعم" تفاعلsubstrate غالباً ما يكون رقاقة سيلكون في وسط حيَز التفاعل الذي يشبه الفرن oven-like وترفع درجة حرارة الحيز الى 600 درجة مئوية، ثم يضاف غاز الهيدروكربون أو أي غازات للكربون إلى نظام التفاعل والذي ينتج عنه فصل لذرات الكربون ثم تشكل أنابيب الكربون على الرقاقة السيلكونية، ويتم تشكيل الكثير من تركيبات الكربون الأخرى إلى جانب أنابيب "النانو" الكربونية مثل مسحوق الكربون وشرائح الكربون السميكة والرقيقة وغيرها، وعلى الرغم من بعض العيوب التي قد توجد في الأنابيب المنتجة بهذه الطريقة ألا إن هذه الطريقة هي أكثر الطرق إنتشاراً بين المجموعات البحثية لإنتاج أنابيب "النانو" الخاصة بهم، وذلك لسهولة عملها وتوفر تجهيزاتها.

تطبيقات أنابيب "النانو" الكربونية

- تم إستخدام أنابيب "النانو" الكربونية في العديد من المجالات مثل صناعة خزَانات وقود السيارت، مضارب التنس والجولف، عصي التزلج على الثلوج، طلاء المواد العسكرية التي لا يكتشفها الرادار.
- من التطبيقات الجديدة لتقنية "النانو"، أنبوب "النانو" الكربوني المكوَن من الحبر وهو عبارة عن حبر تم تطويره بواسطة الدكتور لي جن وونج من معهد كوريا للتكنولوجيا الكهربائية للبحوث تتضمن هذه التقنية طلاء أسطح البلاستيك بذلك الحبر لجعل السطح الرقيق قادراً على توصيل الكهرباء.
- من الممكن أيضاً تطبيق هذه التقنية في مجالات عدة منها شاشات اللمس وشاشات العرض القابلة للثني مع العلم بأن الدكتور لي قد أختار شاشات اللمس بسبب عدم وجود تقنية خاصة بالطلاء الدائم لأسطح البلاستيك.
- إن تطوير أنبوب كربوني من الحبر يمثل بداية مرحلة جديدة من التفوق المذهل في مجال تقنية "النانو".
- إن الخصائص الغير إعتيادية لأنابيب "النانو" الكربونية جعلت منها مواد أساسية في تقنية "النانو" القادمة والتي ستدخل جميع جوانب الحياة في المستقبل القريب إن شاء الله، وهذه الخواص المذهلة لهذه المواد فتحت للباحثين أبواباً كثيرة للبحث عن التطبيقات الممكنة لهذه المواد، وعلى الرغم من بعض الصعوبات التي تواجه أستخدام أنابيب "النانو" في البحث العلمي وفي التطبيقات العملية مثل أرتفاع تكلفة إنتاج هذه الأنابيب والتي قد تصل لبعض الأنواع ذات الجودة العالية الى 1500 دولار أمريكي للغرام الواحد، بالإضافة الى الصعوبات التقنية مثل إنخفاض كمية الإنتاج ومحدودية التحكم في تشكيل وتركيب هذه الأنابيب حسب التطبيقات المرغوبة ألا إنه قد تم إستخدام هذه التقنيات في عدد من التطبيقات الحالية ومنها:

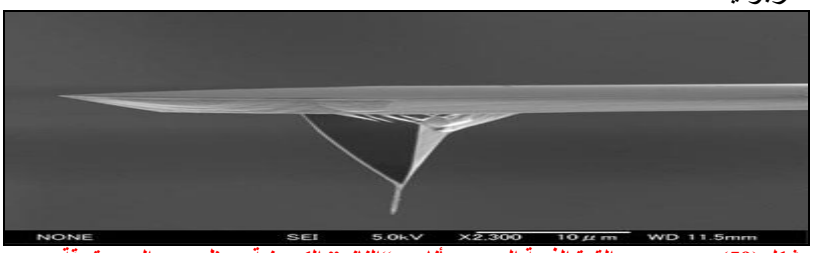
أجهزة الإنبعاث الإلكتروني

تعتبر تقنية الإنبعاث الإلكتروني من التقنيات الهامة جداً وهي أساس لكثيراً من التطبيقات الصناعية مثل صناعة شاشات العرض التلفزيونية والمسطحة وكذلك في تقنيات الأشعة الطبية المختلفة . وللوقوف على أهمية أنابيب "النانو" الكربونية في هذا المجال، لكم أن تعرفوا أنه أذا وضع أنبوب "النانو" الكربوني في مجال كهربائي فإنه يبعث سيل من الإلكترونات من أحد طرفية مباشرة وكأنه خرطوم ماء ذو طاقة عالية يقذف الماء من فوهته. وهذه الخاصية الفريدة لإنابيب "النانو" الكربونية جعلت منها أداة عالية الكفاءة تحل محل تقنية المدفع الإلكتروني القديمة وذلك في مجال صناعة شاشات العرض الفسفورية لأجهزة التلفزيون، وبالفعل قامت بعض الشركات حالياً بتسويق جيل جديد من شاشات العرض الفسفورية، والجدير بالذكر أنه وبتتبع نفس المبدأ السابق يمكن أستخدام أنابيب "النانو" الكربونية في

تطبيقات الأشعة الطبية والمصابيح الكهربائية وفي إنتاج موجات الميكرو. وأخيراً فإن هذا التطبيق أي إستخدام هذه الأنابيب في أجهزة الأنبعاث الإلكتروني ما زال يحتاج للمزيد من الدراسة للوقوف على خاصية الأنبعاث لأنابيب "النانو" الكربونية والتي تنشأ من حزم الطاقة المنفصلة وليست من حزم الطاقة المستمرة كما هو الحال في المواد الأكبر، وكذلك تعتمد إيضاً وبشكل كبير على التركيب الدقيق لهذه الأنابيب .

مجاهر القوة الذرية

إن دقة وكفاءة مجاهر القوة الذرية والتي هي أحد أنواع مجاهر المجسات الماسحة تعتمد إعتماداً كلياً على خصائص وأبعاد مجساتها التي تستخدم في دراسة أسطح المواد، وكذلك تعتمد على طبيعة المواد التي تصنع منها هذا المجسات. وغالباً ما تصنع هذه المجسات والتي تستخدم لدراسة أسطح المواد من التنجستون أو البلاتنيوم أو السيليكون وتأخذ شكل مدبب (مخروطي تقريبا) تتراوح سماكتها من 10 الى 50 ميكرومتر تعطي قوة تمييز تصل الى المستوى الذري، وحديثاً تم إستخدام أنابيب "النانو" الكربونية لتحسين كفاءة هذا المجس "المسبار" وذلك بإضافة هذا الأنبوب في النهاية الدقيقة لهذا المجس(probe tip) كرأس لهذا المجس ليقوم بعملية دراسة أسطح المواد وقد رفعت هذه التقنية قوة تمييز المجس التقليدي الى أكثر من عشر مرات. كما إن هذا المجس الجديد الذي يستخدم أنبوب "النانو" الكربوني ساعد في زيادة عمر إستخدام هذا المجس وكذلك قلل من مشكلة تشوية سطح العينة المدروسة وذلك للخصائص الميكانيكية العالية التي تتميز بها أنابيب "النانو" الكربونية

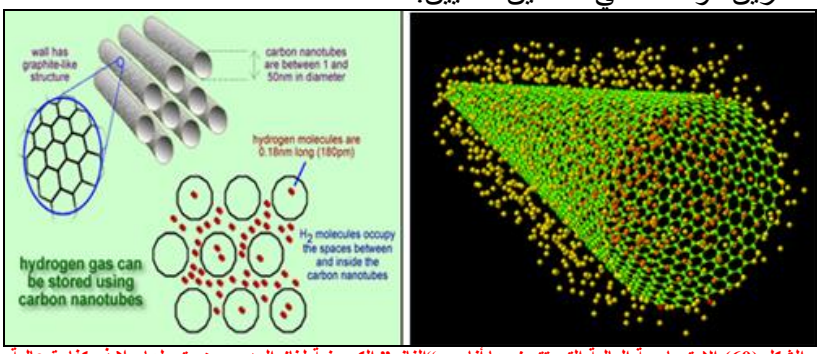


شكل (59) مجس مجهر القوة الذرية المحسن بأنابيب "النانو" الكربونية، ويظهر من الصورة دقة مجس "النانو" مقارنة بالمجس القديم والذي تقل سماكته أساسا عن 50 ميكرومتر

تخزين الهيدروجين

في خلايا الطاقة الهيدروجينية، والتي هي عبارة عن أجهزة كهروكيميائية يتم إستخدام غاز الهيدروجين وغاز الأكسجين كمواد كيميائية لتشغيل هذه الخلايا. وخلايا الطاقة هذه تعطي مصدراً متجدداً للطاقة الكهربائية التي يمكن أن تستخدم في تشغيل السيارات الكهربائية وأجهزة اللابتوب وتعتبر هذه التقنية من التقنيات الحديثة التي ما زال الباحثون يواصلون فيها البحث والدراسة أملاً في تطويرها وتحسينها لتصبح مصدراً

نظيفاً وآمنا لطاقة الكهربائية، وكما ذكرت فإن أنابيب "النانو" الكربونية قدمت حلاً كبيراً لمشكلة تخزين غاز الهيدروجين حيث تعتبر صعوبات تخزينه من أكبر المعوقات التي تقف في طريق تقدم تقنية خلايا الطاقة الهيدروجينية، حيث تتميز هذه الأنابيب بقدرتها الفائقة على إمتصاص كمية كبيرة من غاز الهيدروجين، وبالتالي يمكن إضافة أنابيب "النانو" الكربونية الى خزانات وقود غاز الهيدروجين لتوفر هذه الأنابيب مستودعات آمنة وذات قدرة عالية لتخزين لغاز الهيدروجين ذو الطبيعة الخطيرة، وفكرة التخزين موضحة في الشكلين التاليين:



الشكل (60) الإمتصاصية العالية التي تتميز بها أنابيب "النانو" الكربونية لغاز الهدروجين، تجعلها حلا ذو كفاءة عالية لمشكلة تخزين غاز الهيدروجين في تقنيات خلايا الطاقة الهيروجينية

أجهزة الإستشعار عالية الحساسية

عندما تتعرض أنابيب "النانو" الكربونية شبة الموصلة لبعض الغازات مثل القلويات والهالوجين وذلك في درجة حرارة الغرفة فإن مقاومتها الكهربائية تزداد بشكل كبير، ومن هذه الخاصية المميزة لأنابيب "النانو" الكربونية تجعل منها مواد مثالية في تقنيات ألإستشعار، إن أنابيب "النانو" الكربونية تستطيع رفع حساسية أجهزة الإستشعار التقليدية عالية الكفاءة الى 1000 مرة تقريبا

مجسات "النانو" البيولوجية

- تعتبر المجسات البيولوجية من الأدوات المهمة في تكنولوجيا "النانو" حيث أنها تعتبر أداة مهمة في عملية التعرف على المواد الكيميائية السامة متناهية الصغر التي توجد في المنتجات الصناعية أو العناصر الكيميائية أو العينات البيئية "مثل الهواء والتربة والماء" أو الأنظمة الحيوية " كالبكتيريا أو الفيروسات أو الأنسجة" عند التشخيص الإكلينيكي.
- تستطيع المجسات البيويولجية إكتشاف المكونات الكيميائية للأنظمة المعقدة وكذلك التمييز بينها، إذ إن تصميمها عالي الكفاءة يمكنها من تحديد نوع العينة الخاضعة للفحص وكذلك كميتها بدقة متناهية.
- تعتبر مجسات "النانو" البيولوجية مجموعة جديدة للمجسات البيولوجية التي تعتمد على مسابير الـDNA والأجسام المضادة.

- على سبيل المثال، ظهرت المجسات المناعية الفلورية (fluoroimmunosensors) لإكتشاف الخلايا السرطانية، فتوضع الأجسام المضادة عند طرف مسبار الألياف الضوئية أو في مجس آخر (داخل المجسات المناعة الفلورية) لفحص التألق داخل جسم الكائن الحي في المعمل. ويمكن تحقيق درجة عالية من الحساسية باستخدام طاقة الليزر الهائلة وتغيير الإشارات البصرية.
- بإستخدام ليفة واحدة فقط، يرسل المجس المناعي الفلوري طاقة هائلة إلى العينة ويجمع مقدار التألق أو الفلورة المنبعث من البروتين عند طرف المسبار. بعد ذلك، يصل شعاع الليزر إلى مسبار المجس، فيؤدي إلى استثارة العنية المرتبطة بالأجسام المضادة الموجودة عند طرف مسبار الألياف الضوئية.
- تجرى العديد من التحاليل البسيطة والسريعة إعتماداً على هذة الطريقة لإقتفاء المكونات البيولوجية والكيميائية بدرجة حساسية عالية.

الفصل السابع

أشكال "النانو" وطرق تحضيرها

الفصل السابع – أشكال "النانو" وطرق تحضيرها

أشكال "النانو"

من الممكن بناء وتصميم مواد "النانو" على هيئة أشكال متعددة ومختلفة، ومن أشكال مواد "النانو" ما يلي[96]:

1. حبيبات "النانو" (Nanoparticles)
2. أنابيب "النانو" (Nanotubes)
3. النقاط الكمية (Quantum Dots)
4. الفلورين (Fullerene)
5. الكرات النانوية (Nanoballs)
6. أعمدة "النانو" (Nanorodes)
7. الشرائح الرقيقة (Thin Films)
8. مركب من مواد "النانو" (Nanocomposite)
9. الأسلاك النانوية (Nanowires)
10. الألياف النانونية (Nanofibers)

1. حبيبات "النانو"(Nanoparticles)

هي حبيبات بعدة أشكال فقد تكون على شكل مكعب أو كروي أو بيضاوي أو نجمي بحيث يكون أحد أبعادها أقل من 100 نانومتر

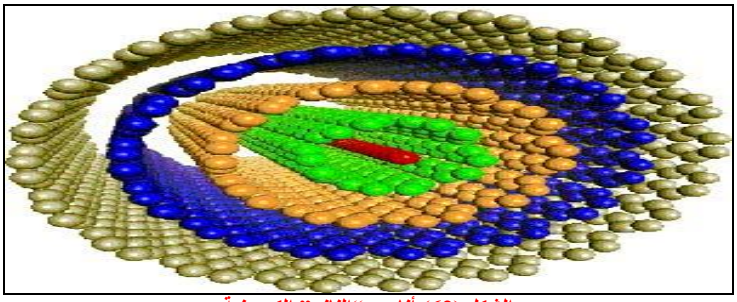
الشكل (61) الحبيبات النانونية
arabic.alibaba.com/product-free/111850872/Nan

[96] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول،2008 ص.16

يقول العلماء بأنهم قد أحدثوا طريقة لتشتيت رقائق السليكون التي تستخدم في تصنيع الرقائق والأجهزة الحاسوبية والالكترونية والكهربائية وغيرها الى حبيبة بقطر واحد نانو، فأصبحوا يرونها تتألق بلون أزرق شديد جداً تحت تأثير الضوء البنفسجي، أما إذا تم تشتيتها الى قطر1.7 نانو فتتألق باللون الأخضر، وإلى قطر 2.1 نانو تتألق باللون الأصفر، وتتألق باللون الأحمر عندما يكون قطرها 2.9 نانو. وبهذا يتم صنع مواد سليكونية تشع كطيف قوس قزح أو ما يتكون منه الضوء، مع العلم أن مادة السليكون معتمة جداً جداً. واذا ما أعدنا ترتيب أو زرع هذه الحبيبات على الرقائق فسيحدث ما يسمى Super Chip[97]

2. أنابيب "النانو" (Nano tubues)

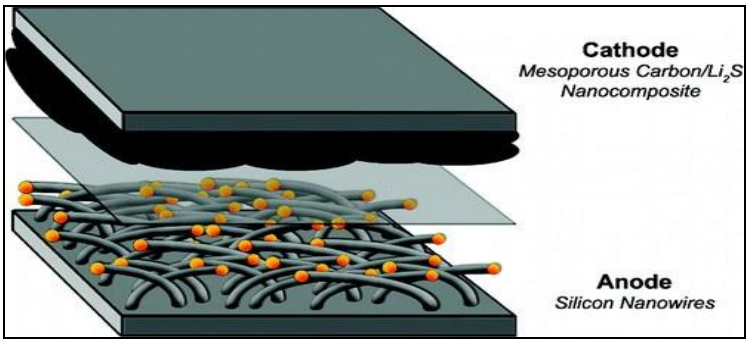
عبارة عن أنابيب مجوَفة يبلغ قطر كل أنبوب أقل من 100 نانومتر وقد يصل طولها إلى الآف النانومتر، لذلك فإن المواد المستخدمة يجب أن يتم تقطيعها إلى أجزاء لا تزيد أقطارها عن 100 نانومتر. فالأنابيب النانوية تتكون من خليط من مواد موصلة ومواد أشباه موصلة أسطوانية الشكل مجوفة يتراوح قطر الأنبوب بين 1 إلى 100 نانومتر. ويمكن إدخال عدة أنابيب ذات أنصاف أقطار متدرجة فى الصغر لتصبح كما في الشكل (63)



الشكل (62) أنابيب "النانو" الكربونية

ومن أمثلة انابيب "النانو"(أنابيب السيليكون/ أنابيب التيتانيوم) وتعتبر أنابيب "النانو" الكربونية أشهر مثال على الإطلاق.

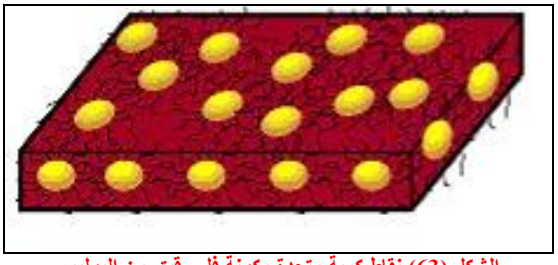
[97] http://www.tvtc.tc/vb/showthread.php?t=21170



www.facebook.com/note.php?note_id

3. النقاط الكمية (Quantum Dots)

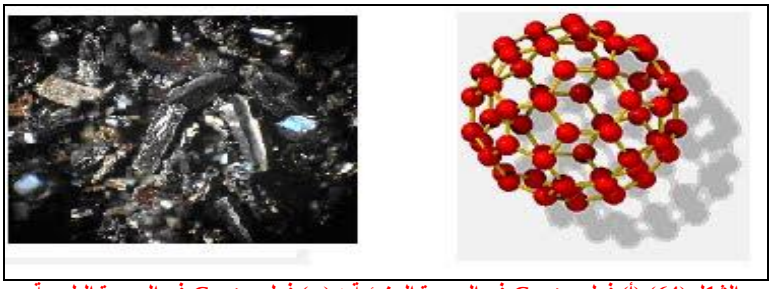
عبارة عن نانوى شبه موصل ثلاثى الأبعاد ، تتراوح أبعاده ما بين 2 إلى 10 نانومتر. وعندما يكون قطر النقطة الكمية 10 نانومتر فإنه يمكن صف 3 ملايين نقطة كمية بجوار بعضها البعض بطول يساوى عرض أصبع إبهام الإنسان



الشكل (63) نقاط كمية متحدة مكونة فلم رقيق من البوليمر

4. الفولورين(Fullerene)

عبارة عن جزيئات نانوية مكونَة من ذرات كربون مترابطة ثلاثياً تعطي شكل كريات لها بناء يماثل الجرافيت ، ولكن بدلاً من الشكل السداسي النقي، فإنها تحتوى على أشكال خماسية (واحتمال سباعية) من ذرات الكربون، مما يؤدى لإنثناء الطبقات إلى كريات أو أسطوانات ، ويعد أكثر الفولورينات شهرة هو الجزيء C60 ، حيث تترتب الـ60 ذرة كربون على رؤوس مجسم عشريني ناقص . وشكل المجسم العشريني الناقص يشبه كرة القدم (كما في الشكل 65) ، ويتميز بأنه جزيء ممغنط وغير قابل للإحتكاك. وتم إكتشاف الفولورين عام 1944م عندما لاحظ أوتوهان وجود سلاسل من الكربون أثناء إجرائه لتجارب كانت تستهدف تكوين ذرات ثقيلة من ذرات أخف عن طريق إمتصاصها للنيوترونات . إذ أن بحثه كان منصباً في الكشف عن الفروق الصغيرة في الوزن بين بعض ذرات العناصر الثقيلة التي يقوم بتبخيرها في قوس كربوني .

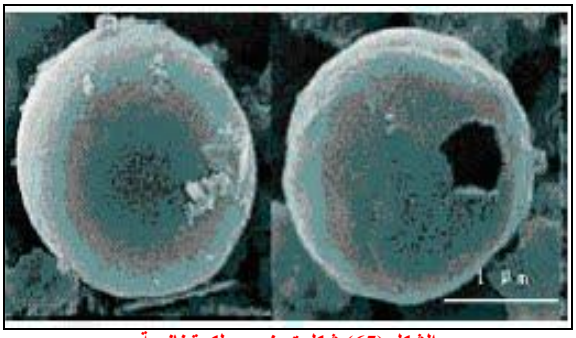


الشكل (64) (أ) فولورين C_{60} فى الصورة الجزيئية ؛ (ب) فولورين C_{60} فى الصورة البلورية

وأثناء مشاهدته لتلك النتائج ، لاحظ أن القوس أنتج أيضاً سلاسل من الكربون كان لها نفس الوزن الجزيئي للمعدن، وحيث أنه لم يكن مهتماً بسلاسل الكربون فقد دوَّن ملاحظاته بشأنها في نهاية تقريره ثم أنطلق وراء الهدف الرئيسي من بحثه ولم تتم متابعة النتائج التي توصل إليها بشأن سلاسل الكربون إلا فى عام 1985م عن طريق هارولد كروتو ومعه كل من روبرت كيرل وريتشارد سمالي اللذان توصلا إلى أن سلاسل الكربون تلك ما هي إلاّ صورة جديدة من صور الكربون.

5. الكرات النانوية(Nanoballs)

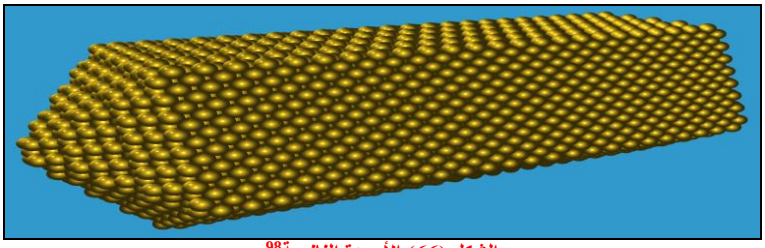
تنتمى الكرات النانوية إلى فئة الفلورينات (C_{60}) ، مع الإختلاف فى التركيب شيئاً قليلاً وذلك لأنها متعددة القشرة وخاوية المركز ، وبسبب تركيبها الذى يشبه البصل فقد أطلق عليها العلماء اسم bucky أى البصل. وقد يصل قطرها إلى ما يزيد عن 500 نانومتر



الشكل (65) شكل توضيحى لكرة نانوية

6. أعمدة "النانو"(Nanorodes)

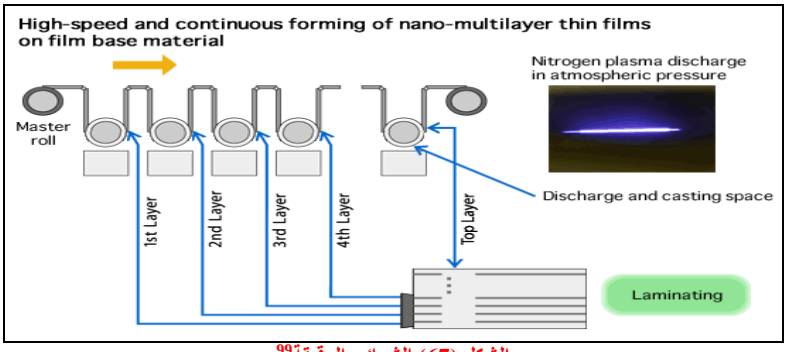
هذه الأعمدة تشبه أنابيب "النانو" إلا أنها تكون مصمتة وأقصر منها ، ومن أمثلة هذه الأعمدة أعمدة الذهب والبلاتين وأكسيد الخارصين



الشكل (66) الأعمدة النانوية[98]

7. الشرائح الرقيقة (Thin Films)

عبارة عن شريحة سمكها أقل من 100 نانومتر أما طولها وعرضها فقد يكون بالميكرومتر، وتستخدم الصفائح الرقيقة في أشباه الموصلات مثل السيلكون وسبائك الذهب



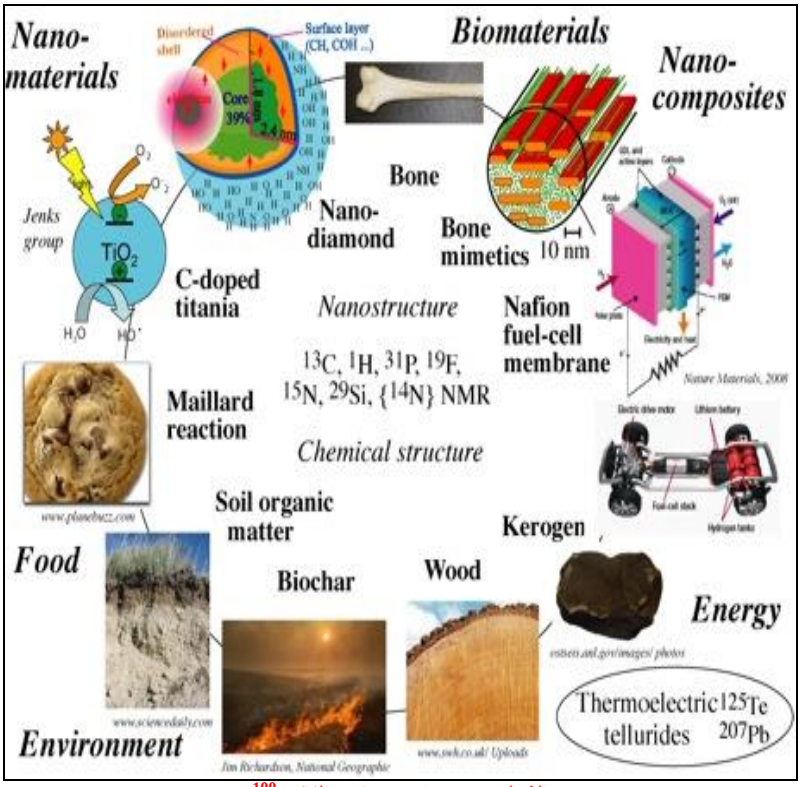
الشكل (67) الشرائح الرقيقة[99]

8. مركب من مواد "النانو" (Nanocomposite)

هو ناتج من عملية توزيع أو إنتشار مواد "النانو" داخل مواد عادية فمثلاً يتم توزيع ونشر أنابيب "النانو" الكربونية داخل بعض المواد البلاستيكية لنحصل على مركب من مواد "النانو" ذي الخصائص الفائقة وهى عبارة عن مواد يضاف إليها جسيَمات نانوية تكسبها خواصاً مميزة إضافية. فعند إضافة أنابيب نانوية (الكربون مثلاً) إلى مادة ما ، تزداد خواص التوصيل الكهربى والحرارى لتلك المادة نتيجة لإضافة أنابيب الكربون النانوية لها. وقد يحدث أيضاً تحسن فى الخصائص الضوئية والميكانيكية (الصلابة ، الشدة) نتيجة لإضافة مواد نانوية معينة لبعض المواد. ومن أشهر المركبات النانوية الموجودة الآن المركبات البوليمرية

---

[98] www.nd.edu/~gezelter/Main/Gallery7.html
[99] www.konicaminolta.com/.../nano_coating.html



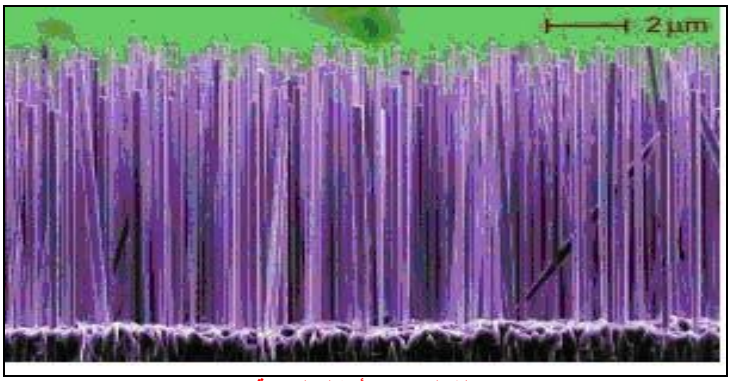
الشكل (68) بعض مركبات "النانو"[100]

9. الأسلاك النانوية (Nanowires)[101]

هى عبارة عن أسلاك ذات بعد واحد، أقطارها تقل عن نانومتر واحد وبأطوال مختلفة ، تكون فى الغالب نسبة طولها إلى عرضها أكثر من 1000 مرة. وتتميز عن الأسلاك العادية (ثلاثية البعد) بقوة التوصيل الكهربى ، نتيجة لحصر الإلكترونات كمياً فى إتجاه جانبى واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن المستويات العريضة فى المادة الحجمية.

[100] (http://www.public.iastate.edu/~nmrksr)

[101] د.محمود محمد سليم صالح،تقنية النانو وعصرٌ علميّ جديد ، أستاذ مشارك بقسم العلوم الطبيعية والتطبيقية - كلية المجتمع بالأفلاج والباحث فى تقنية النانو



الشكل (69) الأسلاك النانوية

ويعتبر التعامل مع أسلاك السليكون النانوية (قضبان "النانو" أو الأسلاك الكمية) أسهل بكثير من طرق التصنيع التي تقوم بتقنية أنابيب "النانو" الكربونية. تكوّن أسلاك "النانو" أشكالاً معقدة من ترانزستورات فائقة الضآلة ، وتمثل هذه الأسلاك نظاماً غاية في التعقيد لإحتوائها على الكثير من المكونات المتنوعة التي تعجز أنابيب "النانو" عن التعامل معها بسهولة[102].

ولا يعتبر السليكون المادة الوحيدة المفيدة بالنسبة لأسلاك "النانو"، إذ تتمتع أسلاك "النانو" الفلزية أو متعددة الطبقات المصنوعة من الذهب أو النحاس الأحمر أو المنجنيز بخواص إنتقائية ونوعية عالية، وذلك حسب نوع التطبيق المستخدم. وبالتالي، يمكن إستخدام أسلاك "النانو"[103] التي يبلغ قطرها 12 نانومتر في مجال التطبيقات البصرية والمغناطيسية والإلكترونية، وكذلك في صناعة المجسات والخلايا الشمسية.

أسلاك "النانو" المعلقة:

- ✓ تصنع موصلات "النانو" في المعامل بإحدى طريقتين:
  1. التعليق
  2. الترسيب
- ✓ يمكن تخليق أسلاك "النانو" المعلقة داخل غرفة مفرغة عن طريق:
  1. التنميش الكيميائي لسلك آخر كبير الحجم
  2. عن طريق سلك سفع كبير الحجم بإستخدام جسيمات ذات طاقة عالية
  3. عن طريق دفع طرف مسبار نانو إلى سطح أملس لحد الفلزات المنصهرة جزئياً ثم جذبه ثانية للحصول على سلك "النانو".

---

[102] لينذا ايفانز، د. واد آدمز، تكنولوجيا النانو، مكتبة الأسرة، 2008 ص.254.

[103] يمكن تصنيع أسلاك النانو بأستخدام مواد أولية عديدة منها (سليكون، ذهب، الومينا، بزموث، بلاديوم، ثاني اكسيد اليتانيوم، كربيد السليكون، جرمانيو، نحاس أحمر، أكسيد الزنك، نتريد الجاليوم، سيليند الكادميوم، نيكل، أكسيد الماغنيسيوم، أكسيد المنجنيز، فوسفيدات الإنديوم)

أسلاك "النانو" المرسبة

- يغلف سطح جديد(كصَف واحد من الذرات الفلزية على أحد الأسطح غير الموصلة) بسلك نانو مرسب. وتتم هذه العملية بإستخدام طريقة التبخير والتمييع والتصليد التي تستعين بجسيمات ممسوحة بالليزر أو بالغاز كمادة مصدرية.
- تتعرض المادة المصدرية لأحد المحفزات (كتجمعات "النانو" الذهبية السائلة على سبيل المثال)، بعد ذلك تتسرب المادة المصدرية إلى تجمعات "النانو" الذهبية حتى تتشبع بها.
- وما أن تتشبع تجمعات "النانو" تماماً، تتصلد المادة المصدرية وتنمو خارج تجمعات "النانو".
- يمكن التحكم في طول سلك "النانو" بعد أن ينتهي عمل المادة المصدرية، كما يمكن إنتاج أسلاك نانو مركبة بإستخدام شبكات فائقة من المواد المتناوبة في أثناء مرحلة التصنيع، وينتج عن هذه العملية إنتاج أسلاك نانو بلورية يمكن إستخدامها كمكّون لأشباة الموصلات.
- يمكن تصميم المكونات الإلكترونية بإستخدام أسلاك "النانو"، وذلك بالإستعانة بأسلاك نانو منفردة وإشابتها كيميائيا لتكوين أشباة موصلات موجبة الشحنة وسالبة الشحنة.
- بعد ذلك، يتم إنتاج موصل إلكتروني بسيط من نوع p-n إما فيزيائياً عن طريق تمرير سلك موجب الشحنة بسلك آخر سالب الشحنة، وإما كيميائياَ عن طريق إشابة سلك واحد بعدة شوائب مختلفة بطول إمتداده، وينتج عن ذلك موصل p-n به سلك واحد فقط.
- بعد تكوين موصلات p-n، يمكن تكوين بوابات منطقية بوصل عدة موصلات من نوع p-n معاً.

قابلية أسلاك "النانو" لتوصيل الكهرباء وإستخداماتها[104]

- تتميز أسلاك "النانو" بخواص كهربائية فريدة نظراً لحجمها بالغ الصغر، وبخلاف أنابيب "النانو" الكربونية التي تتحرك فيها الإلكترونات بحرية كبيرة بين الإلكترودات.
- إن قدرة أسلاك "النانو" على التوصيل تتأثر بظاهرة تأثير الحافة (نتوء المجال الكهربي حول طرفي اللوحتين في المكثف)
- تنتج هذه الظاهرة عن الذرات التي توجد على سطح أسلاك "النانو" دون أن تكون متحدة كلياً بالذرات المجاورة (مثل الذرات التي توجد داخل أسلاك "النانو").
- من الممكن أن يتسبب عدم اتحاد الذرات في ظهور بعض العيوب داخل أسلاك "النانو"، الأمر الذي يؤثر على قدرتها على التوصيل الكهربي.

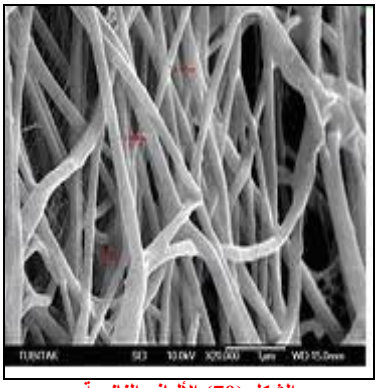
---

[104] ليندا ويليامز، د. واد آدمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة د.خالد العامري، الفصل التاسع الإليكترونات والمجسات، ص.256 ، مكتبة الأسرة 2008

- كلما صغر حجم سلك "النانو"، زاد عدد الذرات على السطح مقارنة بالذرات الموجودة داخل سلك "النانو"، وبالتالي يزداد تأثير ظاهرة تأثير الحافة.

10. الألياف النانوية Nanofibers

من أشهر الألياف النانوية، الألياف المصنوعة من البوليمرات. ويكون عدد ذرات سطح الألياف كبير مقارنة بالعدد الكلى ، وهذا يكسب الألياف خواص ميكانيكية (كالشدة ، والصلابة) تؤهلها للإستخدام كمرشحات فى تنقية السوائل والغازات ، وفى العديد من التطبيقات الطبية والعسكرية



الشكل (70) الألياف النانوية

طرق تحضير مواد "النانو":

تستعمل مواد "النانو" إما مباشرة أو لصنع مواد أخرى ويمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات[105]:

1. المواد المقواة أو المشحونة بمواد "النانو"
2. مواد "النانو" المهيكلة في السطح
3. مواد "النانو" المهيكلة في الحجم

المواد المقواة أو المشحونة بمواد "النانو":

تدمج مواد "النانو" في مادة ما لإعطاء وظيفة جديدة لهذه المادة أو لتغييَر خواصها الميكانيكية أو الضوئية أو المغناطيسية أو الحرارية وتستعمل في منتجات التجميل والصباغة وفي الأسمنت المقوى وفي حبر المطابع ومن الأمثلة على ذلك:

- إدماج دخان السيليس في الإسمنت المقوى لتحسين سيولته وخواصة الميكانيكية
- إدماج جزيئات الفحم في الحبر والعجلات

[105] عبد الإلة بن يوسف، طرق تحضير المواد المتناهية في الصغر، مجلة النانو، العدد الأول، 2008، ص.20

- إدماج جزيئات ثاني اكسيد التيتان في المراهيم للحفظ من الأشعة فوق البنفسجية
- كما يوجد بالطبيعة عدة مواد مشحونة بمواد متناهية في الصغر مثل الصلصال والحجر الكلسي.

مواد "النانو" المهيلكة بالسطح:

إن إكساء مادة ما بطبقة أو عدة طبقات من "النانو" يعطي هذه المواد خصائص جديدة مقاومة للتعرية والتأكسد والتأكل أو يعطيها وظائف جديدة مثل المظهر أو الصلابة أو الإلتحام. وهناك طرق عديدة فيزيائية وكيميائية لتحضير هذه المواد مثل :

- الإقتلاع بالليزر
- القذف بحزمة إلكترونات
- تثبيت الجزيئات على الأسطح إنطلاقاً من البخار بطرق فيزيائية وكيمائية ومثال على ذلك إعطاء وظيفة منظف ذاتي للسطح.

مواد "النانو" المهيكلة بالحجم:

وهي مواد ذات خواص فيزيائية متميزة كأن تكون مثلا (خزف أكثر ليونة ، خواص ضوئية ، عوازل كهربائية ، أكثر جودة...) وذلك نظراً لبنيتها الداخلية على المستوى النانومتري (بنية مجهرية، مسامية،شبكات بلورية متناهية في الصغر). وهناك بعض العراقيل التي تحول دون تطوير هذه المواد وهم:

- عدم إستقرار البنيات المتناهية في الصغر في درجات الحرارة المرتفعة
- عدم توفر الطرق الصناعية لتحضيرها.

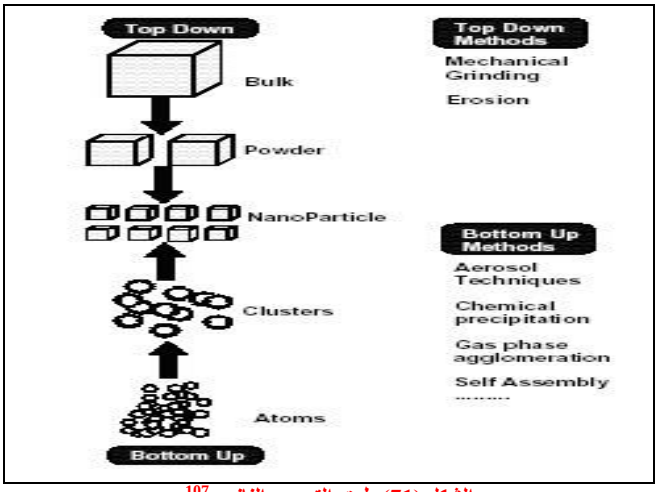
طرق التصميم والإنتاج النانوي

هناك طريقتان رئيسيتان لبناء تراكيب ذات أبعاد نانوية وهي:

1. الطريقة الأولى: التصميم من الأعلى إلى الأسفل (القمة للقاعدة) Top-down
2. الطريقة الثانية: التصميم من الأسفل للأعلى (القاعدة للقمة) Down-up

الطريقة الأولى(من الأعلى إلى الأسفل)[106]:

1. تقوم هذه الطريقة على تكسير المواد الكبيرة وتحويلها الى مواد ذات بعد نانوي
2. تشبه هذه الطريقة عملية النحت بحيث تبدأ العملية من مادة كبيرة ويتم نحتها حتى تصل إلى الحجم والشكل المطلوب
3. في هذه الطريقة من أعلى إلى أسفل يتم إستخدام وسائل فيزيائية مثل الطحن (Milling) والبرد (Attrition)، كما يتم أيضاً إستخدام وسائل كيميائية مثل بعض الأحماض (Acids)



الشكل (71) طرق التصميم النانوي[107]

عيوب التصميم من الأعلى إلى الأسفل:

1. إن سطح مواد "النانو" المنتجة بهذه الطريقة يحتوي على عدد كبير من التشوهات ومن المعلوم ان الاسطح في مواد "النانو" مهمة جدا لان نسبة ذرات السطح الى الحجم عالية جدا
2. عند انتاج مواد "النانو" بهذه الطريقة يتم استخدام مواد خارجية (في حالة الطحن مثلا) مما يؤدي إلى تكون شوائب على سطح مواد "النانو" والتي بدورها تؤثر على خواص هذه المواد
3. أن انتاج مواد "النانو" بهذه الطريقة يكوِّن إجهاد داخلي (Stress) عالي على المواد المنتجة[108]
4. تكلفة إنتاج مواد "النانو" بهذه الطريقة مرتفعة[109]

---

[106] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول،2008 ص.17.

[107] knol.google.com

[108] Cao,G, NANOSTRUCTURE&NANOMATERIALS Synthesis, Properties, and Application", Ist edition, Imperial College Press, London, 2004

[109] www.nanotechbc.ca/pdf/Nanotech_Nutshell.pdf

الطريقة الثانية (من الأسفل إلى الأعلى):

1. يقصد بها تصنيع أو بناء مواد نانوية ابتداءً من جسيَمات صغيرة مثل الذرة والجزئ بطريقة تشبه ما تقوم به الكائنات الحية من بناء تراكيب نانوية خلوية إبتداءً من ذرات وجزيئات أصغر منها
2. يمكن تطبيق التقنية الحيوية النانوية في تطوير طرق يمكن بواسطتها السيطرة على ترتيب الذرات والجزيئات لتكوين تراكيب ومنتجات معقدة جداً وبأصغر حجم ممكن وبهذا فإن مزايا التصميم من أسفل إلى أعلى هو تزويج مرونة غير محددة لإنتاج مواد والآت عن طريق بنائها ذرة تلو الذرة أو جزيئاً تلو الجزئ مثل عملية بناء الحائط بإستخدام الطوب.
3. يمكن تصنيف طرق تحضير مواد "النانو" من الأسفل إلى الأعلى إلى ثلاثة أصناف أو طرق وهي: [110]

أ- التحضير بطرق فيزيائية
ب- التحضير بطرق كيميائية
ت- التحضير بطرق ميكانيكة

أ- التحضير بالطرق الفيزيائية:

1. التحضير إنطلاقاً من الحالة البخارية للمادة التي يحصل عليها بتسخين المادة أو بقذفها بحزمة إلكترونات أو حلها حرارياً بأشعة الليزر، وفي غالب الأحيان يتم تبريد البخار بصدمة بغاز محايد فيصبح أكثر إشباعا ويتم بعد ذلك وضعة بسرعة على سطح بارد لتجنب البناء البلوري أو إلتحام الأكوام.
2. تحضير المساحيق المتناهية في الصغر بإستعمال المويجات على مساحيق من أبعاد ميليمترية ومن مميزات هذه التقنية أنها ليست ملوثه
3. تحضر القنوات الكربونية المتناهية في الصغر بالإستئصال بالليزر بتفريغ البلازما أو التفكيك بحافز
4. إن الطبقات الرقيقة بسمك نانومتري فيمكن الحصول عليها عن طريق PVD أو Epitaxy

[110] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول،2008 ص.17

ب- **التحضير بالطرق الكيميائية:**

1. التفاعلات في الحالة البخارية: يدخل بخار المادة التي يراد تحضيرها في مفاعل CVD حيث تمتزج جزيئات المادة على سطح أساس بدرجة حرارة ملائمة للجزيئات الممتزجة وبهذه الحالة إما أن تتفكك أو تتفاعل مع غازات أخرى أو البخار لتكوين شريط صلب على الأساس، وتستعمل هذه الطريقة لتحضير بعض المواد المتناهية في الصغر مثل كميمات اشباة النواقل ، الخزف والقنوات المتناهية في الصغر الكربونية.
2. التفاعلات في وسط سائل حيث أن السوائل الأكثر استعمالاً هي الماء أو السوائل العضوية ويتم ترسيب الجزيئات المتناهية في الصغر بتغيير شروط التوازن الكيميا- فيزيائي ويمكن أن نذكر من بين هذه التفاعلات (الترسيب الكيميائي المزدوج وهو الأكثر استعمالاً صناعياً وبأقل تكلفة.
3. أما التحليل بالماء فيسمح بالحصول على جزيئات دقيقة كروية أكثر نقاءً وتجانساً كيميائياً مع القدرة على التحكم في أبعاد الجزيئات.
4. تقنيات sol-gel تسمح بإنتاج مواد متناهية في الصغر إنطلاقا من محاليل Alkoxydes أو محاليل غروانية وترتكز على التفاعلات غير العضوية، وميزة هذه الطريقة هي إمكانية التحكم في تجانس وهيكلة المادة في السلم النانومتري في المراحل الأولى للتحضير وتوزيع الجزيئات، كما يتم التحضير في درجة حرارة منخفضة بالمقارنة مع التقنيات الأخرى، كما وتسمح هذه الطريقة أيضاً بتحضير قطع ضخمة أو سطحية على الواح أو ألياف، كما تستعمل لصنع ألياف متعددة العناصر
5. إن المواد الناتجة عن هذه الطريقة تغطي الضوء، المغناطيس، الإلكترونيك، المحفزات ، الطاقة، الملتقطات.

ث- **التحضير بالطرق الميكانيكية:**

1. تعتمد طريقة التركيب الميكانيكي على سحق مادة مكونة من جزيئات ميكرومترية (من1-20 nm) لعدة خلائط لمزجها.
2. تعتبر الميزة الأساسية لهذه التقنية أنها تسمح بالحصول على رواسب نانومترية أو أجسام متناهية في الصغر موزعة بشكل متجانس داخل المادة، كما تسمح بإنتاج مواد ضخمة من عدة كيلوغرامات أو حتى أطنان.
3. عملية الرصد والتزجيج الأولي تمكّن هذه العملية من تحويل مادة ذروية إلى قطعة ضخمة وترتكز على مرحلتين:
   - عملية الرص الميكانيكي
   - عملية إذابة مسحوق المعادن لتكثيفه بعد التبريد المسماة تزجيج أولي بالضغط أو بدونة
4. تقنيات التشوهات القوية وتسمح هذه التقنية بتحضير مواد مكونَة من حبات بأبعاد نانومترية وذلك بتشوية مادة بلورية (معدن أو خزف) بقوة وتستعمل

تقنيات عديدة لهذا الغرض منها النبط وهذه التقنية تسمح بتحسين خواص التصلب واللدانة للمواد.

عيوب طريقة من الأسفل إلى الأعلى[111]:

1. صعوبة إستخدام هذه الطرق لإنتاج مواد نانوية بكميات تجارية
2. أثناء تصنيع مواد "النانو" فإن الحجم الصغير ليس هو الهدف النهائي ولكن الخصائص النهائية هي الأهم ومن هذه الخصائص التي يجب أن تتوفر في المواد المنتجة هي:

- شكل المواد (Shape or Morphology) حيث أن المادة المنتجة يجب أن تكون ذات شكل محدد وموحد
- توزيع البعد (Size Distribution) بحيث تكون أبعاد المادة المنتجة متقاربة
- تركيب المواد (Compositions) وهذا يعني أن يكون التركيب الكيميائي لمادة "النانو" المنتجة متجانسا
- التكتل (Agglomeration) يجب أن لا يحدث تكتل لمادة "النانو" وفي حالة حدوثه فإن خصائص هذه المادة سوف تتغير.

المنتجات المعتمدة في تطبيقاتها على التصنيع من الأسفل إلى الأعلى والعكس[112]:

التطبيق	التصنيع من أسفل لأعلى(مواد "النانو")	التصنيع من أعلى لأسفل
صناعة الطائرات	تغطية عجلات الهبوط بطبقات خاصة، ومواد لأجهزة الدفع وبدن الطائرة	قطع غيار المحركات النفاثة والخلايا الشمسية
صناعة السيارات	طبقات تغطية مقاومة للتآكل، وشمعة الإشعال، النوافذ، المصدات	إلكترودات البطاريات الحمضية الرصاصية
المنتجات الأستهلاكية	المعدَّات الرياضية وأجهزة الكمبيوتر والأجهزة المحمولة باليد والتلفزيونات ومستحضرات التجميل والمطهَرات	سماعات أو مكوَنات صوتية
مجال الدفاع	دروع واقية وذخيرة وطبقات مغطية لمواسير البنادق	مكونات المحركَات
البيئة	التقنية أو الامتصاص البيئي، وتنقية المياة والأغشية الخزفية	الخلايا الشمسية

[111] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول،2008 ص.18.

[112] ليندا ويليامز، د.وآد آدمز، تكنولوجيا النانو، المنتجات والأسواق، مكتبة الأسرة عام 2008 . ص.373.

طبقات التغطية الصناعية	طبقات صديقة للبيئة (بدائل البيربليوم والكروميوم والكادميوم) وطبقات تغطية مغناطيسية	معالجة الأسطح لمقاومة التآكل
مجال الطب	طبقات مزروعة وطبقات مطَهرة	مجسَات وشرائح المختبر النانوي
الطاقة	إصلاح قطع الغيار النووية، وكابلات لنقل الطاقة أو محولات الطاقة	مفاعل نووي ومكونَات محطات طاقة حفرية والتلوث بالنفايات النووية

اللف الكبير "المكروسبين"

- عندما تكون أبعاد المادة صغيرة جدا بين (3nm و 20nm) فإن الطاقة اللازمة لإحداث الحوافظ العازلة والدوامة (نقطة التقاء الحوافظ) تكون مرتفعة جدا، ومنه تبقى كل اللفات متوازية في وضع التوازن.
- يسمى هذا الشكل وحيد المجال أو "اللف الكبير" ويحدد إتجاه هذا اللف بالطاقة الدنيا.
- يمكن تغيير إتجاهه بحقل مغناطيسي خارجي، إذا تغير هذا الحقل ببطئ فإن التمغنط يتغير بشكل مستمر. وقد يتعرض هذا التمغنط إلى نمط عند الحقول الحرجة

المواد البلورية الدقيقة

من المعروف أن جميع الأجسام تتكون من ذرات وجزيئات، ويتراوح حجم جسيمات المواد كبيرة الحجم بين مئات الميكرونات.

المواد البلورية:

- من المعروف أن جميع الأجسام تتكون من ذرات وجزيئات، يتراوح حجم جسيمات المواد كبيرة الحجم بين مئات الميكرونات (جزء من مليون من المتر) إلى بضعة ملليمترات.
- يتراوح حجم جسيمات المواد البلورية الدقيقة النانوية (nanocrystalline materials) من 1 إلى 100 نانو تقريبا، أما نصف قطر الذرة فيتراوح بين 1 إلى 2 أنجستروم[113] تقريبا ، ويعادل "النانو" نحو 10 أنجستروم. وقد يحتوي "النانو" الواحد على 3 ذرات أو خمس وذلك حسب حجم الذرة نفسها.
- تتسم مواد "النانو" بصفة خاصة بالمتانة والصلابة، وقابليتها للمط عند درجات الحرارة المرتفعة.
- كما أنها مقاومة للبلل والتآكل والتفتت، ونشطة كيميائياً.
- كما تمتاز مواد "النانو" بفائدة أكبر بكثير من المواد كبيرة الحجم ، إعتماداً على خصائصها النوعية المتفاوتة، ومثال على ذلك يمتاز عنصر الفضة

[113] الانجستروم هي وحدة تساوي جزءاً من عشرة ملايين من الملليمتر

النانوية بخصائص لا يتمتع بها عنصر الفضة بصورته الضخمة، حيث أن الفضة النانوية تمتاز بتفاعلها مع الفيروسات والقضاء عليها.

طرق تخليق مواد "النانو":

1. تركيب محلول غروي
2. تكثيف الغازات الخاملة
3. السبك الميكانيكي أو التفريز عالي الطاقة
4. التركيب البلازمي
5. الترسيب الإلكتروليتي

تركيب المحلول الغروي يمتاز بما يلي:

- تخليق مواد محددة بدقة بكميات كبيرة وسعر زهيد
- تخليق مادتين أو أكثر في وقت واحد
- تخليق سبائك ومركبات متجانسة ومواد نقية تماماً بنسبة 100%
- إنتاج مواد كالخزفيات والمعادن في درجات منخفضة للغاية "بين 150 و600" درجة فهرنهايت، على عكس الطريقة المعيارية التي تتروح درجة الحرارة فيها ما بين 2500 إلى 6500 درجة فهرنهايت.
- تعديل التركيب والبنية الذرية بدقة متناهية.
- يستطيع العلماء بعد تخليق المواد متناهية الصغر أن يضيفوا خصائص جديدة إلى المنتجات الحالية مثل إمدادها بالمتانة القصوى.

بلورات "النانو"[114]

- عبارة عن كتل ذرية متراكمة، تتسم بكبر حجمها عن الجزيئات (يبلغ قطرها 10 نانومتر تقريبا)، ولا تعتبر بحجم المواد الكبيرة
- من أهم فوائدها والتي تميزها عن المواد الكبيرة هو أن حجمها وسطحها يمكن التحكم فيهما بدقة بالغة، وأيضاً خصائصها ومثال ذلك (البلورات الكمية) والتي تعتبر نوع من أنواع بلورات "النانو".
- يستطيع العلماء التحكم في شحنة بلورات "النانو" وتفكيك تركيبها البلوري والتحكم في نقطة إنصهارها.
- نجح عالم الكيمياء الأمريكي "بول أليفيزاتوس" في تخليق بلورات "النانو" بإضافة مساحيق شبة موصلة إلى أغشية غروية يطلق عليها المنشطات السطحية[115] وقد نجح الفريق الكيميائي في تخليق مزيج من البلورات باستخدام مجموعة مختلفة من هذه المواد.
- تتمثل فائدة المنشطات السطحية في قدرتها على التفاعل مع المساحيق شبة الموصلة لإنتاج بلورات نانو متفاوتة الأشكال "كالقضبان بدلاً من الكرات".

---

[114] ليندا وليامز ، مصدر سبق ذكرة ص.213

[115] المنشط السطحي هو عامل خافض للتوتر السطحي، وهو مادة تضاف إلى سائل لزيادة خصائص الانتشار عن طريق تقليل توتر السطح

- إن شكل البلورات على هيئة قضبان ثنائية الأبعاد يفتح الطريق امام العديد من التطبيقات، كما يبين مدى أهمية التحكم في نمو البلورات عند تغيير الحجم أو الشكل.
- بالرغم من صعوبة تغير الشكل ، فإنه من الممكن أن يؤدي تفاعل الذرات مع العديد من المنشطات السطحية إلى نمو البلورات بشكل معين.
- تقوم البلورات بتغيير شكلها حفاظاً على معدل النمو السريع بإستخدام المزيج المناسب من المنشطات السطحية فتستطيل وتأخذ شكلاً له أوجة كالقضيب لإستغلال مساحة السطح بأكملها.
- لقد أوضح الفريق العلمي أن ثمة ضوءاً مستقطباً ينبعث من بلورات "النانو" ذات الشكل القضيبي على إمتداد محورها الطويل، على عكس الضوء غير المستقطب الذي ينبعث من بلورات "النانو" الكروية المحتوية على سليندات الكاديوم.
- أظهرت الأبحاث أن الفجوة بين طاقتي الإنبعاث والإمتصاص كبيرة في حالة بلورات "النانو" القضبية عنها في حالة بلورات "النانو" الكروية، وهذا من شأنه أن يسهم في تطوير الصمامات الثنائية الباعثة للضوء"LEDS"، في حين كانت إعادة امتصاص الضوء في الماضي تمثل مشكلة كبيرة. وبما أنه يمكن تجميع قضبان "النانو" ورصها إلى جوار بعضها البعض فهي تستطيع العمل بنجاح مع الصمامات الثنائية الباعثة للضوء وفي الخلايا الفولتية الضوئية.
- من الممكن أيضاً تغيير ظروف تخليق بلورات "النانو" معدلات نموها لتأخذ شكل قطرات المياة أو رؤوس الأسهم أو حتى المقابس.

البلورات الكمية (Quantum dots)[116]

- هي عبارة عن جسيمات نانو شبة موصلة تقوم بحبس الإلكترونات في مساحات صغيرة وهي تحتوي على وحدة شحنة واحدة وتنبعث منها ألوان ضوئية متباينة حسب حجمها ومستويات الطاقة الخاصة بها.
- تتأثر مستويات الطاقة بتغيير الحجم والشكل وجهد الشحنة، وتباعد مستويات الطاقة والألوان يرتبطان ببعضهما البعض[117].
- يؤدي تغير حجم البلورات الكمية إلى تغيير تباعد مستويات الطاقة والذي بدورة يؤثر على اللون المرئي للمحاليل.
- يعتبر تغير اللون المرتبط بتغير حجم الجسيم خاصية تنفرد بها تكنولوجيا "النانو".
- تقوم البلورات الكمية بتقييد حركة الإلكترونات داخل أبعاد يمكن إهمالها، على العكس من الأسلاك الكمية والأبار الكمية (المسطحة) التي تتسم

---

[116] ليندا ويليامز، د.واد آدمز، تكنولوجيا النانو، مكتبة الأسرة، 2008 ص.215

[117] يبدوان بلون معين نظرا لأن الطاقة المنبعثة لها طول موجي مرتبط بهما في الجزء المرئي من الطيف

مساحتها بأنها بالطول الموجي نفسه الذي يميز طول موجة "دي برولي" (de Broglie wavelength).[118]

- يتيح هذا التقييد قياس مستويات الطاقة والشحنات الكهربية.
- تتسم البلورات الكمية[119] بأهمية بالغة بالنسبة للتطبيقات البصرية، وذلك بسبب ارتفاع الحاصل الكمي (الحاصل الكمي quantum yield)[120]
- تمثل هذة البلورات البت الكمي (مثل وحدات البت بالكمبيوتر بإستثناء أنها تكون عند مستوى "النانو") للمعالجة الكمية للمعلومات.
- يمكن دراسة مستويات طاقة البلورات الكمية بإستخدام أساليب التنظير الطيفي المتقدمة، وبسبب الخواص البصرية التي تميز البلورات الكمية، لا يمكن للعين المجردة أن ترى الأحجام المتباينة لهذة البلورات.

أدوات التحليل لبلورات "النانو"

- تعتبر أدوات التحليل في غاية الأهمية عند الحصول على مواد نانو ذات خصائص دقيقة مثل مكونات أجهزة الكمبيوتر، بالرغم من دراسة العلماء لهذة البلورات باستخدام ميكروسكوبات التصوير الذري التي بتقوم بمسح الأسطح ولكن هناك أيضا وسائل أخرى يمكن الإستعانة بها.
- نجح إثنان من الباحثين في إبتكار وسائل تصوير جديدة فائقة الحساسية ومثال على ذلك تمكن ميكروسكوب الأنجستروم الواحد (ميكرسكوب One-Angstrom-OAM) من تحقيق أعلى درجة دقة وضوح لمواد "النانو" وتساوي 0.8 أنجستروم.
- تستطيع درجة دقة الوضوح التي يحققها هذا الميكروسكوب أن تعرض الأجزاء المختلفة ببلورات "النانو" المتعددة في صورة واضحة ثلاثية الأبعاد، إضافة إلى هذا فهو قادر على توضيح الصور السيئة التي تلتقطها الميكروسكوبات العادية بدرجة دقة وضوح عادية وبذلك يمكن التوصل إلى اكتشاف المزيد من المعلومات عن العينة باستخدام الكمبيوتر عن طريق الجمع بين عدة صور مختلفة للعينة نفسها والتي يلتقطها هذا الميكروسكوب.

الإحصاء الكمي[121]:

- تعتبر البلورات الكمية قفزه هائلة بالنسبة لعملية الإحصاء الكمي المعتمد على أجهزة الكمبيوتر (quantum computing) للأجسام الصلبة، فعند توجية جهد كهربي إلى كابل إلكترود اللحام يمكن التحكم في تدفق الإلكترونات عبر البلورات الكمية مما سيسهل على العلماء عملية قياس الدوران الإلكتروني والخصائص المرتبطة به.

---

[118] طول موجة "دي برولي" هو مقياس حركة الموجة (الطول الموجي) لأحد الجسيمات.

[119] البلورات الكمية عبارة عن بلورات نانو شبة موصلة وغير عضوية، حجمها الإجمالي يقل عن او يساوي 10 نانومتر

[120] هو عدد التفاعلات المحددة التي تحدث عند امتصاص منظومة ما لأحد الفوتونات

[121] ليندا وليامز، مصدر سبق ذكره

- يعتمد الإحصاء الكمي المعتمد على أجهزة الكمبيوتر على الدوران الإلكتروني أو إستقطاب الضوء، الأمر الذي يسرع من تنفيذ العمليات وتقليل الفاقد من الطاقة في نظم الكمبيوتر.
- عند إدراج طبقة من أكسيد الزنك المتبلر[122] بين لوحين من أكسيد الزنك والمنجنيز[123]، على أن يكون اللوحان الخارجيان موصلان ببطارية لتكوين دائرة كهربائية، فإن الشحنات المستقطبة ترسل إلى لوح أكسيد الزنك الرقيق للغاية.
- تتركز الإلكترونات والفجوات معاً في الطبقة الوسطى، أما الفجوات التي تتميز بنوع واحد من أنواع الدوران الإلكتروني، فسوف تتفاعل مع مثيلاتها وبالتالي، تنبعث الأشعة فوق البنفسجية المستقطبة وتستخدم في الإحصاء الكمي البصري المعتمد على استخدام أجهزة الكمبيوتر.
- من ضمن خصائص البلورات الكمية أن لها قدرة عالية على النقل وخصائص بصرية، لذلك يمكن إستخدامها في المضخات أو أجهزة الليزر ذات الصمامات الثنائية أو المجسات البيولوجية (داخل الخلايا المنفردة)
- تستغل البلورات الكمية في العديد من الألعاب والأجهزة الإلكترونية وتعتمد أحدث تقنيات الألعاب وأقراص الفيديو الرقمية على الليزر الأزرق لقراءة البيانات والذي كان صعب الوصول إليه في السابق أما الآن أصبح سهل بسبب البلورات الكمية التي تشع الضوء الأزرق.

محفزات "النانو"[124]

- بالرغم من أن أغشية مرشحات "النانو" مهمة في تنقية المياة، فإن الجسيمات الدقيقة سواء كانت ملتصقة بالأغشية أو خلافه فإنها تحافظ على بقاء الملوثات في مكانها بعد انحلالها كيميائيا.
- يهتم العلماء بدراسة محفزات "النانو" وذلك لإستغلالها في التطبيقات البيئية، إذ قد يقلل إستخدام محفزات "النانو" من تكاليف معالجة المياة الملوثة بإفساح الطريق أمام أساليب التنقية لمعالجة المركبات الكيميائية.
- تعتبر عملية إزالة المبيدات الحشرية بأنواعها من المياة الجوفية بالغة الأهمية، وتتطلب كل حالة محفزا وإستراتيجية مختلفة للتنقية، لهذا يمكن الاستعانة بتكنولوجيا "النانو" للإسراع من هذة العملية وبكفاءة أعلى من خلال استخدام مواد "النانو" لمعالجة هذه المواقع بالتحديد.
- أستعان عالم الكيمياء الأمريكي "دانييل سترونجين" ببنية البروتين في تصميم وتجميع جسيمات اكسيد المعدن بالغة الضآلة لاستخدامها في معالجة البيئة، فباستخدام هذه الجسيمات متناهية الصغر والمصنوعة من مكونات بيولوجية

---

[122] يبلغ سمكها حوالي 10 طبقات ذرية
[123] يبلغ سمكها 500 طبقة ذرية تقريبا
[124] محفزات النانو عن عبارة عن مواد متناهية الصغر تتميز ببعد نانو واحد على الأقل أو سبق تعديلها من الناحية التركيبية لتحسين نشاطها التحفيزي

كمحفزات "النانو"، حاول هذا العالم التوصل إلى معرفة كيفية استخدام جسيمات "النانو" في علاج البيئة.

- يدرس "سترونجين" مع زملائه التفاعلات التي من شأنها أن تؤدي إلى تراكم أو فصل المعادن الملوثة في محلول بحيث لا تنتقل عبر مجرى المياة الجوفية أو تتشبع بها المياة نفسها، وعن طريق إجراء التجارب بتقليل نسبة الكروم السام، أمكن مزج جسيمات "النانو" بالكروم6 وتغيير تركيبة الكيميائي كي لا يذوب في الماء، فأصبح من السهل ترشيحه في صورتة الجديدة.
- هذه الوسيلة تقوم بتغيير التركيب الكيميائي للمعادن السامة في البحيرات والأنهار والمجاري المائية والمياة الجوفية.
- أهتم هذا العالم بدراسة العديد من المعادن السامة الأخرى مثل "التكنتيوم7" وهو أحد الملوثات الموجود في مكب للنفايات النووية بالعاصمة الأمريكية "واشنطن" وقد بدأت البراميل كبيرة الحجم والتي تحتوي على النفايات السامة بتسريب محتوياتها النووية، الأمر الذي أدى إلي تلوث المياة الجوفية وانشغال العلماء بعلاج هذه المشكلة، ويقول العلماء بأنه بالإعتماد على محفزات "النانو" ممكن القضاء على النفايات السامة والقضاء على "التكنتيوم7" بواسطة جسيمات "النانو" وقد يحقق نجاحا لم يتحقق بعد باستخدام مواد ذات حجم أكبر.

مركبات "النانو"

- تمثل المواد والعمليات التي تستخدم لفصل جسيَمات "النانو" في المواد اللدائنية أو المعدنية أو الخزفية جزءاً مهماً من تكنولوجيا مركبات "النانو"، ويتمثل أكبر استخدام لها في تكوين مركبات حبيبية بأبعاد قريبة من مقياس "النانو"، محققة بذلك متانة أكبر بسبب الزيادة الكبيرة في مساحة السطح[125].
- تمتزج بعض جسيَمات "النانو" الطفيلية ببعضها من المواد لتكوين مركبات "النانو"، وتتألف هذه الجسيمات الطفلية من المونموريونيت[126]، وتستخدم لتلوين الورق وفي مستحضرات التجميل.
- إن مركبات "النانو" تستعين بجسيمات "النانو" الطفلية لزيادة متانة الأجسام وصلابتها. لهذا السبب أستخدمت هذه التقنية في صناعة هياكل السيارات وسلالم صعود عربات الشحن.

الطبقات البلورية النانوية[127]

- تم إكتشافها من قبل "ناومي هالاس" الأستاذ بجامعة "رايس الأمريكية" بين الكيمياء (التخليق) والفيزياء (البصريات) والهندسة (تعديل التركيب) وذلك في عام 2001

---

[125] ليندا وليامز، د. واد آدمز، مصدر سبق ذكره، ص.221.
[126] المونموريونيت هي معادن طينية لينة من السليكات تنتفخ عند امتصاصها السوائل.
[127] ليندا وليامز، د. واد آدمز، مصدر سبق ذكره، ص.228.

- شرع فريق من جامعة "رايس" بأن هذه الطبقات ممكن إستخدامها في مجال الطب.
- عبارة عن نوع جديد من الجسيمات القابلة للتعديل بصرياً، والتي تتألف من لب عازل (كالسليكا) مغطَى بطبقة فلزية رقيقة للغاية.
- تتميز هذه الطبقات مثلها مثل المواد الغروانية الذهبية بقدرة امتصاص بصرية عالية نتيجة استجابة إلكترونات الفلز للضوء.
- تعتمد الإستجابة البصرية للطبقات البلورية على الأحجام المختلفة للب جسيم "النانو"، وكذلك على سمك طبقة الذهب.
- عندما يلعب الحجم دوراً كبيراً بالنسبة للبلورات الكمية وحلقات "النانو" الذهبية، فإن ذلك يؤثر على خصائص التعديل البصرية.
- إذا تغير تناسب اللب وسمك الطبقة، تستطيع الطبقات البلورية النانوية الذهبية تغيير لونها عبر الأطياف الضوئية المرئية والأشعة تحت الحمراء القريبة.
- يمكن لهذه الطبقات أن تكون قادرة على امتصاص الأشعة الضوئية أو تشتيتها بتغيير حجم الجسيم بالنسبة للرنين البصري والطول الموجي.
- يقوم فريق من الباحثين بدراسة وإجراء التجارب لمعرفة مدى فائدة الطبقات البلورية في المجالات التالية:
  1. عوامل التباين في التصوير البصري
  2. المقايسة المناعية (immunoassay) البصرية الشاملة للدم
  3. استخدام التصوير الحراري في القضاء على الأورام السرطانية والإنحلال البقعي (Macular degeneration) وهو حالة طبية تعجز فيها خلايا استشعار الضوء في العين عن العمل مع مرور الوقت.
  4. توصيل الدواء إلى خلايا معينة
  5. الإستشعار الحيوي
- تفيد أيضا الطبقات البلورية في تطبيقات مثل تثبيط التأكسد الضوئي للأغشية البوليميرية.

حلقات "النانو" الذهبية

- عند تشكيل حلقة ذهبية بنصف قطر "بما يعادل 60 نانومتر" فإنها تكتسب خصائص مميزة تجعلها أداة مفيدة لإجراء التجارب عند مستوى "النانو"، وهذه التجارب مفيدة بالنسبة للشركات الدوائية عند إنتاج دواء جديد.
- تعتبر جسيمات "النانو" الفلزية مهمة، حيث إنها تقوم بإمتصاص وإصدار أنواع معينة من الأشعة الضوئية بكفاءة عالية، حسب حجم الجسيم وشكله.
- تتسم حلقات الذهب النانوية بخصائص بصرية وكهرومغناطيسية مميزة يمكن تعديلها بتغيير النسبة بين نصف قطر الحلقة وسمك الجدار.

- حيث تسلط الأشعة الضوئية على الحلقة[128]، فإنها تقوم باستثارة إلكترونات الفلز مكونة موجة تتذبذب بشكل معين حسب الطول الموجي للضوء وخصائصة الهندسية.
- نجح العلماء في التوصل إلى طريقة لتحقيق التزامن بين حركة الإلكترونات والطاقة الضوئية المسلطة، كي يهتز الاثنان بالطول الموجي نفسه.
- نتيجة لهذا الاهتزاز، يتولد مجال كهرومغناطيسي قوي يتذبذب داخل تجويف الحلقة.
- يعمل المجال الكهرومغناطيسي داخل الحلقة في الجزء الخاص بالأشعة تحت الحمراء القريبة للطيف الكهرومغناطيسي.
- بعد ذلك يمكن إستخدام تجويف الحلقة كوعاء لإختبار الجزيئات بشعاع ضوئي يقوي إشارات الأشعة تحت الحمراء.

الكبسولات المجهرية (Microcapsules)[129]

- لقد بدأت العديد من الشركات إنشاء أوعية مجوفة متعددة الأغراض يمكن استخدامها في توصيل الدواء لخلايا الجسم وتصوير العلامات البيولوجية، والكريمات الواقية من أشعة الشمس ومستحضرات التجميل والعطور.
- تعد هذه المقدرة على تغليف ما تحملة الجزيئات أمرا مهما بالنسبة للتطبيقات الطبية والصناعية الجديدة.
- تستطيع الكبسولات المجهرية تغليف الإنزيمات والجزيئات الحيوية المعقدة التي تحفز العديد من العمليات التي تتم داخل الخلايا أو تتحكم بها.
- لقد بين العلماء كيفية تخزين الإنزيمات داخل الكبسولات المجهرية دون أن تتسرب عبر الجدران المحيطة، على الرغم من قدرة الجزيئات الأصغر منها في الحجم على التحرك عبر بنية الكبسولات المجهرية.
- إن هذه الإمكانية تتيح للإنزيمات فرصة تحفيز التفاعلات الكيميائية مع الجزيئات الأخرى، وتعتبر مفيدة إذا ما استخدمت كمواد مفاعلة بيولوجية مجهرية في الصناعات الكيميائية والدوائية.

الظواهر الكمية لإلكترونات "النانو"

- لضمان نجاح الأساليب الجديدة في مجال الإلكترونيات وتصنيع المكونات الكهربية عند مستوى "النانو"، لا بد من قياس أبعاد "النانو" بدقة بالغة مقارنة بمقاييس الأحجام الكبيرة.
- تؤثر الظواهر الكمية والحركية على قدرة النقل لدى أشباة الموصلات وكذلك على التوصيل الحراري، وذلك حيث تصغر الأجهزة إلى مستوى "النانو".

---

[128] حين تسلط الأشعة الضوئية على حلقة النانو الذهبية، ينتج عن ذلك مجال كهرومغناطيسي إهتزازي قوي (تحت الأشعة تحت الحمراء القريبة) داخل الحلقة وحولها

[129] تتركب الكبسولات المجهرية ذاتيا في درجة حرارة الغرفة حين تختلط جسيمات السليكا متناهية الحجم بمحلولو من البوليميرات والملح في الماء

- يمكن استخدام تراكيب "النانو" الموصلة كمعايير أو أدوات كمية تأسيساً لمقاييس "النانو".
- على الرغم من أن الماكينات تعتبر أكبر بكثير من مقياس "النانو"، فإن لها تأثير مواد "النانو" عند تخليق المواد وعند التفاعل، فعلى سبيل المثال تعتبر الظواهر التي تحدث عند مستوى "النانو" مهمة لإنشاء مصفوفات القنوات الدقيقة المستخدمة في فك رموز تتابعات الجينات وغيرها من المصفوفات البيولوجية الأخرى.
- عادة، لا تتأثر الموائع التي تتحرك داخل مجرى واسع بالجدران المحيطة إلا بدرجة طفيفة، ومع ذلك، ففي حالة الموائع الدقيقة أو موائع "النانو" قد ينتج عن التفاعلات التي تتم داخل المجرى الرفيع للمائع بالإضافة إلى تأثير الأغشية بعض التفاعلات الأخرى المفاجئة.
- يحاول العلماء إختراع مفاتيح بصرية لإستخدامها في الشبكات الليفية (FIBER NETWORKS) تحمل الموجات الضوئية (التي يبلغ طولها بضع نانومترات) كميات هائلة من البيانات، وهذا التدفق يتوقف عندما يتحول الضوء إلى إلكترونات للمعالجة والتحويل ثم يعود لحالته الأولى.
- بما أن جهاز التوجية الإلكتروني (ROUTER) باهظ التكلفة للغاية، يحاول العلماء حالياً إنتاج هذه المفاتيح الضوئية.
- تأخذ بعض المفاتيح الضوئية شكل جهاز توجية دائري ومصفوفات تحمل عدسات مجهرية يمكن قلبها لتقسيم تدفقات الفوتونات التي تحمل البيانات وتوجيهها.

خواص المواد النانوية[130]

- إن العلم النانوي (Nanoscience) والتقنية النانوية (Nanotechnology) يتضمنان التخليق والتشخيص والإستكشاف وتطبيق مواد البنية النانوية (Nanostructure) ومواد الحجم النانوي (Nanosize) إن تطبيقات المواد النانوية من الناحية التاريخية موجود منذ القدم، حيث أن الدقائق النانوية (Nanoparticles) أستعملت كأصباغ في السيراميك منذ القدم

- عندما تستمر أبعاد العدد (Device dimension) بالتقلص يزداد النمو بإتجاه المواد النانوية مع ظهور محددات معينة كالتأثيرات الكمية والتي ستصبح اكثر ظاهرية عندما تنخفض ابعاد العدة بحيث يحتاج التركيز العالي إلى أدوات أصغر لتجاوز حدود ذوبان المادة الصلبة، كما أن كثافة الطاقة العالية والتسخين المفرط (Overheating) اللاحق سيسببان المشاكل الخطيرة في قياس الأدوات .

[130] أ.د قطحان خلف الخزرجي، د.رنا عفيف عناني، د. أسيل باسم الزبيدي، التقنية النانوية ، دار دجلة، عمان-الأردن، 2010 ص.61

- تستند أدوات الإلكترونيات النانوية (Nanoelectronic) على أنظمة المواد النانوية ومكوناتها كأداه جديدة ستساهم في ولادة جيل جديد من علم الألكترونيات الدقيقة، مثال على ذلك (ترنزستور أحادي الإلكترون ومجال تأثيره يعتمد على أنابيب الكربون النانوية أحادية الجدار).
- تطورت التقنية النانوية أيضا على نطاق واسع لتشمل حقولا اخرى فعلى سبيل المثال تستعمل الأسلاك النانوية (Nanowires) في الضوئيات النانوية (Nanophotonics) وليزر الإلكترونيات النانوية والخلايا الشمسية (Solar cells) والمذبذبات (Resonators) والحساسات العالية الحساسية (High sensitivity sensors).
- تستعمل الدقائق النانوية (Nanoparticles) في العوامل المساعدة (Catalysis) والطلاءات الفعالة والإلكترونيات النانونية وخزن الطاقة وتوزيع العقاقير والمواد الطبية الحيوية (Biomedicines) ، فالأغشية الرقيقة ذات البنية النانوية يمكن أن تستعمل في وسائل إنبعاث الضوء والعارضات والصفائح الكهربائية الضوئية عالية الكفاءة (Photovoltaic).

الفصل الثامن

أهم تطبيقات تقنية "النانو"

الفصل الثامن – أهم تطبيقات "تقنية النانو

المقدمة

لقد تحدثَت بالفصول السابقة عن "النانو" ومواد "النانو" والأجهزة المستعملة في دراسة التقنيات المتناهية في الصغر وكم أحدثَت هذه الأدوات تطوراً هائلاً برؤية الأجسام على مستوى "النانو"متر، وكيف لعبت هذه الأجهزة دوراً اساسياً في تطوير مواد "النانو" وكيف فتحت هذه التقنية الباب أمام تطبيقات متعددة ومتنوعة تشمل مختلف المجالات العلمية والصناعية وكيف تهتم هذه العلوم والتقنيات بأجسام ذات أبعاد نانومترية تتميز بخواص ميكانيكية وكيميائية إلكترونية وكهربائية جديدة وذلك نظراً لإرتفاع نسبة سطحها على حجمها.

لقد تنوعت طرق التحضير لهذه التقنية فمنها الفيزيائية ومنها الميكانيكية ومنها الكيميائية، وقد ساعد على تطور وسائل التحضير التقدم التكنولوجي السريع والآليات التي سمحت برؤية المادة على المستوى النانومتري، وكيف أن أهمية هذه التقنية أنبثقت من النسبة التي تشغلها في السوق العالمي لتقنيات "النانو". لقد دخلت صناعة "النانو" حيَز التطبيق في مجموعة من السلع التي تستخدم نانو جزيئات الأكسيد على أنواعة[131] ((الألمنيوم والتيتانيوم وغيرها))، وخاصة في مواد التجميل والمراهم المضادة للأشعة حيث أن "النانو" جزيئات تحجب الأشعة فوق البنفسجية كلها ويبقى المرهم في الوقت نفسه شفافاً، وأيضاً تستعمل في بعض الألبسة المضادة للبقع.

لقد شملت الآثار التطبيقية لهذه التقنية ثلاثة مجالات عامة هي((تصنيع المود كالملابس والواقيات وغيرها، وتصنيع الإلكترونيات وأنظمة المعلومات، والعناية الصحية وعلوم الحياة)).

---

[131] http://stst.yoo7.com/t1076-topic

لقد تعددت الوسائل المعلوماتية الموظَفة للقيام بتجارب رقمية تسمح على توجيه هذه التجارب من أجل تحضير أحسن المواد والتركيز على الخواص المطلوبة صناعياً ومن أهم هذه المواد الصناعية للنانو أو المواد المتناهية في الصغر كما يلي:

القطاع	الإستخدام
الطاقة	الرفع من مردود البطاريات وبالخصوص تحسين نسبة القدرة على الوزن
البيئة	التحكم في تدفق الغازات والتمكن من إمتصاص الملوثات الدقيقة
النسيج	مزج المقاومة بالرصانة أي أقمشة رقيقة أو شفافة بمقاومة مرتفعة مع المحافظة على مظهرها مدة طويلة وتحسين مقاومة الأقمشة للرطوبة
الخزف والبناء	تحسين صلابة البنَيات من الإسمنت
الطب وعلم الأحياء	الرفع من ديمومة المنتجات الحية التجبيرية مثل رمامة الأسنان
الكيمياء	توسيع مجال تطبيقات الحفازات
المطاط	نقص وزن وزيادة ديمومة العجلات
الطيران	النقص من وزن الطائرات وحل مجموعة من إشكالات الإحتكاك
التجميل	إبتكار مواد جديدة
المعادن	تحسين جودة المركبات المغناطيسية
المواد اللدائنية	تحسين نوعية البولي بروبيلين بالرفع من استقرارة
الآعلام والإتصال	الحصول على نتائج مهمة في ميادين الكهرباء والميكانيك

من أهم خواص مواد "النانو" التي تسعى الأبحاث العلمية إلى توفيرها للإستجابة لمتطلبات الصناعة بالنسبة **للخواص الميكانيكية هي**:

1. الرفع من الإستقرار الميكانيكي للمواد
2. الرفع من مرونة ولدانة المواد
3. تحسين خواص الإحتكاك (التآكل، الإلتحام، الإنزلاق، التعرية ..)

أهم الخواص الفيزيائية :

1. تحسين الخواص الضوئية للمواد (البريق، الحماية من أشعة الشمس، الشفافية)
2. تحسين الخواص المغناطيسية
3. تحسين الخواص الكهربائية
4. تحسين الخواص الحرارية (درجة حرارة الذوبان، مقاومة الحريق، الناقلية الحرارية، العازل الحراري، نمذجة المركبات)

أهم الخواص الكيميائية:

1. حماية المواد من تأثير المواد الكيميائية
2. تسهيل التفاعلات الكيميائية (التحفيز)

أما المواد المتناهية في الصغر التي تسمح بالحصول على هذه الخواص والإستجابة لمتطلبات الصناعة فهي:

1. شحن اللدائن والشنط بمواد فلزية أو خزفية متناهية في الصغر مثل:
   - مساحيق متناهية في الصغر من الخزف
   - مساحيق متناهية في الصغر من اكسيد الألومنيوم
   - جزيئات متناهية في الصغر من اكسيد التيتانيوم
   - جزيئات متناهية في الصغر من الصلصال
   - تقوية الفلزات بحمولات متناهية في الصغر معدنية او عضوية
   - إدماج أنابيب متناهية في الصغر
   - مواد متناهية في الصغر مهيكلة بالحجم.

لقد أثرت تقنيات "النانو" على الأعراف الطبية فقد ساعد التطور الحديث في تقنيات "النانو" على تغيير القواعد الطبية المتبعة في منع الأمراض وتشخيصها وعلاجها ، وتقدم تقنية "النانو" طرقاً جديدة لحاملات الدواء داخل جسم الانسان تسمى (حاملات نانوية ذات أحجام تصل إلى مقياس "النانو") تكون قادرة على إستهداف خلايا مختلفة في الجسم. ويمكن بواسطة هذه التقنية تصوير خلايا الجسم بسهولة كما لو أننا نأخذ لها صور عادية، وأيضاً يمكن التحكم بتلك الخلايا وتشكيلها بأشكال مختلفة.

الإستخدامات النانوية[132]:

1. الجسيمات النانوية تستخدم كحاملات للدواء أو أدوات للتصوير داخل الجسم
2. جسيمات الليبوزوم النانوية تستخدم كنظام لتوصيل العقارات المضادة للسرطان واللقاحات
3. جسيمات الذهب النانوية تستخدم في أجهزة الإختبار المنزلي للكشف عن الحمل
4. الأسلاك النانوية تستخدم كمجسًات حيوية نانوية وذلك لحساسيتها العالية وحجمها النانوي، حيث يتم طلاء هذه الأسلاك بأجسام مضادة مصنًعة بحيث إنها تلتصق فقط بالجزيئات الحيوية (DNA)، أو البروتينات، أو الجسيمات البيولوجية الأخرى الموجودة داخل الجسم، وليس غيرها من الجزيئات الأخرى، وعندما ترتبط هذه البروتينات أو غيرها بالأسلاك النانوية المطلية فسوف تتغير توصيلتها. وبذلك يمكن إستخدام هذا المجس الحيوي النانوي في

[132] د.عبدالله بن صالح الضويان، تطبيقات تقنية النانو، جامعة الملك سعود، قسم الفيزياء والفلك، مجلة النانو، العدد الثاني،2008 ص.24

إكتشاف عدد كبير من الأمراض في مراحلها الأولية وذلك بإدخال أعداد كبيرة من الأسلاك النانوية داخل الجسم تطلى بأجسام مضادة مختلفة، تمثل مجسات مختلفة.

5. الأغلفة النانوية المطلية بالذهب تستخدم لتدمير الخلايا السرطانية، ويبلغ طول هذه الأغلفة النانوية حوالي 120 نانومتر وهذا أصغر من حجم خلية السرطان بمقدار 170 مرة، عند حقن هذه الأغلفة النانوية داخل الجسم فإنها تلتصق تلقائيا بالخلايا السرطانية، ومن ثم يتم تعريض تلك الخلايا لإشعة ليزرية تحت الحمراء والتي تعمل على تسخين الذهب ورفع درجة حرارته مما يؤدي إلى إحتراق تلك الخلايا وموتها. تمتاز هذه الطريقة بالدقة والموضعية نظراً لصغر الأغلفة النانوية بالنسبة للخلايا وتركزها بالخلايا المريضة فقط مما يجعل الخلايا السليمة بعيدة عن مخاطر الآثار الجانبية.
6. جسيَمات سلينيد الكادميوم النانوية تستخدم في حقن الخلايا السرطانية داخل الجسم، فتتجمع داخل الخلايا السرطانية بشكل إنتقائي، وفي حالة تعريض المنطقة المستهدفة لضوء فوق بنفسجي فإن الجسيمات تضيئ مما يساعد في تحديد موقع الخلايا الخبيثة وإزالتها بدقة.
7. مولدات "النانو" الحيوية فهي عبارة عن أجهزة كهروكيميائية نانوية تقوم بتوليد قدرة كهربية من جلوكوز الدم في الجسم ومن ثم تستخدم هذه القدرة في تشغيل أجهزة نانوية أخرى مزروعة داخل جسم الإنسان مثل أجهزة ضبط النبض أو روبوتات حقن السكر النانوية.
8. ألياف البوليمر النانوية تستخدم لإجراء الجراحات الترقيعية للأوعية الدموية حيث أمكن حديثاً زراعة أجهزة ترقيعية مصنوعة من ألياف البروتين النانوية في الجهاز العصبي المركزي للإنسان، كما وتستخدم في علاج الحروق والجروح وتدخل في صناعة المستحضرات التجميلية.
9. جسيمات الفضة النانوية تستخدم في مرشحات الهواء للتخلص من الروائح غير المرغوبة وقتل الجراثيم. وقد وجد أن إستخدام مثل هذه المرشحات النانوية يؤدي إلى قتل 99% من فيروسات الإنفلونزا العالقة في الهواء[133].

[133] انظر الخصائص والصفات الجديدة للجسيمات النانوية ص. 67 من هذا الكتاب

الجدول رقم (7) يبين أهم القطاعات المعنية بتطبيقات المواد المتناهية في الصغر(''النانو'')[134].

القطاع	النتاج المتوقع	مواضيع البحث
البيئة	خفض من إنبعاث الملوثات معالجة السوائل المتدفقة تنقية الغازات	أغشية عضوية بوظائف في السلم النانومتري تسمح بتطهير الغازات محفزَات قادرة على معالجة السوائل المتدفقة المحتوية على كمية مرتفعة من أول أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين مرشحَات تعمل بطبقات من المبادلات الأيونية من خواصها إلتقاط الأيونات والجزيئات الملوثه خزف بمسام متناة في الصغر لتصفية الهواء والماء من الملوثات
الطاقة	الرفع من مردودية خلايا الطاقة تطوير الطاقات الخاصة الإقتصاد في الطاقة	مواد لخزن الهيدروجين مثل أنابيب الكربون المتناهية في الصغر أو المساحيق المعدنية حواجز حرارية ذات بنية متناهية في الصغر مثل (gerogel) بهدف الإقتصاد في الطاقة بطاريات المحروقات الخلايا الفولتية الضوئية المحفزَات
صناعة النسيج	تحسين جودة ووظيفة الأنسجة تحسين الخواص الميكانيكية، الحواجز إدماج عناصر الإتصال وعدم الإتلاف بالصباغة	التعرف إلى الوظائف التي يمكن أن تحملها المواد المشحونة بمواد متناهية في الصغر إلى قطاع النسيج التعرف على الإمكانيات والعراقيل التكنولوجية التي تقف في وجة إدماج جزيئات ''النانو'' العضوية أو المعدنية في مختلف مراحل صناعة منتوجات النسيج(النبط، الغزل) التعرف إلى الشروط التقنية والإقتصادية للإنتاج مثل إختيار المادة ومادة الشحن وطرق التحويلات الملائمة التعرف إلى طريقة توزيع مواد الشحن المتناهية في الصغر في المادة الأصلية لترشيد مختلف طرق التحويل تطوير المركبات المتناهية في الصغر، التي تتميز بشدة المقاومة، والشفافية والخفة وعدم القابلية للإحتراق

[134] عبدالإلة بن يوسف، جامعة محمد الخامس،مجلة النانو، تصدر عن معهد الملك عبدالله لتقنية النانو، العدد الثالث، الرياض 2009 ص.47.

الصناعات الكيميائية	تطوير المركبات المتناهية في الصغر في هذا المجال تحسين خواص بعض المواد مثل (إنقاص وزن بعض المواد الكيميائية المستخدمة في البناء وتحسين الخواص الضوئية (الشفافة)، الرفع من ديمومة المواد، تقوية البنيات، مقاومة الحريق، مقاومة درجة الحرارة المرتفعة، مقاومة التغيرات المفاجئة للحرارة، تطوير محفزات جديدة لتحسين احتراق الوقود	دراسة تطبيقات المركبات التمناهية في الصغر في مواد التبادل الأيوني والمحفزات إنتاج الأنابيب المتناهية في الصغر الكربونية إنتاج الجزيئات المتناهية في الصغر المعدنية (التيتان، السليسيوم، الفوسفور)
مواد التجميل والعطور	تحسين الخواص الضوئية من حيث الشفافية واللمعان	دراسة إمكانية استعمال الجزيئات المتناهية في الصغر في بريق الأظافر دراسة تأثيرات الجزيئات المتناهية في الصغر على جسم الإنسان
صناعة السيارات	النقص من وزن السيارات الرفع من مقاومة أجزاء السيارات للظروف القاسية وللخدش الرفع من مقاومة بعض الأجزاء لدرجات الحرارة المرتفعة	تسمح المركبات المتناهية في الصغر بالرفع من مقاومة المواد مع التخفيض من وزن الأجزاء وذلك لتعويض الفلزات اللدائنية الحرارية مثل البوليبروبيلين المحمل بجزيئات متناهية في الصغر من الصلصال تستعمل مواد "النانو" في الأقطاب للرفع من ديمومتها وتحسين الإحتراق بالمحرك الخزف والصلابة العالية ببنية متناهية في الصغر يسمحان بالرفع من المردود الحراري للمحركات وضع طبقة نانومترية على الزجاج الواقي للسيارات لتحسين بعض خواصة مثل الخواص الحرارية أو إكتساب وظيفة خاصة ضد المطر مثلاً للرفع من كفاءة السيارات الكهربائية يمكن إستعمال بطاريات فلز هيدرور فلز مكوّن من جزيئات بلورية متناهية في الصغر من النيكل حيث أن الجزيئات المتناهية في الصغر تتميز بالمساحة الكبيرة لسطحها مما يجعلها شديدة التفاعل الكيميائي فيمكن أن تستعمل في معالجة التدفقات الغازية المحتوية على نسبة عالية من أول أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين

تقنيات "النانو" في مجال الصناعات الإلكترونية

بدأ مصطلح تقنية "النانو" ينتشر في مجال الصناعات الإلكترونية المتصلة بالمعلوماتية ، فلو تفحصَنا البطاقات المستخدمة في الحواسيب اليوم وخاصة الحواسيب المحمولة لوجدنا أنها مضغوطة إلى درجة كبيرة ، فالبطاقة التي لا يزيد سمكها على بضعة مليمترات تتكوَن في الحقيقة من خمس طبقات أو رقاقات مضغوطة مع بعضها . وأيضاً لو تفحصنا الكابلات والمكثفات التي كان وزنها يقدَر بالكيلوجرام لوجدنا أن وزنها لا يتجاوز أجزاء من الملي جرام، فقد تضاءل الحجم وتضاعفت القدرة وكل ذلك بفضل إختزال سمك الكابلات وضغط حجم المكثفات والدارات وهذا بدوره قصَر المسافات التي تقطعها الإلكترونات وأعطى الحواسيب سرعة أكبر في تنفيذ العمليات.

تشير عبارة تكنولوجيا "النانو" إلى التفاعلات بين المكوَنات الخلوية والجزيئية والمواد المهندسة وهي عادة مجموعات من الذرات والجزيئات والأجزاء الجزيئية عن المستوى البدائي الأول للبيولوجيا وتكون هذه الآشياء الدقيقة بشكل عام ذات أبعاد تقل عن 100 نانومتر ويمكن أن تكون مفيدة بحد ذاتها أو كجزء من أجهزة اكبر تحتوي على أشياء دقيقة متعددة . وعند المستوى الدقيق ("النانو") نجد أن الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية تختلف جوهريا وغالبا بشكل غير متوقع عن تلك المواد الكبيرة الموازية لها بسبب أن خواص الكمية الميكانيكية للتفاعلات الذرية يتم التأثير عليها بواسطة التغيرات في المواد على المستوى الدقيق وفي الواقع أنه من خلال تصنيع أجهزة طبقاً لمعيار النانومتر من الممكن السيطرة على الخصائص الجوهرية للمواد بما في ذلك درجة الإنصهار والخواص المغناطيسية وحتى اللون بدون تغيَر التركيب الكيميائي لها.

الحاسبات النانوية[135]

منذ منتصَف القرن العشرين وحتى وقنا الحاضر شهدت الحواسيب سلسلة من التطورات في أجزائها المادية والبرمجية، وذلك بفضل التطور في علم الإلكترونيات، فقد مر علم الإلكترونيات بعدة أجيال حيث كان «**الجيل الأول**» يتمثل في إستخدام «الصمام الإلكتروني» وصناعة التلفاز الأبيض والأسود، أما «**الجيل الثاني**» تمَثل في إكتشاف الترانزيستور الذي فتح آفاقاً جديدة في حقل الإلكترونيات عموماً وفي مجال الحاسب الآلي خصوصاً، وتـلاه» **الجيل الثالث**» الذي أستخدم الدارات التكاملية Integrated Circuit IC وهي عبارة عن قطعة صغيرة جداً قامت بإختزال حجم العديد من الأجهزة ورفعت كفاءتها وعددت وظائفها .ثم جاء **الجيل الرابع** مع إختراع الرقائق السيليكونية التي أدت إلى ظهور المعالجات

[135] رسالة الجامعة ، العدد1083، 2012/1/26 http://rs.ksu.edu.sa/24268.html

الصغيرةMicroprocessor والتي أحدثت ثورة تقنية في جميع المجالات وظهور الحاسبات الشخصية والهواتف المحمولة والساعات الرقمية وكثير من الإختراعات التي يعود الفضل فيها إلى هذه الشرائح المتناهية الصغر والتي أدى إزدياد الطلب عليها إلى إنخفاض أسعارها بشكل سهّل دخولها في تصنيع جميع الإلكترونيات الإستهلاكية التي تحيط بنا اليوم . وكلما زاد أعداد العناصر الإلكترونية «الترانزيستور» المجمّعة في المعالجات الصغيرة كلما توصّلنا إلى حاسب آلي سريع وأكثر فاعلية. ووفقاً لقانون موور ، فإن عدد الترانزيستور الموضوعة في معالج مصغر سوف يتضاعف كل 18 شهراً، وقد سمّي بقانون موور نسبة للباحث «Gordon Moor» ، الذي أعلن عام 1965 أن المعالجات المصغرة سوف تتضاعف شدة تعقيدها وقوتها كل سنتين، وهذا يعني أن المساحة التي كانت تتسع لترانزستور واحد فقط قبل 15 سنة يمكنها أن تحمل حوالي 1000 »ترانزستور في أيامنا هذه. ولقد تمكّن العلماء من تصغير حجم الترانزيستور المستخدم في المعالجات المصغرة حتى وصل في عصرنا هذا إلى حجم ‘‘النانو’’، وبهذا نجد أن أجهزه الحاسب الآلي أصبحت أكثر فاعلية، أقوى وأسرع أداء. وقد صرح العديد أن قانون موور سوف يبلغ نهاية مسدودة، وذلك بسبب السرعة الفيزيائية ومحدودية التصغير للمعالجات السيليكونية المصغرة. وحيث أن صانعي الرقائق الحاسوبية يتسابقون بشكل محموم لصناعة الجيل الجديد من المعالجات المصغرة والذي بدوره سيؤدي للوصول للمعدلات القصوى عاجلاً أو آجلاً وستبلغ المعالجات المصغَرة المصنوعة من السيليكون حدودها من حيث السرعة والتصغير، ولهذا فإن صانعي الرقائق بحاجة إلى تقنية جديدة لإنتاج معالجات بسرعات وكفاءة أكبر. وخلال السنوات القليلة الماضية، برز إلى الأضواء مصطلح جديد ألقى بثقله على العالم وأصبح محط الإهتمام بشكل كبير، هذا المصطلح هو «**تقنية ‘‘النانو’’**» (صنع آلات ومواد بإستخدام جزئيات وذرات المادة بسمك من 1-100نانومتر) والذي يمثل الجيل الخامس بالنسبة لعالم الإلكترونيات، ويتوقع العلماء أن تحدث هذه التقنية انقلاباً جذرياً في الأجهزة والتطبيقات وسوف تؤدي إلى تصنيع شرائح ودوائر نانو إلكترونية بالغة الصغر في المساحة والحجم، بالغة القلة في استهلاك الطاقة، سريعة جداً وبالغة الموثوقية والإعتمادية في أدائها؛ مما يشكل تطوراً كبيراً في تصنيع الحواسيب المتقدمة والفائقة السرعة. ويعلم جيداً المتخصصون في علم الحاسوب العلاقة بين حجم الحاسوب مع إمكاناته وقدراته. فأجهزة الحاسوب الخارقة "Mainframes" لها إمكانات تعجز مئات الحواسيب الشخصية من أداء عملها مجتمعة، ولكن بإستخدام تقنية ‘‘النانو’’ من المتوقع أن يصبح الحاسب الخارق الموجود في مراكز الأبحاث أو في الجامعات الكبيرة سيكون مثل حجم ساعة يد في المستقبل القريب. ويحاول المهندسون اليوم إستخدام هذه التقنية لصناعة وصلات كهربائية

قطرها ذرة واحدة وبوابات منطقية (logic gates) من عدة ذرات فقط لبناء شرائح حاسبية مصغرة، عندئذ يمكن تمثيل وحدة للمعلومات بذرة واحدة فقط (أي أن الصفر والواحد وهما الوحدة الأساسية في المعلومات يمثلهما وجود إلكترون أو غيابه). وأصبح الآن العديد من الأبحاث والمشاريع للوصول إلى حاسبات نانونية.

والحاسبات النانوية لها العديد من الأنواع من أهمها الحاسب "النانو" الحيوي الذي يستخدم رقائق حاسوبية من الحمض النووىDNA عوضاً عن الجزيئات والذرات ليشكل ما يسمى بالرقائق البيولوجية Biochip. إن جزيئات الحمض النووي، وهي المادة الأساسية التي تدخل في تركيب الجينات البشرية، تملك القدرة على القيام بعدد من العمليات الحسابية أكبر بعدَة مرَات من العمليات التي يمكن أن يقوم بها أسرع معالج مصنوع من السيليكون في العالم حالياً. وفكرة استخدام الـDNA في الحواسيب ترجع إلى العالم **آدليمان** وهو عالم في جامعة كاليفورنيا الجنوبية الذي استنتج أن الـDNA تملك قدرات حاسبوية فائقة وتشبه بشكل كبير القرص الصلب في الحاسوب حيث يخزَن عليه المعلومات الوراثية بشكل دائم .

إن مكونات حواسيب الـDNA البوابات المنطقية والرقائق العضوية سوف تأخذ سنوات كي تتطور وتصبح حواسيب عملية وفعالة ولكن إذا ما تم صناعة هذا الحاسوب، فإن العلماء يقولون بأنه سوف يكون مدمجاً أكثر، ودقيقاُ وفعالاً أكثر من الحواسيب التقليدية وسوف تتفوق على الحواسيب ذات الأساس السيليكوني، وأي مهام سوف تقوم بها هذه الحواسيب. حواسيب الـ DNA تملك القدرة لأخذ علم الحواسيب إلى مراحل جديدة، بحيث تبدأ قوانين جديدة تلغي قانون موور فهناك عدة فوائد ومكاسب لاستخدام الـDNA بدلاً من السيليكون بخلاف المواد السامة المستخدمة لصناعة المعالجات المصغرة التجارية، فإن رقائق الـDNA البيولوجية يمكن أن تصنع بطرق نظيفة بيئياً .

لكن النقطة الأهم لدى الـDNA هي أنه يجعل الحواسيب أصغر من أي حاسوب تمت صناعته من قبل، وبنفس الوقت فإنه يحمل كمية أكبر من البيانات والمعلومات، إن باوناً واحداً من الـ DNA يملك الإمكانية لتخزين معلومات أكبر من كل الحواسيب الإلكترونية التي تمت صناعتها، وإن القدرات الحاسوبية لحاسب DNA بحجم قطرة الدمع، وباستخدام بوابات DNA منطقية سوف يكون أكثر قوة من أقوى جهاز خارق في العالم إن أكثر من 10 ترليون جزيئة DNA يمكن أن توضع في منطقة لا تتجاوز 1 سنتيمتر مكعب، بهذه الكمية القليلة من الـ DNA فإن الحاسب سوف يتمكن من حفظ 10 تيرابايت تيرابايت = 10 أس 12 بايت من المعلومات ، ويقوم بـ10 ترليونات عملية حسابية معقدة بنفس الوقت، وبإضافة عدد أكبر من الجزيئات فإن عدد العمليات الحسابية سوف يزداد.

بخلاف الحواسيب التقليدية فإن حواسيب الـ DNA تقوم بإنجاز العمليات الحسابية على التوازي مع بعضها البعض، الحواسيب الحالية تقوم بإنجاز العمليات الحسابية بشكل خطي، بأخذ الإجراءات بشكل متتابع واحد تلو الآخر، حواسيب الـDNA تستطيع حل المسائل المعقدة في غضون ساعات، في حين أنها تحتاج مئات السنين لحلها بواسطة الحواسيب الإلكترونية.

- كما تمكن عملاق الكمبيوتر "هاولت باكارد" من صنع رقاقات تدخل في صنعها نانو الكترونيات قادرة على حفظ المعلومات اكثر بالآف المرات من الذاكرة الموجوده حاليا.[136]
- وفي تطوّر آخر لشركة آي بي إم، استطاع باحثون فيها يوري فلاسوف ومارتن أوبويل وهيندريك هامان وشاري مكناب من مركز تي جيه واتسون للأبحاث بدعم جزئيّ من وكالة مشاريع أبحاث الدفاع المتقدّمةDARPA ، المؤسسة المسؤولة عن التطوير والأبحاث المركزيّة التابعة لوزارة الدفاع الأميركيّة، عن طريق برنامجها» إبطاء وتخزين ومعالجة الضوء ,Slowing[137] Storing and Processing Light من الاقتراب أكثر من حلم إستبدال الكهرباء بالضوء في إيصال سيل المعلومات بين أجزاء الدارات، وهذا الأمر سيؤدّي إلى تطوّرات جذريّة في أداء الحاسب الآلي وكلّ الأنظمة الإلكترونيّة الأخرى، فالباحثون إستطاعوا إبطاء سرعة الضوء إلى واحد على 300 من سرعته المعتادة عن طريق تمريره في قنوات من السليكون المصنّع بعناية بالغة، يسمّى موجّه موجات الكريستال ـ الفوتونيّ Photonic Crystal Waveguide PCW شريحة رقيقة من السليكون «منقّطة» بمجموعات من الثقوب تكسر أو تغيّر من مسار الضوء المار بها .(هذا التصميم للقنوات يسمح بتغيير سرعة الضوء عن طريق تمرير تيّار كهربائيّ لموجّه الموجات .

ويجدر بالذكر أنّ الكثير من الباحثين في السابق إستطاعوا إبطاء سرعة الضوء في ظروف مخبريّة، ولكنّ تحكّمهم في سرعة الضوء على شرائح سليكونيّة باستخدام وسائل تصنيعيّة تعتمد على "النانو" تكنولوجيا هو سابقة جديدة .وحجم هذا الجهاز الذي استطاع العلماء تصنيعه صغير جدّا، ويمكن إستخدام المواد شبه الموصلة فيه التي تُستخدم عادة في تصنيع الدارات الكهربائيّة والقدرة على التحكّم بسرعة الضوء أو إبطائه في هذه الحالة تجعل

---

[136] http://ar.wikipedia.org/wiki

[137] خلدون غسان سعيد،النانو تكنولوجي اعجوبة العالم الجديد دارات ضوئيّة بدل الكهربائيّة و«آي بي أم» تستعد لتطوير اول «حاسب ضوئي" http://www.aawsat.com

بالإمكان لهذه التقنية أن تصنع دارات ضوئيّةOptical Circuits في غاية الصغر من الحجم، وعمليّة في آن واحد لوضعها في الأدوات الإلكترونيّة .

معوّقات التطوّر :للتشبيه، من المعروف أنه من الصعب إيصال سلع تجاريّة في وقت سريع في مدينة دائمة الإزدحام بالسيّارات، مهما كان حجم الإنتاج وسرعته . والحل هو إمّا زيادة عرض الشوارع في المدينة) الأمر المستحيل بسبب وجود مبان محيطة بالشوارع(أو إيجاد طرق بديلة) الأمر المكلف زمنيّا .(وعدم القدرة على إيصال المعلومات في الدارات الكهربائيّة هي أحد أكبر «الإختناقات المروريّة» التي يمرّ فيها مصمّمو الدارات الكهربائيةّ .كما أن من المشاكل التي تواجه مصمّمي الدارات الكهربائيّة، زيادة الناتج الحراريّ بسبب إزدياد مرور الإلكترونات في الدارات الكهربائيّة، الأمر الذي قد يؤدّي إلى «إحتراق «الدارة بكاملها إن لم يتمّ تبريدها بشكل مدروس .

وأحد أكبر المشاكل التي تشلّ تطوّر المعالجات والذاكرة في الحاسب الآليّ هي ظاهرة إنتقال الإلكترونات من مسارها إلى مسار آخر عند تقليص حجم الدارة الكهربائيّة .فالتقنيّات المستخدمة اليوم تعتمد تقنية 90 و65 و45 نانومتر في التصميم، ولكنّ المصمّمين يواجهون ظاهرة إنتقال الإلكترونات من مسار ما إلى آخر بسبب التنافر الكهربائيّ بينها وبين إلكترونات أخرى قريبة .هذه الظاهرة لم تكن موجودة من قبل لأنّ التقنيات المستخدمة حينها كانت تستخدم مسارات إلكترونيّة أكثر عرضاً من المسارات المستخدمة الآن . ولكنّ نتائج أبحاث آي بي إم لن تحلّ هذه المشاكل، بل ستتجاوزها لتنعدم من أساسها، إذ ستتغيّر قوانين الفيزياء في الدارات لتصبح تعتمد على نظريّات وقوانين الضوء) كميّة أو موجيّة أو غيرها(، لتنعدم الآثار الحراريّة لمرور الإلكترونات في الأسلاك والدارات الكهربائيّة، ولينعدم التنافر الإلكترونيّ . وسيصبح الضوء هو أساس توصيل المعلومات بين مكوّنات الحاسب الآليّ . ولكن ليتمّ كلّ ما تمّ ذكره، يجب أن تدعم المكوّنات هذه تحكّما كاملا بإشارات الضوء، ويجب أن تكون تكلفة تصنيع آليّة هذا التحكّم زهيدة الثمن وحجمها صغيراً .وأستطاعت آي بي إم من أن تقدّم بعض الحلول لهذه المشكلة عن طريق إستخدام موجّهات موجات الكريستال ـ الفوتونيّ، التي تحتوي على معامل إنحراف للضوء عال بسبب وجود أنماط من مجموعات الثقوب فيها . فكلّما إزداد معامل الإنحراف، قلّت سرعة الضوء الخارج منها .وبزيادة حرارة موجّهات موجات الكريستال ـ الفوتونيّ عن طريق تمرير تيّار كهربائيّ فيها، يتمّ تغيير معامل الإنحراف، الأمر الذي يغيّر من سرعة الضوء الخارج من الثقوب، باستخدام قدرة كهربائيّة قليلة جدّا

والجدير بالذكر أنّ كلّ ما تمّ تطبيقه في الأبحاث موجود على منطقة صغيرة جدّا من الدارة، ولا يمكن مشاهدتها إلا تحت المجهر .هذا الأمر يعني أنّ ّه بالإمكان إيجاد دارات ضوئيّة في غاية التعقيد بنفس حجم الدارات الحاليّة .أمّا بالنسبة لعمليّة التصنيع، فإنّها موجودة في أغلب مصانع الدارات الحاليّة .والقدرات الوظيفيّة التي يدّعيها الباحثون تسمح بإيجاد مكوّنات بحجم "النانو"، مثل اماكن لحفظ المعلومات الضوئيّة والمعالجات الضوئيّة والكثير غيرها .وإن تمّ صنع جميع هذه المكوّنات بأسعار معتدلة، فإنّ أوّل جهاز حاسب آليّ ضوئيّ) هل سيصبح اسمه الحاسب الضوئيّ؟ (سيكون من صنع شركة آي بي إم .وعلى الأغلب، فإنّ الجيل الأوّل سيكون عبارة عن هجين من الدارات الإلكترونيّة والضوئيّة مع بعضها البعض، إلى حين نضوج هذه التقنيّة

تقنية "النانو" والبيئة:

من أهم التطبيقات المستقبلية لتقنية "النانو" هي التطبيقات المتعلقة بالبيئة، فمنذ بداية القرن الماضي والإنسان يسعى في البحث عن الطاقة ويسعى في تطوير الآلة دون النظر الى البيئة وهذه الآلات والإختراعات أدت إلى تلوث الهواء والماء وإلى التغيرات المناخية المترتبة على فساد البيئة مما هددَت حياة الملايين من البشر في العديد من الدول بسبب نقص المياة الصالحة للشرب،

وتعتبر أكثر ملوثات الهواء شيوعاً ما يلي:

- أول أكسيد الكربون
- الكلوروفلوركربون (CFC)
- المعادن الثقيلة (كالزرنيخ، الكروم، الكادميوم، الرصاص، الزئبق والزنك)
- الهيدروكربونات
- أكاسيد النيتروجين
- المواد الكيميائية العضوية (كالمركبات العضوية المتطايرة والديوكسين)
- ثاني أكسيد الكربون
- الجسيمات والدقائق

وتحدث ظاهرة الأمطار الحمضية نتيجة سقوط أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت على الأرض، فيتفاعلا مع الندى أو الثلج. ومن أهم مصادر تكوّن أكاسيد النيتروجين هي ما يلي:

- حرق النفط والفحم والوقود
- النشاط البركاني
- حرائق الغابات

- تحليل بكتيريا التربة
- البرق

أما تلوَث المياة، فينتج عن الطرح المتواصل أو المفاجئ للمخلفات الملوثة عمداَ أو عرضاً في الماء، ومع تزايد السكان تتعرض المحيطات والبيئات البحرية إلى الكثير من الملوثات التي يعتبر الإنسان المسؤول الأول عن حدوثها. ومن أهم أسباب تلوث المياة:

- مياة الصرف الصحي
- الوقود الحفري المحترق أو المستخلص
- تسرب النفط إلى المياة
- الأسمدة ومبيدات الأعشاب الضارة والحشرات المستخدمة لوقاية المحاصيل والحدائق
- إزالة الغابات والجور على الأراضي الزراعية
- المواد الثانوية المختلفة التي تنجم عن عمليات التصنيع أو الشحن

بالرغم من أن الأسلوب التقليدي في معالجة المياة يعمل على التخلَص من كميات كبيرة من النفايات من المياة، فإن تطبيقات المعاجلة الجديدة تتلائم بدرجة كبيرة للمركبات عالية السمْية التي ينبغي التخلص منها نهائيا، في حالة الأنواع المختلفة من المعادن الثقيلة، لن يفيد إستخدام محفزات "النانو"، وبالتالي، لا بد من معالجة المياة عن طريق الإمتصاص بواسطة البوليميرات أو جسيمات "النانو"[138]. ففي مجالات الهندسة البيئية تلعب تكنولوجيا "النانو" دوراً هاماً في رصد التلوث وذلك من خلال الجسيَمات النانوية التي تقيس نوعية الهواء والماء والتربة ، وترسل بيانات الرصد مباشرة إلى قواعد البيانات البيئية ،أو الكشف السريع عن الجراثيم الممرضة في مصادر المياه والمنتجات الغذائية .كما تساهم تكنولوجيا "النانو" في معالجة الملوثات والنفايات السامة الناتجة من المصانع وذلك عن طريق ضخ جزيئات نانوية عبر التربة لتصل إلى أماكن تواجد النفايات لهدمها وتحويلها إلى مواد غير ضارة عبر تفاعلات كيميائية خاصة ، فمثلا تمكن باحثون في مختبر المحيط الهادئ الشمالي من تطوير عملية صديقة للبيئة تعتمد على ألياف الكربون النانوية لمعالجة المياه الملوثة بمادة(بيركلوريت) السامة التي تستخدم في وقود الصواريخ والألعاب النارية والصناعات الكيميائية ، وهذه المادة وجدت في مستويات عالية في الأنظمة المائية في 35 ولاية أمريكية ، وأرتبط وجودها بأمراض الغدة الدرقية وإمكانية حدوث السرطان ومشاكل الصحة الأخرى. كما تعتبر المياه الجوفية من مصادر مياه الشرب الهامة في العديد من دول العالم، وفي الولايات المتحدة الأمريكية أصبح تلوث هذه المياه

---

[138] ليندا ويليامز، د.واد آدمز، مصدر سبق ذكره

يشكل مشكلة ذات أبعاد بيئية وصحية لإن وكالة حماية البيئة الأمريكية صنفت 30 ولاية تحتاج المياه الجوفية فيها إلى عملية تطهير وتنقية ، ومما يزيد من خطورة المشكلة أن احد أهم الملوثات الشائعة الموجودة في هذه المياه هو مركب سام وخطر يدعى **ترايكلوروايثلين** وهو مذيب عضوي يستخدم في تنظيف المعادن من الزيوت والشحوم وحديثا تمكن فريق من المهندسين الكيميائيين في جامعة رايس(هيوستن) من تخليق دقائق نانوية من الذهب والبالاديوم(معدن قريب من البلاتنيوم) لتفكيك الملوثات في المياه الجوفية وذلك عن طريق إضافة الدقائق النانوية إلى المياه الجوفية لتحول الملوثات الخطرة مثل المذيب العضوي السام(ترايكلورو ايثلين) إلى مركبات غير سامة إطلاقاً ،وحالياً يقوم الفريق بإجراء عمليات تطهير لمواقع ملوثة مختلفة بإستخدام مفاعل تجريبي يحتوي على حبيبات زجاجية لتثبيت الدقائق النانوية حيث تمرر المياه الملوثة من خلال المفاعل لتخرج نظيفة.

ويعتبر عنصر الزرنيخ من الملوثات الشائعة التي توجد في المياة إما طبيعياً أو إصطناعياً بواسطة الإنسان. والزرنيخ عنصر كيميائي سام يتحد بالأكسجين والكلور والكبريت والكربون والهيدروجين والرصاص والذهب والحديد، ويوجد في العديد من المعادن المكونة للصخور. وحيث أن الزرنيخ يمثل خطراً يهدد حياة الإنسان ونظراً لخطورته فقد قامت وكالة حماية البيئة بخفض معيار نسبة الزرنيخ بمياة الشرب حتى وصل إلى 10 جزء من المليار، وهو ما تعجز معظم مصانع معالجة المياة عن تحقيقة، وعلية بدأ الكثير من الباحثين حول العالم بمحاولة إستخدام تقنية ‘‘النانو’’الحديثة في حل مشاكل التلوث أو تخفيفها ومن أهم ما حاولوا تطويره هو معالجة مياة الشرب وفيما يلي نبذه عن بعض الطرق والتقنيات في معالجة مياة الشرب ومعالجة تلوث الهواء.

تقنية ‘‘النانو’’ ومعالجة المياة:

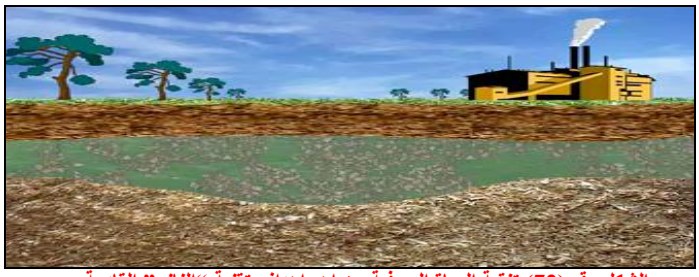
يعتبر النقص في المياة من المشاكل الخطيرة التي تواجهها العديد من الدول النامية، إن إستخدام تقنية ‘‘النانو’’ في تطوير تقنيات معالجة المياة التقليدية والتي تشمل المعالجات الكيميائية وتحلية المياة والتقنية والمعالجة بالأشعة الفوق بنفسجية وغيرها من وسائل تنقية المياة سيؤدي الى رفع كفاءة هذه التقنيات والذي بدورة سيعمل على سهولة توفير المياة ، وحالياً تقدم هذه التقنية ثلاث مجالات حيوية وتشمل:

1. أغشية أنابيب ‘‘النانو’’ الكربونية (CNT membranes)
2. شباك ‘‘النانو’’ (nanomesh)
3. مسام الخزف النانونية (nanoporous ceramics)

وتعمل هذه التقنيات الثلاث بطرق مختلفة وذلك وفقاً للميزات الخاصة بكل تقنية ، فعلى سبيل المثال تعمل تقنية مسام الخزف النانوية على حجز ومنع مرور العوالق الدقيقة والفطريات والطفيليات والكائنات الحية الدقيقة والفيروسات والمواد الضارة من مصادر المياة العذبة كالأنهار والبحيرات والبرك.

وأيضاً هناك مرشحات "النانو" (nanofilters) يجري العمل حالياً على تسويقها حيث أنها تقدم تنقية سريعة للمياة بحيث يستطيع الشخص شرب الماء المرشح مباشرة من مختلف مصادرة كالمياة الجوفية والمياة الراكدة ومياة الوحل. كما تتميز تقنيات "النانو" الحديثة بإنخفاض كمية الطاقة المستخدمة في تنقية المياة بالإضافة الى إرتفاع جودة المياة المعالجة[139]

وتجري حالياً العديد من الدراسات والبحوث من أجل تطوير تقنيات أخرى تعتمد على إستخدام تركيبات "النانو" لأكسيد الحديد وجسيمات "النانو" لأكسيد التيتانيوم تتميز بإنخفاض التكلفة وجودة الإنتاج لأهم المشاكل الحيوية في عصرنا الحالي.



الشكل رقم (72) تنقية المياة الجوفية من اهم اهداف تقنية "النانو" القادمة

الأغشية الخزفية[140]

تستخدم الأغشية والمرشحات (الفلاتر) بجميع أحجامها لفصل العديد من المركبات والمواد الكيميائية، ويعتمد نجاحها أو فشلها على الخصائص التي تتمتع بها. وفي حالة الترشيح الفائق (ultrafiltration)، يحدث الضغط في جهة واحدة من غشاء الترشيح[141]، فيجبر المياة والمركبات الجزيئية الخفيفة على المرور عبر مسامة. أما الجزيئات الأكبر والأجسام الصلبة العالقة، فتتحرك فوق الغشاء وتتجمع في نقط محددة بسبب حجمها الكبير.

نجح المركز البيولوجي والبيئي لتكنولوجيا "النانو" Center for Biological Enviormnetal Nanotechnology-CBEN في إنتاج غشاء متفاعل بإستخدام أغشية أكسيد الحديد الخزفية التي تعرف باسم

---

[139] المركز السعودي لتقنية النانو، http://www.saudicnt.org

[140] ليندا ويليامز، د. واد آدامز، تكنولوجيا النانو، ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة 2008 ص.171

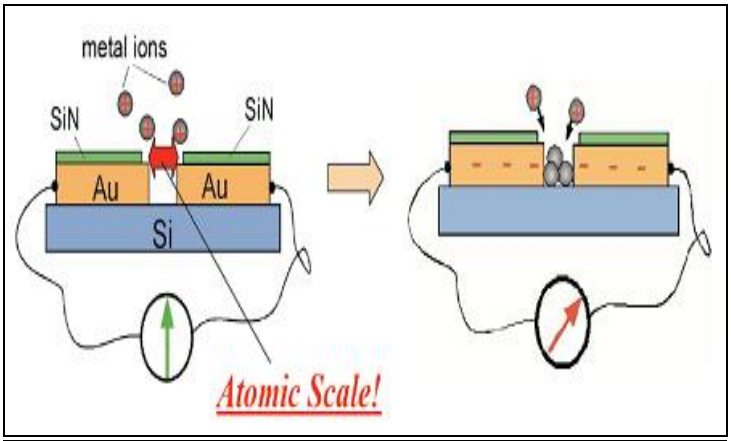
[141] يتميز غشاء الترشيح الفائق شبة النافذ بوجود مسام يتراوح حجمها بين 0.0025 إلى 0.01 ميكرون تقريبا

الفيروكسين (ferroxane) تمثل هذه الأغشية التفاعلية وسيلة لإزالة الملوثات والمخلفات العضوية من الماء لتنقيتها، وذلك نظراً للطبيعة الكيميائية التي تميز عنصر الحديد. كما أن مواد الفيروكسين تقوم بتحليل حمض البنزويك الملوث.

بإستخدام أغشية أكسيد الألومنيوم الخزفية التي تعرف بإسم الألوموكسين (alumoxane) كمادة غشاء خزفية متناهية الصغر، يمكن تغيير سمك الغشاء وحجم المسام والقابلية للنفاذ وكيمياء السطح بتغيير الطبقة الأولى من جسيمات الألوموكسين

تقنية "النانو" وإكتشاف تلوث الهواء[142]

في عصرنا الحالي يواجة الإنسان مشكلة تلوث الهواء في كل مكان من حولة مما يؤثر سلباً على صحتة، ولعل أكثر أنواع التلوث خطورة هو تلوث الهواء بالعناصر والغازات السامة التي تكون في كثير من الحالات غير مرئية وغير محسوسة وبالرغم من وجود عدد من التقنيات التقليدية التي تعمل على إكتشاف هذا التلوث إلا أن تقنية "النانو" تقدم كواشف ذات حساسية عالية جداً تسمى كواشف "النانو" تستطسع إكتشاف أي تلوث في الهواء بدقة متناهية جداً تصل الى حد إكتشاف بضعة جزيئات من الغازات أو الأبخرة الملوثة وتعتمد هذه التقنية على إستخدام أنابيب "النانو" الكربونية CNTs أو جسيمات "النانو" للبلاديوم Palladium nanoparticles أو أسلاك "النانو" لأكسيد الزنك zinc oxide nanowires حيث تتغير الخواص الكهربائية كالمقاومة والسعة الكهربائية لهذه الكواشف عند إمتصاصها لجزيئات الغاز الملوث



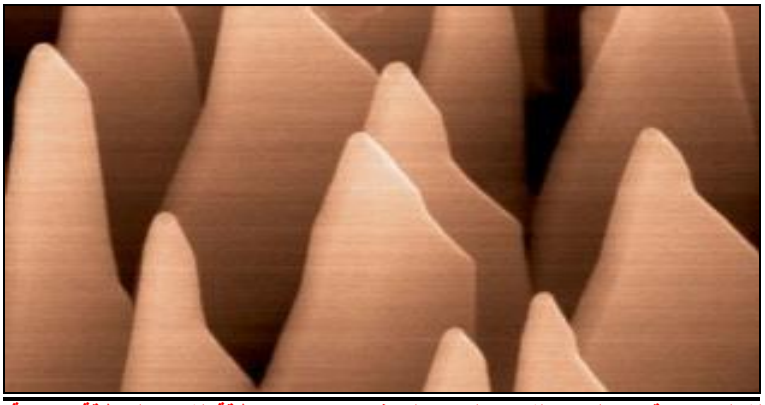
الشكل (73) عند التقاط كواشف "النانو" جزيئات الغاز الملوث يتم توصيل الدائرة الكهربائية مما يؤدي الى تشغيل كاشف "النانو" ونلاحظ ان دقة هذه الكواشف تصل الى حد اكتشاف بضع ايونات مما يجعلها ذات حساسية فائقة

[142] المركز السعودي لتقنية النانو، http://www.saudicnt.org

تقنية "النانو" والطاقة الشمسية[143]

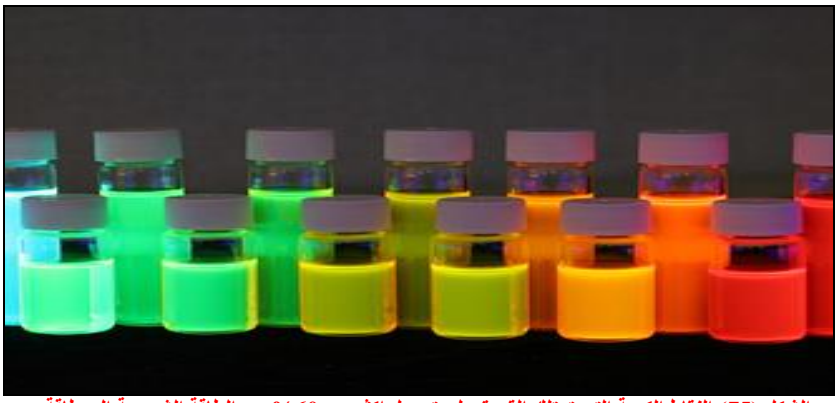
تعتبر الشمس مصدر مهم جداً للطاقة لجميع أشكال الحياة على سطح الأرض، ومنذ إكتشاف الظاهرة الكهروضوئية بدأ الانسان ينظر للشمس كمصدر للطاقة الكهربائية، ومن هنا بدأ العلماء في تصميم وتطوير خلايا الطاقة الشمسية لتحويل طاقة الشمس الضوئية الى كهرباء ومنذ أوائل القرن العشرين عكف الباحثون على تطوير الخلايا الشمسية من أجل رفع كفاءتها وخفض تكلفة إنتاجها، وتعتبر تقنية إستخدام الطاقة الشمسية محدودة النطاق وذلك لإنخفاض كفاءة الخلايا الشمسية وإرتفاع تكلفة إنتاجها. وفي ظل تقنية "النانو" والتي تعد بتقديم حلول جذرية لهذه المشكلة لخصائصها المذهلة لجسيمات "النانو" قد تتمكّن من إستغلال الطاقة الشمسية، فعلى سبيل المثال رقائق "النانو" (nanoflakes) تعتبر إحدى تراكيب "النانو" البلورية والتي ستكون قادرة على تحويل أكثر من 30% من الطاقة الشمسية إلى كهرباء والسبب في ذلك الأبعاد الدقيقة (أبعاد "النانو") التي تتميز بها هذه التراكيب وعلية فإن الطاقة في هذه الرقائق تقطع مسافة أقصر مما يؤدي إلى إحتفاظ أكثر بالطاقة .

ومن التطبيقات المستقبلية التي تعد بها تقنية "النانو" هو تحويل أكثر من 66% من الطاقة الشمسية الى كهرباء وفقاً للحسابات النظرية وذلك بإستخدام النقاط الكمية (Quantum Dots) إحدى جسيمات "النانو" الشبة موصلة والتي تتروح أبعادها من 2 نانومتر الى 10 نانومتر أي ما يعادل 10 إلى 50 ذرة، وتتميز النقاط الكمية بقدرتها على تحويل نطاق واسع من الطيف الكهرومغناطيسي إلى طاقة كهربائية كما أنها تتميز أيضاً بقدرتها على إنتاج شحنات كهربائية أكثر (إلكترونات) وذلك بالتفاعل مع طاقة فوتون واحد.



الشكل (74) رقائق "النانو" القادرة على تحويل اكثر من 30% من طاقة الشمس إلى طاقة كهربائية

[143] المركز السعودي لتقنية النانو، http://www.saudicnt.org



الشكل (75) النقاط الكمية التي تمتلك القدرة على تحويل اكثر من 60% من الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية والتي تتميز أيضا بقدرتها على تغيير لونها وفقا لتغيير ابعادها

تقنية "النانو" وخلايا الوقود

نحن نعلم بإن مصدر الوقود مهم جداً في حياتنا اليومية، ويعتبر النفط المصدر الرئيسي للوقود في هذا العصر وسوف يأتي يوم وينفذ الوقود! وهنا ستصاب حياتنا بالإنهيار حيث أنه من الصعب أن نعيش في هذا الوقت بدون الوقود، لذا بدأ العلماء منذ عدة سنوات في البحث عن مصدر آخر للوقود غير النفط، وتوصلوا إلى بدائل مختلفة للوقود لكنها كانت محدودة الإنتاج والقدرة وذات سعر تكلفة عالي جداً، مما قلل من إستخداماتها وتطبيقاتها. ومن هذه البدائل التي عكف العلماء على دراستها هي إستخدام خلايا الوقود الهيدروجينية حيث تقوم هذه الخلايا بتحويل الهيدروجين إلى كهرباء ومن ثم تستخدم هذه الكهرباء في تطبيقات كثيره كتشغيل السيارات والإضاءات وتدفئة البيوت والمكاتب وغيرها ، حيث تتميز خلايا وقود الهيدروجين بأنها لا تتطلب صيانة معقدة ولا تنتج ثاني أكسيد الكربون مما جعل العديد من الخبراء يعتقدون بإن خلايا وقود الهيدروجين سوف تكون مستقبلاً البديل الأنسب للديزل والبنزين والفحم الحجري.

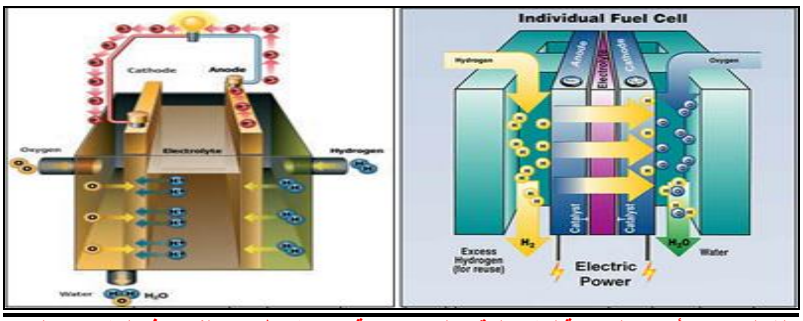
ويمكن القول بإن خلايا الوقود عبارة عن جهاز يقوم بتحويل الطاقة الكيميائية التي في الوقود إلى كهرباء بشكل مباشر من خلال بعض التفاعلات الكهروكيميائية مع خروج بخار الماء وبعض الحرارة كنواتج لهذه التفاعلات (عوادم)[144]. وتتكوّن كل خلية من خلايا الوقود من قطبين (مهبط ومصعد) بينهما مرشح (Electrolyte) بحيث يحدث تفاعل اكسدة للوقود عند المهبط (Anode) وتفاعل اختزال للعامل المؤكسد (Oxidant) عند المصعد (Cathode) ويحتوي كل من المهبط والمصعد على حفاز غالباً ما يكون بلاتين (Platinum) لتسريع التفاعل الكهروكيميائي.

---

[144] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد، تقنية النانو وخلايا الوقود، مجلة النانو، العدد الثالث، 2008 ص.26

ومن أشهر خلايا الوقود المستخدمة في السيارات خلية غشاء تبادل البروتون (PEM) وذلك لخفة وزنها وسهولة صنعها ولكن يعاب عليها إرتفاع تكلفة صنعها وذلك لإستخدامها لعنصر البلاتينيوم عالي التكلفة والذي يعمل كمادة محفزة في جسيمات نانو أخرى لتحل بديلة عن البلاتينيوم وذلك من أجل خفض كلفة إستخدام هذا العنصر ، وفي هذه الخلايا فإن الهيدروجين وتحت ضغط كبير ودرجة حرارة عالية ينتشر خلال أغشية الخلايا والتي تحتوي على العناصر المحفزة مما يؤدي إلى إنتزاع إلكترونات ذرات الهيدروجين حيث تمرر خلال دائرة كهربائية مما يولد تيار كهربائي يعمل على بدء تشغيل السيارة أو الجهاز ، أما أيونات الهيدروجين الموجبة فإنها تمر خلال أغشية خلايا الوقود التي تسمح فقط لأيونات الهيدروجين بالمرور خلال الخلية ولكن لا تسمح للذرات أو الأيونات الأخرى مثل الأكسجين بالعبور وعلية فإن ايونات الهيدروجين الموجبة والمنبعثة من الخلية تتحد مع الأكسجين المتواجد في الهواء الخارجي مكوناً قطرات من الماء وهذه الخاصية تجعل هذه النوعية من الخلايا عديمة التلوث.

وتعمل الشركات حالياً على إستخدام تقنية "النانو" لصنع أغشية أكثر كفاءة وأقل كلفة، مما سيسمح لهم بصنع خلايا وقود تدوم أطول وذات أوزان أخف وجودة عالية، ولكن ما يواجه هؤلاء الباحثين والمهتمين والشركات بأن هذه التطورات في صناعة خلايا الوقود الهيدروجينية يجب أن تتزامن مع طرق أكثر أمناً في تخزين الهيدروجين ، فتخزين كمية كافية من الهيدروجين وبشكل آمن من أكبر العقبات والتحديات التي تواجه هذه الصناعة، لذا يتطلع الباحثون في هذا المجال إلى إستخدام تقنية أنابيب "النانو" الكربونية لخزن أكبر كمية من الهيدروجين حيث تقوم هذه الأنابيب بجذب الهيدروجين وإمتصاصه بسهولة كالإسفنجة ومن ثم إعادة إستخدامه عند الحاجة. هذه التقنية توفر الآمان والمساحة الكافية لتخزين الهيدروجين.



الشكل (76) الأجهزة الرئيسية لخلايا الوقود الهيدروجينية حيث تلاحظ ان مخلفات هذه الخلايا هي المياة النقية مما يعد بطاقة ذات كفاءة ونقاء عالي

أهم مميزات خلايا الوقود التي تجعلها من أهم مصادر الطاقة:

1. الكفاءة العالية (High Efficiency) حيث يتم تحويل الطاقة في خلايا الوقود بشكل مباشر من الطاقة الكيميائية إلى الكهربائية دون الحاجة إلى المرور بالطاقة الحرارية، حيث تبلغ كفاءة المركبات التي تستخدم محرك الإحتراق الداخلي 25% من الطاقة المنتجة من تفاعل الإحتراق بمعنى أن 75% من الطاقة تفقد على شكل حرارة أما في خلايا الوقود فتصل الكفاءة الى 85%.
2. الإنبعاثات الضارة (Emissions) يمكن القول بشكل عام إن خلايا الوقود صديقة للبيئة بحيث تبلغ إنبعاثات غاز ثاني اكسيد الكربون (CO_2) من المركبات التي تعمل بخلايا الوقود صفراً في حالة إستخدام الهيدروجين كوقود، في حين تبلغ 415.49 جراما لكل ميل في المركبات العادية.
3. الصيانة والتشغيل (Maintenance & Operation) حيث تحتوي الخلايا على عدد محدود من الأجزاء المتحركة مقارنة بمحرك الإحتراق الداخلي مما يجعل عملية الصيانة تتم بشكل أسهل. إضافة إلى ذلك فإن الضوضاء الناتجة عن تشغيل خلايا الوقود أقل بكثير منها في محرك الإحتراق الداخلي.
4. تصنف خلايا الوقود على أساس:
   - ✓ نوع الوقود المستخدم
   - ✓ درجة حرارة التشغيل
   - ✓ نوع المرشح

تعتبر خلايا الوقود على أساس النوع المستخدم هو أشهر الطرق المستخدمة في هذا المجال بحيث تقسم إلى :

1. خلايا الهيدروجين (Hydrogen Fuel Cells)
2. خلايا الميثانول (Direct Methanol Fuel Cells).

تطبيقات خلايا الوقود[145]:

لقد أمكن تطبيق خلايا الوقود في مختلف المجالات لما تتمتع بقدرتها على العمل في مختلف الظروف ومن هذه المجالات الإتصالات والنقل والفضاء وغيرها، حيث تستطع خلايا الوقود إنتاج طاقة من مستوى واحد (مل واط) حتى مليون واط.

ففي **مجال الإتصالات والحاسبات** إستطاعت العديد من الشركات مثل توشيبا إنتاج أجهزة حاسب محمول (laptop) يتم تزويده بالطاقة من خلال خلايا الوقود كما تم أيضاً إنتاج أجهزة هاتف خلوي تعمل بخلايا الوقود.

---

[145] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد، تقنية النانو وخلايا الوقود، مجلة النانو، العدد الثالث، 2008 ص.28.

أما في **مجال النقل** فقد تمكنَت العديد من الشركات مثل تويوتا ومرسيدس من إنتاج العديد من المركبات الخاصة والعامة والتي تعمل بدورها بخلايا الوقود.
أما في **مجال الفضاء** فقد قامت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) عام 1960م باستخدام خلايا الوقود في برنامج الفضاء ابولو كمصدر للكهرباء والماء لرواد الفضاء أثناء الرحلة.

التحديات التي تحد من إنتشار خلايا الوقود:

1. التكلفة العالية لخلايا الوقود مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى، حيث تبلغ تكلفة إنتاج الكيلو الواحد واط في خلايا الوقود من (3000 إلى 7500) دولار، في حين تبلغ التكلفة من (35-55) دولار في محرك الاحتراق الداخلي. ويعود سبب ارتفاع الاسعار الى استخدام بعض المعادن الثمينة مثل البلاتين كحفازات في اقطاب خلايا الوقود.
2. صعوبة تخزين الهيدروجين في حالة الخلايا التي تستخدم الهيدروجين كوقود، حيث من المعروف أن ذرات الهيدروجين هي أصغر ذرات موجوده في الجدول الدوري ولتحويلها من حالة غازية إلى حالة سائلة فإنه يتطلب طاقة وجهد كبير وبالتالي زيادة التكلفة. أما عند إستخدام الهيدروجين في الحالة الغازية فإنه يتطلب حجماً كبيراً جداً لتخزينه.
3. التحدي الثالث هو في خلايا الوقود التي تستخدم الميثانول كوقود، ففي هذه الخلايا يحدث إنتقال لجزئ الميثانول من المهبط إلى المصعد ويحدث له تفاعل أكسدة بدلاً من تفاعل كهروكيميائي، مما يؤدي إلى حدوث تلف للحفازات التي على المصعد إضافة إلى عدم الإستفادة من هذا الوقود في إنتاج الكهرباء.

الإستفادة من تقنية "النانو" في مواجهة التحديات لإنتشار خلايا الوقود[146]:

1. من خلال إستخدام تقنية ومواد "النانو" أمكن تقليل كمية الحفاز المستخدم (Platinum) وزيادة الكفاءة وبالتالي تقليل التكلفة الكلية لخلايا الوقود.
2. تم وضع أشكال مختلفة من مواد "النانو" (حبيبات أو شرائح بمقياس "النانو") داخل المرشح لكي تعيق إنتقال الوقود (الميثانول) خلال المرشح.
3. قد أمكن توظيف المساحة السطحية العالية لعدد من مواد "النانو" في تخزين الهيدروجين.
4. لمواجهة التحدي الأول قام العالم كي تي جنن (K.T.Jeng) ومجموعة البحثية بصناعة مهبط مكون من حبيبات نانو (Nanoparticles) من

[146] د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد، تقنية النانو وخلايا الوقود، مجلة النانو، العدد الثالث، 2008 ص.28.

معدن البلاتين محملَة على أنابيب كربون نانوية أحادية الجدار (Single Wall Carbon Nanotubes)، وبالتالي إستطاع تقليل كمية البلاتين اللازمة لصناعة المصعد كما أستطاع زيادة الطاقة المنتجة بنسبة أعلى من 65% ، كما تمكنَت المجموعة البحثية التابعة للعالم كي اف زانج (K.F.Zhang) من صناعة مصعد وذلك من خلال إستبدال معدن البلاتين بحبيبات نانو من البلاديوم (Palladium) محمَلة على أنابيب نانو من أوكسيد الفاناديوم (Vandium Oxide Nanotubes) حيث أن ثمن معدن البلاديوم أقل من البلاتين وبالتالي قلت التكلفة الإجمالية لخلايا الوقود.

5. أما لمواجهة التحدي الثاني وهو صعوبة تخزين الهيدروجين، فقد قام العالم (S.Yamanaka) بإستخدام أنابيب الكربون النانوية كوسط لتخزين الهيدروجين بحيث إستطاع تخزين ما نسبته 8.6% من وزن العيَنة بالهيدروجين. كما قام العالم واي زانج (Y.Zhang) ومجموعته البحثية بتحضير حبيبات نانو مركب (LiBH4) وتحميلها على كربون عالي المسامية (Mesocarbon) وكانت النتيجة تخزين ما نسبته 14% عند درجة حرارة تقارب 600 درجة مئوية.
6. ولمواجهة التحدي الثالث وهو إنتقال الميثانول خلال المرشح من المهبط إلى المصعد فقد قامت المجموعة البحثية التابعة للعالم زد ليو (Z.Liu) بوضع حبيبات من أوكسيد التيتانوم (Titanium Oxide Nanoparticles) بمقاس "النانو" داخل المرشح لكي تعيق انتقال الوقود، وبالفعل فقد إستطاعوا زيادة الطاقة المنتجة بمقدار 16% وأيضا قام العالم إس دبليو شانج (S.W. Chuang) بإضافة شرائح رقيقة بمقاس "النانو" مصنوعة من السيليكات (Silica Thin Film) داخل المرشح لكي يمنع إنتقال الميثانول بحيث إنخفضت نسبة إنتقال الميثانول بنسبة تصل إلى 81% .

بالنهاية ممكن القول بإن تقنية "النانو" ساهمت في تقليل تكلفة خلايا الوقود وذلك من خلال تخفيض كمية البلاتين ، كما وساعدت في الحد من إنتقال الميثانول ، وزادت نسبة تخزين الهيدروجين.

تقنية "النانو" والطاقة النووية

- ✓ لكي نحصل على الطاقة الكافية عن طريق الطاقة النووية، فسيلزم بناء 10.000 مفاعل مولد لتوفير كمية لا تزيد عن 10 تيراوات، وتتم هذه العملية بإستخدام مفاعل المولد بصفة يومية لمدة 27 عاما.

- ✓ يكمن حل مشكلة توليد الطاقة في عمليات الإندماج النووي، وعلى الرغم من عدم حدوث أي تطور في هذا المجال حيث أن تكلفة بناء

محطات طاقة نووية مرتفعة للغاية. وأيضاً نسبة المخاطر الناجمة عن تخزين النفايات المشعة كبيرة.

✓ ولكن، هناك حل آخر يتمثل في الإعتماد على الخصائص الجوهرية لمواد "النانو" خلال عملية توليد أو توزيع الطاقة الناتجة عن محطات الطاقة النووية

تقنية "النانو" وشبكة الطاقة الذكية[147]

- لتصميم شبكة طاقة ذكية، لا بد من تطوير كابلات الطاقة، فإذا استخدمنا كابلات كهربية جديدة فائقة التوصيل، لأمكننا تغيير طريقة توليد الطاقة ونقلها. يمكن عمل ذلك من خلال ما أسماه "صمولي" بشبكة التوليد والتخزين الموزعة (Distributed storage and generation grid).
- لا بد من تغيير نظام الطاقة العالمي ليتحَول من نظام النقل الكتلي (أي نقل الفحم والنفط والغاز من مكان لمكان آخر) إلى نظام نقل سلكي (أي نقل الطاقة الكهربية عبر الكابلات).
- تعتبر مواد "النانو" مثل " أنابيب "النانو" الكربونية" وسيلة ناجحة لتطوير عملية انتقال الطاقة، ونظراً لإن هذه المواد تتمتع بالقوة والمتانة والقدرة على التوصيل الكهربي بقوة تفوق النحاس الأحمر ست مرات، فهي تعتبر أحد الحلول المثلى بالنسبة لمشكلة نقل وتوصيل الطاقة.
- كما أن حجمها متناهي الصغر، وهي ميزة تفيد المدن الكبيرة بصفة خاصة نظراً لعدم توفر مساحات كافية في باطن الأرض. ومثال على ذلك مدينة "نيويورك" تكتظ الأنفاق الأرضية بكميات كبيرة من الأسلاك النحاسية.
- تعتبر كابلات أنابيب "النانو" الكربونية صغيرة الحجم لدرجة أنها تضاف غلى أنفاق الكهرباء الحالية، فإذا زاد الطلب عن العرض، لن تضطر شركات الكهرباء إلى حفر مزيد من الأنفاق، بل ستستغل الأنفاق الحالية.
- يعتبر توليد الطاقة المحلي غاية في الأهمية، فمهما كانت الوسيلة المستخدمة لتوليد الكهرباء سواء كان ذلك بإستخدام الطاقة الشمسية أو النووية أو الحرارية الأرضية أو غيرها، علينا أن نضع في الإعتبار جميع العمليات المحتمل اللجوء إليها
- تستطيع شبكة الكهرباء القوية التي تعتمد في تكوينها على مواد "النانو" القيام بهذه العملية، وتكمن الفائدة العظمى للشبكة الذكية في أنها تتوافق مع الظروف المتغيرة كل يوم.

---

[147] ليندا ويليامز، د.واد آدمز، تكنولوجيا النانو والطاقة، ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة،2008 ص.299

مقارنة بين شبكة الكهرباء في القرن العشرين والشبكة الذكية في القرن الواحد والعشرين

شبكة الكهرباء في القرن العشرين	الشبكة الذكية
كهروميكانيكية	رقمية
اتصال أحادي الإتجاة	إتصال ثنائي الإتجاة
توليد مركزي	توليد موزع
طوبوغرافيا مركزية	شبكة عملية
بضعة مجسات	شاشات ومجسات متكاملة
غير ذاتية المراقبة	شبكة ذاتية المراقبة
إصلاح يدوي	إصلاح ذاتي
معرضة للأعطال الكهربية	قادرة على العزل والحماية التكيفية
مراجعة المعدات واللأجهزة بطريقة يدوية	مراجعة المعدات والأجهزة آليا
إستجابة هاتفية في حالة الطوارئ	آلية علاج المشكلة وفترة استخدام طويلة
إنخفاض مستوى التحكم في تدفق الطاقة	نظم تحكم شاملة
انعدام المعلومات الكافية عن الأسعار	إتاحة كل المعلومات عن لأسعار
عدم إمكانية الاختيار بحرية بالنسبة للمستخدمين	توفر خيارات متنوعة للمستخدمين

تقنية "النانو" العسكرية[148]

تقنية "النانو" العسكرية (Nanomilitary) من العلوم التي أخذت مكانة عالية، وذلك نظراً للتوسع السريع في العلوم العسكرية والأمنية الفضائية. وترجع أهمية التطبيقات المختلفة لتقنية "النانو" في المجالات العسكرية والأمنية والفضائية نظراً للتطوّر السريع في التكتيك العسكري والأمني والفضائي، بالإضافة إلى سباق التسلح وإمتلاك الفضاء، والبحث عن موارد جديدة يمكن الإستفادة منها لتقليل التراسانات العسكرية الهائلة للأسلحة والتقليل من الإنفاق العسكري والفضائي، والبحث عن أسلحة أكثر كفاءة ودقة وأقل تكلفة، وذات أحجام صغيرة تؤدي الغرض المطلوب ولا تحتاج إلى مستودعات ضخمه لتخزينها. هذا التطوّر التقني الدقيق لم يعد سراً من الأسرار العسكرية، فالقوى العظمى تتنافس في السيطرة والهيمنة على العالم.

في مجال تقنيه "النانو" العسكرية (Nanomilitary) فإن التخيلات العلمية والبحثية تعتبر الأساس في البحث والتقصي والإستنباط لمختلف فروع السلاح العسكري، والذي يدخل ضمن السلاح العسكري للقوات البريَة والبحريَة والجويَة والدفاع الجوي. تعتبر **طائرة الشبح** على سبيل المثال، مثالاً واضحاً لتلك التخيَلات والتي من المتوقع أن يتم تطويرها استناداً إلى

[148] تقنية النانو العسكري، http://ksu.edu.sa

تقنية "النانو" ليتم معها أيضاً إنتاج غواصات صغيرة الحجم ذات مقاومة عالية للصدمات الحرارية والميكانيكية المختلفة، بالإضافة إلى طائرات وسفن بحرية دقيقة الحجم ذات سرعة فائقة تستوعب أعدادا كبيرة من العتاد والمؤن والجنود.

في مجال السلاح العسكري، فإن المستقبل القريب قد يبشر بولادة تقنيات لأسلحة ومعدات عسكرية لا تخطر على البال، حتى على المختصين في الشؤون العسكرية، ومنها على سبيل المثال طائرات التجسس صغيرة الحجم، بحجم الكف، والتي تحتوي على جزيئات من مختلف تراكيب ومواد "النانو" تستطيع إختراق الرادارات ويمكن نصبها في أي موقع وبأقل التكاليف، كما يمكن حملها مثل لعب الأطفال لتكون عالماً جديداً من عوالم الجاسوسية. كما يمكن أيضاً تجهيز مسدسات ومتفجرات وقنابل متعددة الأهداف والإستعمالات حسب الطلب وبأقل التكاليف من المواد والجزيئات الدقيقة تمتاز بكونها فتَّاكة ومتناهية الدقة وصغيرة الحجم ومتعددة الأغراض.

بخصوص العتاد والمؤن والتجهيزات العسكرية ومنها على سبيل المثال، المباني، والمعسكرات، والخيام، ومعدَات التموين العسكري المساند، مثل المستشفيات، والمطابخ، والمكاتب الثابتة والمتنقلة، والملاعب، والمسابح، فهذه أيضاً سوف يتم تطويرها وبناؤها على تقنيات "النانو" المختلفة، حيث سيكون لدينا مباني ومنشآت وخيام مقاومة، كما يمكن تحويرها ليتم إستخدامها بكفاءة في فصل الصيف والشتاء ودون الحاجة إلى المكيفات الحارة والباردة، ومولدات الكهرباء الضخمة وعالية التكاليف والتي تشغل حيَز كبير. كما يمكن توليد المياه من خلال مولدات دقيقة الحجم، إلى مياه حارة وباردة لتلائم إحتياج الجندي في موقع القتال.

بالأمس القريب كانت لدينا أسلحة الدمار الشامل (General Weapons Destroyed)، والتي تتضمن السلاح البيولوجي (Biological Weapons)، والسلاح الكيميائي (Chemical Weapons) ، والسلاح النووي (Nuclear Weapons)، وذلك لإنتاج أسلحة فتاكة ذات تأثير فعال سريع. ثم تطوّر الأمر ليصبح لدينا خليط من السلاح أكثر ضراوة يجمع بين الأسلحة الثلاثة السابقة، وقد تم للقوى العظمى ذلك مما أذهل العالم من خطورة ذلك الناتج العجيب. واليوم تم الإنتقال تماماً من تلك الأسلحة التقليدية حديثة العهد إلى السلاح المعتمد على تقنيه "النانو".

منذ أن تم إنتاج السلاح البيولوجي، ومنها على سبيل المثال الجمرة الخبيثة (Anthrax) والتي تسببها بكتيريا Bacillus anthracis والطاعون (Plagya) والذي تسببه البكتيريا Pasterella pestis، والمطر الأصفر والذي تسببه الفطرة Pencillium sp. وفيروسات الحصبة، وشلل الأطفال، والغدة النكفية، والذي تم إطلاقه بواسطة العديد من تقنيات السلاح المختلفة.

وعودة للسلاح البيولوجي، فإن الأنظار تتجه في الوقت الراهن إلى إستنباط العديد من الأسلحة البيولوجية ذات الصفات الخارقة الخطيرة والتي تعتمد على تقنية "النانو" الحيوي (Biological Nanoechnology) نظرا لتوفر مقومات ذلك السلاح في الطبيعة، والقدرة على تطويع النظام الحيوي الميكروبي لمختلف الأبحاث التطويرية لتقنية "النانو". وفي هذا المجال فإن من أهم التخيلات العلمية في هذا المجال طرق الدفاع متناهية الصغر (Nanodefinc Methods) .

في هذا المجال فقد أمكن تطوير أبحاث للمقاومة الميكروبية متناهية الصغر (Nanomicrobial Control) وذلك بإنتاج مضادات ميكروبية متناهية الدقة (Nanoantimicrobial) أسهمت بشكل فعال في الحد من الإصابة الممرضة بالكائنات الحية الدقيقة. وقد تم بالفعل تطوير مضاد حيوي متناهي الصغر أطلق عليه مضاد "النانو" (Nanobiotic) والذي تم تطويره للتأثير على الخلايا البكتيرية، حيث تتجمع المركبات على هيئة أنابيب متناهية الدقة تستطيع إختراق خلايا العائل البكتيري، ومن ثم إيقاف نشاطه التكاثري. كما أن جزيئات "النانو" الفضية Silver Nanoparticles) تعد صورة من صور المقاومة الميكروبية للسلاح البيولوجي، حيث أمكن في هذا المجال، على سبيل المثال، إستخدام أكاسيد الفضة ودمجها مع بعض جزيئات "النانو" لإنتاج مضادات حيوية ، الأسلحة عالية الدقة (High Finess Weapons) في الوقت الراهن، ومنها على سبيل المثال الصواريخ الموجهة المضادة للدبابات، وقذائف الهاون عالية الدقة، والصواريخ الموجهة (جو- جو) و(جو- أرض) والصواريخ المضادة للرادار (جو- أرض)، والقنابل الجوية الموجهة، وصواريخ الدفاع الجوي، والصواريخ الموجهة والمضادة للسفن (سفينة- سفينة) و(شاطئ- سفينة)، وأنظمة التوجيه التلفزيوني، وأنظمة التوجيه الحراري، وأنظمة التوجيه بالليزر، وأنظمة التوجيه الرادارية، وأنظمة التوجيه الترابطية، ونظام التوجيه القائم على قياس ارتفاع طيران الصواريخ، تعتبر في الوقت الحالي أسلحة ذات كفاءة متناهية الدقة. ويمكن القول بأن المستقبل القريب سوف يفتح مجالا خصبا لتقنية "النانو" لتطويرها وتحويلها من تراسانات ومستودعات ضخمة إلى أسلحة متناهية الصغر وذات أحجام لا يمكن بأي حال من الأحوال تصور قدرتها في الفتك والدمار. إن المجال خصب أيضاً للإستفادة من مركبات "النانو" المختلفة مثل أنابيب وأعمدة وشرائح "النانو" في صناعة تلك الأسلحة.

كشفت مواقع القتال للحروب السابقة أن هناك العديد من الإحتياجات التي يحتاجها الجندي في ميدان القتال حتى يستطيع المقاومة لفترات طويلة، فالأحذية والملابس والخوذ والجوارب الحالية، على سبيل المثال، قد تكون عبئاً على الجندي، من حيث ثقل الوزن، ومن هنا فإنه يمكن الإستفادة من تقنية "النانو" في صنع متطلبات الجندي من مواد متناهية الدقة وذات أحجام

صغيرة مقاومة للحرارة وغير منفذة للماء، بالإضافة إلى إنتاج البطاريات، وأجهزة الإتصال طويلة الأمد، والأقلام، والمعدات الحربية والعسكرية التي يحتاجها الجندي داخل ميدان القتال.

يقوم حالياً الجيش الأمريكي بتطوير العديد من التقنيات المختلفة إستناداً إلى تقنية "النانو" ليستفيد منها الجندي، ومنها على سبيل المثال، ملابس الميدان والتي تحتوي على ألياف دقيقة متناهية الصغر تحتوي على جميع المتطلبات مثل الأقلام، وأجهزة الإتصال، بالإضافة إلى كونها متعددة الألوان للتمويه العسكري والقتالي، كما تسمح له بالنوم والتحرك بسهولة، وتتحكم في درجات الحرارة صيفاً وشتاءاً وذات قدرة على مقاومة أسلحة الدمار الشامل المختلفة (البيولوجية، الكيميائية، والنووية) والرصاص، والقذائف المتنوعة.

عن طريقة تقنية الجزيئات متناهية الدقة والصغر يمكن تطوير العديد من أجهزة نزع الألغام، والمواد المتفجرة والكشف عنها، والتي تمتاز بكونها ذات أحجام صغيرة ويمكن حملها بسهولة في ميادين القتال يطلق عليها (Nanoroborts)، والتي يمكن من خلالها أيضاً تفتيش مواقع القتال، والأماكن المشبوهة من قبل الإرهابيين، بالإضافة إلى إمكانية إستخدامها، لدقة حجمها، في تدمير مخازن الأسلحة، ومواقع الطائرات، والرادارات، والدوائر الكهربائية، والإلكترونية، وإيقاف أوامر التشغيل للعديد من الأجهزة الحساسة.

من أكثر الخيالات العلمية، والتي يمكن الإستفادة منها في جوانب التقنية العسكرية، مضادات القتال المختلفة، والتي يمكن من خلالها التقليل أو الحد من المسببات المرضية، ومنها على سبيل المثال القنبلة الكيميائية الذكية، والتي تستطيع اختيار ضحاياها حسب التركيب النسيجي لبصمة حيوية معينة، وذلك من خلال تحديد جيش العدو.

تتسارع عجلة تقنية "النانو" في الإستخدام العسكري مما دعى نائب رئيس قيادة الأركان في الولايات المتحدة الأمريكية إلى القول بأن تسارع تلك الخطوات تجعلنا غير قادرين وغير مدركين وغير مستعدين لها، كما أضاف بأن الإستخدامات العسكرية متناهية الدقة سوف تكون بشكل أكبر من الأسلحة النووية، استناداً لتغيير موازين القوى جذريا.

تتطلع الولايات المتحدة الأمريكية من خلال المستشار الأمريكي للاتحاد العالمي للجامعات (The American Councel for the United Nation University, ACUNU) إلى فهم أكثر لجهد هذه التقنية في المجالات العسكرية. يجري المعهد العسكري لتقنيات "النانو" (The Institute for Solider Nanotechnology) العديد من الدراسات والأبحاث بهدف تحقيق تقدم بخصوص سلامة وأمن وحياة الجندي. والذي سيلعب دورا بارزا في تحقق المزيد من التطور الحديث للأجيال العسكرية في مجال الزي والتجهيزات، وذلك ما يسعى إليه الغرب للاستفادة من تقنية "النانو"، وخصوصا الولايات

المتحدة الأمريكية، والتي سخرت جهودها وبذلت الأموال الطائلة لتحقيق أهدافها العسكرية، بغرض بسط السيطرة والهيمنة، وكان بالإمكان الاستفادة من ذلك لصالح البشرية وبما يحقق الأمن لجميع شعوب العالم.

كشفت القوات الأمريكية في العديد من المؤتمرات واللقاءات المنافع والفوائد التي تبحث عنها من خلال تقنية "النانو" في المجال العسكري، خصوصا في المؤتمر الذي عقد في (Nano TX USA '08)، حيث ركز المحاضر (DR. Jacob Staniley, 2008) على الاستفادة من الفلورين (Fullerne, C60) والذي تم اكتشافه عام (1980)، وهو عبارة عن كرة مجوفة ذات أبعاد متناهية الدقة مكونة من (60) ذرة من الكربون، بالإضافة إلى أنابيب "النانو" المتعددة والمفردة ذات الجدار الكربوني (Multi and Single-Walled Carbon Nanotubes)

تطبيقات "النانو" في الأغذية والمشروبات

لقد دخلت تقنية "النانو" في الأغذية والمشروبات إذ أن العديد من الأطعمة أصبحت تحتوي على مكونات طبيعية بحجم "النانو" تتم معالجتها طبيعيا. وتم تطوير آلية جديدة مكّنت شركات الأغذية من إدخال روائح ونكهات جدية ودعمت أيضاً بعض أنواع الغذاء بالفيتامينات والمعادن التي تعطيها خصائص صحية.

ومن التطبيقات الأخرى في مجال صناعة الأغذية إختراع أنواع جديدة من السطوح المقاومة للبكتيريا والمصفيات التي تزيل السموم والتعليب الآمن ضد التلوث أو الذي يتغير لونه عند حدوث أي تلوث.

ماهية الأغذية النانوية[149]؟

هو مصطلح ناشئ لم يجد طريقه بعد بالمعاجم اللغوية وهو يعني تلك الأطعمة أو المنتجات الغذائية التي يتم إعدادها أو معالجتها في أي مرحلة من مراحل إنتاجها المختلفة، بداية بزراعتها، تأهيلها، تجهيزها ونهاية بتعبئتها ثم حفظها، بإستخدام تقنيات تكنولوجيا "النانو" المتنوعة. لذا، فإن طرق تصنيع الغذاء على «الطريقة النانوية» تشمل كل العمليات الكيميائية، الفيزيائية والبيولوجية الرامية إلى تحسين جودة الغذاء وخفض محتواه الضار، وذلك من خلال التحكم في بنية وتركيب مكوناته الأساسية وذلك على المستوى الجزيئي Molecular Level. ويعبِّر هذا المصطلح في نفس الوقت عن جميع العمليات الخاصة المتعلقة بإضافة ذرات وجزيئات لعناصر ومركبات أخرى إلى مادة الغذاء الرئيسية بهدف زيادة توازنها وتكاملها، مع الحفاظ على ما تتميز به من مذاق ونكهة ورائحة محببة ومرغوبة.

[149] محمد الاسكندراني، التغذية وتكنولوجيا النانو،مجلة العربي العدد ديسمبر2010

الوضع الحالي للأغذية النانوية

كما تحدثَت سابقاً، فإن مصطلح الأطعمة النانوية هو مصطلح حديث وجد مكانه بين المصطلحات التقنية التي تحتكرها تكنولوجيا "النانو"، مثل الطب النانوي، الإلكترونيات النانوية، الحسَاسات النانوية وغيرها من مصطلحات علميَة وفنَية حديثة نشأت عن تطبيقات تكنولوجيا "النانو" المتقدمة في المجالات الحياتية المتنوعة ومن الجدير بالإشارة هو تزايد إستخدام هذا المصطلح خلال السنوات الخمس الماضية فأصبحنا نجده على معلبات الكثير من المنتجات والمكملات الغذائية التي تفيد بأنها أُنتجت بواسطة «تقنيات تكنولوجيا "النانو"». ورجوعًا إلى تنوع أصناف وإستخدامات تلك الأغذية المتقدمة التي تُلقب اليوم بالأطعمة المبتكرة، ونلاحظ إلى أن عدد أصناف الأغذية النانوية قد تضاعف خلال السنوات الخمس الأخيرة، حيث إزداد عددها من مجرد 700 مُنتَج في عام 2006م إلى أكثر من 2500 منتج في عام 2009م، تقوم بإنتاجها أكثر من 650 شركة على مستوى العالم. لذا فلم يكن من الغريب أن تتضاعف حصيلة المبيعات المتعلقة بهذا القطاع من 7 مليارات دولار في عام 2006م إلى ما يربو على 20 مليار دولار في نهاية العام الماضي.

الشكل (77) مكنت تكنولوجيا "النانو" الشركات العاملة في إنتاج المواد والسلع الغذائية من تقديم أنواع مختلفة من المخبوزات، الحلوى والأيس كريم وأصناف مختلفة من الصلصلة، منخفضة السُكريات والدهون

والسؤال الذي قد يطرح نفسه هنا هو كيف يمكن لتكنولوجيا "النانو" القيام بهذا الدور الخاص بإتاحة أصناف متعددة من الأطعمة الشهية، جيدة المذاق خالية من «المحظورات» التي دائما ما ينبهنا إليها أطباء التغذية؟

بعض الأمثلة المهمة المُطبقة بتكنولوجيا "النانو"

المكملات الغذائية النانوية

تندرج تلك المكملات وكذلك الإضافات الغذائية النانوية التي يتناولها الكثير منا والمحتوية على إضافات لمواد نانونية لعناصر فلزية حرة مثل الحديد، الزنك، وكذلك الكبسولات الجيلاتينية نانونية المسام المحتوية على تركيزات عالية من زيوت الأسماك الشهيرة الأوميجا 3 Omega 3 ومواد الإنزيمات المصاحبة لها، التي تعمل على تشغيل تلك الإنزيمات بكفاءة ويسر مثل «Q10»، وغيرها ضمن الأغذية النانوية. وتتألف المواد النانوية المُراد إضافتها إلى الأغذية من هياكل جزيئية لهيدريدات السيليكا المؤلفة من حبيبات نانونية تتدنى مقاييس أقطارها إلى نحو 5 نانومترات.

وإذا ما نظرنا إلى آلية عمل حبيبات مضادات الأكسدة النانوية سوف نجد أنها تعتمد على ما تتمتع به تلك الحبيبات النانوية من تدني مقاييس أحجامها وبالتالي زيادة مساحة أسطحها، الأمر الذي يؤدي إلى تعاظم قدرتها في امتصاص الرطوبة، وهذا يعمل على تنشيط انطلاق وتحرر أيونات غاز الهيدروجين منها لتقوم بدورها كمضادات قوية للأكسدة. ومثال آخر هو تلك المشروبات الغذائية المعروفة باسم «المشروبات الصحية Healthy Drinks» التي يُضاف إليها حبيبات عنصر الحديد التي تقل أقطارها عن 300 نانومتر والتي يُستفاد من تدني صغر أحجامها في سهولة إمتصاص خلايا الجسم لعنصر الحديد والتفاعل السريع معه على مستوى الخلية الأحادية من الجسم. وليس بالضرورة اللجوء إلى تناول تلك المشروبات عادة ما تكون مرتفعة الثمن فقد فطن العلماء إلى أن الحبيبات النانوية المُخلقة لفلز الحديد يُمكن إضافتها إلى أنواع الدقيق المختلفة المستخدمة في صناعة مختلف المخبوزات والحلويات، دون أن يكون لهذا أية آثار سلبية تنعكس على مذاق ورائحة المُنتج. وهناك العديد من الأمثلة الخاصة بتخليق عناصر المواد الفلزية المهمة الأخرى مثل السيلينيوم، الزنك، الكالسيوم، الماغنسيوم وغيرها وتوظيفها كمكملات غذائية فعالة وقد اشتُهرت إحدى الشركات المُنتجة للشاي الأخضر بتسويقها لمنتج جديد منه تم تحسينه عن طريق إضافة حبيبات نانونية مؤلفة من عنصر السيلينيوم، مما يعزز من الفوائد الصحية الناتجة عن إمتصاص ذلك العنصر المهم بسهولة ويسر.

تخليص الغذاء من عناصره الضارة

نجحت أخيرًا إحدى الشركات الألمانية الكُبرى المتخصصة في إنتاج وتعبئة اللحوم المحفوظة في إبتكار كبسولات مسامية مصنعة من غرويات Colloids متدنية الأحجام تقل أبعاد أقطارها عن 30 نانومتر، يتم تعبئتها ببعض الفيتامينات المهمة مثل «ج، هـ» لتضاف إلى مُنتجات تلك اللحوم بغرض رفع قيمتها الغذائية ودون أن يفطن المستهلك إلى وجودها. وفي الإطار نفسه، يجري إستخدام بعض الأحماض الدهنية الآمنة كمواد حافظة

لمنتجات اللحوم المحفوظة حيث توضع داخل نفس الكبسولات السالف ذكرها، مما يضمن المحافظة على المنتج وثبات ألوانه.

وتقوم منذ فترة وجيزة بعض من شركات الأغذية المحفوظة في أوربا بإنتاج أنواع خاصة من الصلصة المعروفة بالمايونيز Mayonnaise، تحتوي على نسب ضئيلة من الزيوت والمواد الدهنية، مع الحفاظ على المذاق المعروف عنها، وعدم المساس بخواصها التقليدية المتعلقة بالشكل، القوام واللون. وترتكز طريقة الإنتاج هنا على أن تُستبدل بقطرات الزيوت والشحوم التي تدخل في صناعة المايونيز قطرات من الماء يتم التحكم في خواص أسطحها الخارجية بحيث يتم تغليفها بطبقة زيتية رقيقة نانونية السُمك. وبديهيًا، فإن قطرة الماء الواحدة المؤلفة من عدة مليارات من جزيئات H2O توفر عددًا ضخمًا من مساحات أسطح هائلة لتلك الجزيئات المُغطاة بطبقات رقيقة من الزيوت، مما يعني استخدامًا أقل للمواد الدُهنية وانخفاض تركيزها.

الشكل (78) صورة تُمثل احدى العبوات الغذائية المصنعة من متراكبة البلمرات المدعمة بحبيبات نانوية من الكربون. وتظهر في الصورة المادة الغذائية الطازجة بعد أن تم تغليف عبوتها بغطاء رقيق شفاف مصنوع من مادة البلمر جرى تدعيمه بحبيبات من ثاني أكسيد التيتانيوم

كما ظهر حديثًا أيضًا في الأسواق أنواع من زيوت الطعام تتمتع بإنخفاض نسبة الدهون الضارة بها، حيث يتم إضافة حبيبات نانونية إليها تعمل على تغطية الأسطح الخارجية لجزيئات الدهون الهيدروكربونية المكونَة لها وتغليفها بأغشية رقيقة وذلك بغرض «حبسها» داخل تلك الزنزانات النانوية وإعاقة خلايا الجسم من إمتصاصها.

ولم تكن تكنولوجيا "النانو" في غيبة عن التصدى لأعداء صحة الإنسان التقليديين مثل الملح والسكر المعروفة «بالسموم البيضاء». ولعل توافر حبيبات نانونية الأحجام من تلك المنتجات يمثل خبرًا سارًا يُسعد الكثيرين من محبي المذاقين؛ الحلو والحاذق. لكن، كيف يتأتى هذا؟ والإجابة ببساطة ترجع إلى المبدأ الرئيسي الذي ترتكز عليه فلسفة تكنولوجيا "النانو"

وهو «تصغير أحجام المواد»، حيث إن تصغير مقاييس الحبيبات البلورية من كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) إلى نحو 10 نانومتر، يؤدى إلى زيادة مساحة أسطحها التي تلامس السطح الخارجي للسان داخل الفم، وبالتالي فإن هذا يؤدي إلى زيادة إحساسه بالمذاق «الحاذق» لتلك الحبيبات. وهذا يعني أنه في الإمكان إضافة « 4/1» الكمية التي ألفنا إضافتها من الملح إلى طعامنا، وذلك دون أن نشعر بأي تغير يُذكر في المذاق. وبإتباع الأسلوب نفسه، يتم تصغير أحجام حبيبات السكر والتحكم في مقاييس أبعاد أقطارها، كي تُستخدم في صناعة الحلويات التي تتسق مع مرضى السكر أو مع أولئك الذين يتبعون برامج غذائية خاصة.

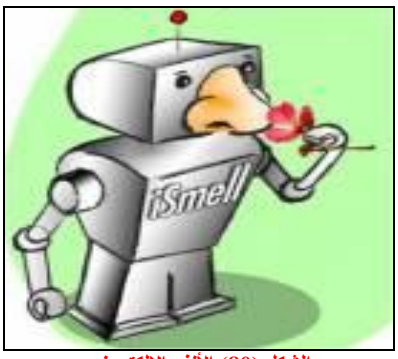
وحديثًا، لبت تكنولوجيا "النانو" مطلب الكثيرين من عشاق المشروبات الغازية وذلك عندما قامت إحدى الشركات البلغارية الشهيرة بإنتاج أقراص مضغ مكونة من مادة هلامية تشبه مكعبات الثلج الصغيرة تحتوي على بلورات نانونية الحجم تقبع بداخلها فقاعات تتراوح أبعادها مابين 1- 10 نانومتر من غاز ثاني أكسيد الكربون «الفوار». ومع إضافة المذاق الخاص بالمشروب الغازي المفضل إلى تلك الأقراص الهلامية يشعر من يقوم بتناولها بأنه يشرب عبوة مشروبه المحبب الفوار.

ويمكن أيضاً الإستفادة من تقنية "النانو" في الكشف عن مدى صلاحية الغذاء وذلك بالكشف عن الجراثيم الضارة التي يمكن أن توجد في الغذاء و ذلك بإستخدام تقنية فريدة تدعي "محسسات "النانو" nano-sensors "هذه محسسات "النانو" يمكن أَن تكتشف الغازات التي تنبعث من الغذاء الفاسد، ومن تطبيقاتها انها توضع على التغليف او الغذاء كمراقب جودة فيعطي اشارة كتغير اللون لإنذار المنتجِ أَو المستهلك بفساد المنتج او تلوثه، ومن مميزاتها انها رخيصة الثمن و سريعة النتيجة حيث يمكن بها منع وصول الاغذية الفاسدة والملوثة للأسواق المركزية. وفيما يلي سوف نتعرف على نوعين من محسسات "النانو" الإلكترونية التي تستخدم في الكشف على جودة المنتج الغذائي، وهما 1. الأنف الإلكتروني 2. واللسانِ الإلكتروني، حيث أن لهما القدرة على كشف أسباب فساد الأغذية ومعرفة تلوث وتحلل الأطعمة.

الشكل (79) "النانو" غذاء مصطلح يطلق على المنتجات الغذائية التي أستخدم في أنتاجها تقنية "النانو"

أولا: تقنية الأنف الإلكتروني

الأنف الإلكتروني e-nose عبارة عن أداة تعمل على تمييز المكونَات الخاصة للرائحة وتحلل تركيبها الكيميائي لمعرفة مكوناتها، فهو يحاكي بذلك أنف الإنسان، فهو يتميز إي الأنف الإلكتروني بحساسية عالية للإشتمام ويمكن أن يتتبع الروائح بدقة تصل إلى مستويات جسيمات "النانو". هذه الأنوف الإلكترونية ليست تقنية جديدةَ وإنما هي موجودة منذ عدة سنوات وكانت تستعمل أصلاً في تطبيقات مراقبة الجودة في الغذاء والشراب وصناعات مستحضرات التجميل. وعلى أية حال فإن الأنف الإلكتروني كبير الحجم وغالي الثمن، ولكن تعكف حالياً دراسات وأبحاث لتحسين صناعة الأنف الإلكتروني الجديد بإستخدام تقنية "النانو" وتطويره مما يجعله أصغر حجماً وأقل تكلفة مع حساسية أكبر، وهذا المنتج المحسن يمكن أن يستعمل لإكتشاف روائح معينة متعلقة بالأمراضِ لتسهيل التشخيصِ الطبي وايضاً كشف التلوث وتسرب الغاز للحماية البيئية.



الشكل (80) الأنف الإلكتروني

ثانيا: تقنية اللسان الإلكتروني

إن تقنية اللسان الإلكتروني e-tongue مشابهة وبشكل كبير لتقنية الأنف الإلكتروني، فهو يحاكي أيضاً اللسان الإنساني، لكنه أكثر حساسية في تمييز النكهات التي في الأطعمة، فمحسسات اللسانِ الإلكترونية يمكن أن تكتشف المواد بدقة تصل إلى الجزء لكل تريليون ويمكن أيضاً أن تستعمل داخل أغلفة المواد الغذائية حيث يمكنها أن تعطي إشارة تحذير تظهر بشكل تغير في اللون لكي تنذر المستهلك إذا كان الغذاء ملوث أو إذا بدأ يفسد. ويتوقع الباحثون في مجال علوم الغذاء بأن اللسان الإلكتروني المعتمد على تقنية "النانو" سيصبح له تطبيقات حيوية هامة في مجال صناعة الغذاء. و كمثال على ذلك، فإنه يمكن الصاق لسان إلكتروني في رزمة اللحم فيعطي إشارات ملونة كدلالة على مدى صلاحية الغذاء للمستهلك. وبالنظر في صناعة اللسان الإلكتروني فإنه يتركب من رقاقات سيلكون مصفوفاً عليها محسسات نانو "خرزات" حيث تستجيب كل خرزة لطعم أو نكهة معينة، وهذه المحسسات

المختلفة والدقيقة للسانِ الإلكتروني مشابهة بشكل كبير لحليمات الذوق في اللسان الإنساني. حيث يستطيع اللسان الإلكتروني أن يتحسس ويستجيب للأذواق المختلفة كالحلو والحامض والمالح وبطريقة مماثلة لعمل حليمات الذوق في لسان الإنسان، إلى جانب هذه التطبيق الهام فإن شركات الأغذية وبإستخدام الإمكانيات المذهلة للسانِ الإلكتروني تستطيع أن تطور مكتبة رقمية من الأذواقِ بحيث يتم فيها تجميع البيانات التي تتضمن الأذواق التي أثبتت شعبيتها عند المستهلك مما يسهل صنع اغذية و مشروبات مستحبة للمستهلكين.

معالجة أسطح أدوات الطهي

لتكنولوجيا "النانو" دور بارز في المحافظة على «نظافة» الأدوات المُستخدمة في عمليات تجهيز ومعالجة الأطعمة، وتخليص أسطحها من التراكم البكتيري وذلك في كل المراحل الإنتاجية المختلفة للغذاء. وقد استفاد قطاع الأغذية من مُنتجات حبيبات فلز الفضة الحرة التي تقل أبعاد أقطار حبيباتها عن 10 نانومتر والتي يجري توظيفها لتكون بمنزلة غطاء فلزي رقيق يُستخدم في طلاء أدوات قطع الأطعمة وكذلك أدوات الطهي والمائدة. وقد أحتكرت إحدى الشركات الكورية الشهيرة المتخصصة في مجال تصنيع الأجهزة الإلكترونية والكهربية طريقة فريدة لطلاء الأسطح الداخلية للثلاجات المنزلية بطبقة رقيقة من الفضة التي أظهرت قدرة فائقة في مقاومة التكاثر البكتيري وقتل الميكروبات، مما يضمن إطالة زمن حفظ الأطعمة والمنتجات الغذائية داخل الثلاجات وعدم تعرضها للتلف.

وكما يعلم القارئ الكريم، فإن حبيبات فلز الفضة النانوية تتمتع بشراهة عالية في التفاعل الكيميائي، وذلك بسبب تضاعف أعداد وجود ذراتها الحرة على الأسطح الخارجية لحبيباتها، مما يساعدها في التحول إلى أيونات فضة شديدة الفتك للبكتريا والميكروبات.

تغليف وتعبئة الأغذية[150]

تعد تطبيقات تكنولوجيا "النانو" في تعبئة وتغليف المواد الغذائية، أحد أهم المُخرجات التقنية المتقدمة في قطاع الصناعات الغذائية، حيث يتم حتى يومنا هذا تعبئة، تغليف وحفظ أكثر من 600 منتج غذائي بواسطة تقنيات تلك التكنولوجيا. وتُقدم تكنولوجيا "النانو" فئة جديدة من المواد المتراكبة Nanocomposites والتي يتم فيها «تسليح» البلمرات المستخدمة في التعبئة والتغليف عن طريق «تطعيمها» بحبيبات أو أنابيب نانونية Nanotubes تتمتع بخفة الوزن والمتانة العالية. وهذا يؤدي إلى تحسين الخواص الميكانيكية للعبوة وزيادة قوتها وتحملها للأحمال والإجهادات

[150] التغذية وتكنولوجيا النانو، الطعام على الطريقة النانوية - منتديات الهندسة نت http://www.alhandasa.net

الخارجية التي تتعرض لها أثناء عمليات النقل والتخزين. وبالإضافة إلى هذا فإن تلك المواد النانوية المُضافة إلى العبوة تعمل على إنقاص أوزان العبوات الغذائية بنحو يتراوح من 2% إلى 8% وتعد الحبيبات النانوية للكربون، وأكاسيد الفلزات بالإضافة إلى أنابيب الصلصال (الطَفل) وأيضًا أنابيب الكربون النانوية المواد الأكثر استخدامًا في هذا الغرض.

وبالإضافة إلى توظيف تكنولوجيا "النانو" في مجال حفظ المنتجات الغذائية السابقة الإعداد أو الطهي، فهي تستخدم أيضًا في حفظ المواد الغذائية الطازجة مثل اللحوم بأنواعها، الفواكه والخضراوات، المخبوزات، منتجات الألبان والوجبات الطازجة السابق إعدادها وذلك عن طريق تغليفها بأفلام رقيقة من البلمرات الشفافة التي لا تزيد سماكتها على 5 نانومتر، حيث يُدمج بها حبيبات أو أنابيب نانونية تعمل على غلق مسامها بهدف منع وصول الرطوبة إلى الغذاء الطازج الموجود داخل العبوة. وبالإضافة إلى دور تلك الحبيبات في تحسين قدرة أفلام التغليف لمقاومة درجات الحرارة العالية المحيطة بالعبوة والصمود أمام أخطار التلوث الإشعاعي، فإنها في الوقت نفسه تقوم بتفويت الفرصة أمام غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون من التسرب داخل العبوة. وغني عن البيان، فإن حبيبات وأنابيب المواد النانوية تعمل على تقوية الأفلام ووقايتها من التمزق أو التلف أثناء التداول.

وقد نجحت بعض الشركات المتخصصة في إنتاج مواد العبوات الغذائية بالولايات المتحدة الأمريكية واليابان خلال الفترة الأخيرة الماضية في إنتاج أفلام نانونية مضادة للأكسدة تتألف من مواد آمنة وغير سامة مثل ثانى أكسيد التيتانيوم الثنائي TiO_2، أكسيد الزنك الأحادي ZnO وأكسيد النحاس الأحادي CuO، يتم توظيفها في تغليف الأسطح الخارجية للمنتجات الغذائية الطازجة مباشرة بدون الحاجة إلى إزالتها عند تناول الأطعمة المُغلفة بها. وتتميز تلك الأفلام الرقيقة بقدرة عالية على مقاومة ودحر الميكروبات التي دائمًا ما تتراكم على الأسطح الخارجية للمنتجات الغذائية الطازجة.

وفى السياق ذاته، فقد تم خلال السنوات الثلاث الماضية تسخير تكنولوجيا "النانو" في إنتاج أنواع متقدمة من القوارير البلاستيكية المستخدمة في حفظ عدد ضخم من الأطعمة، السوائل الغذائية والمشروبات الغازية، لتُستخدم كبديل عن القوارير الزجاجية التقليدية. وتتفوق تلك القوارير الجديدة على نظيرتها المصنعة من الزجاج بمتانتها وعدم تعرضها للكسر أثناء عمليات النقل والتداول. كما تُتيح تلك القوارير التي يتم تقويتها عن طريق إضافة أنابيب وحبيبات نانونية من الصلصال إليها، بالقدرة على الاحتفاظ بمحتواها الغذائى السائل دون تلف، وذلك لمدد زمنية طويلة تصل إلى 18 شهرًا.

ولا يقتصر دور الحبيبات النانوية المُضافة إلى مواد العبوات الغذائية على ما سبق ذكره فحسب، بل إنها تؤدي في الوقت ذاته دورًا مهمًا آخر حيث

إنها تعمل كحساسات نانونية Nanosensors تُوظف لمراقبة سلامة المنتج الغذائى المُغلف وبيان صلاحيته. وتُعد الحساسات المكونة من حبيبات نانونية الأحجام من أبسط وأرخص الأنواع الكاشفة عن حالة المنتج الغذائي المعبأ وسلامته. ويتم كذلك استخدام تلك الحساسات البسيطة في اكتشاف أية تغيرات قد تطرأ على الغذاء المحفوظ في الحاويات الخاصة بتبريد الأطعمة والمواد الغذائية، وكذلك داخل أماكن عرضها ومنافذ البيع والتوزيع.

وتعتمد فكرة عمل هذه الفئة من الحساسات في إكتشاف وجود الأنشطة البكتيرية والميكروبية على التغير التدريجى الطارئ على ألوان حبيباتها. ونظرًا لما تتمتع به الحبيبات المُكونة لتلك الحساسات بمساحة أسطح كبيرة، فإن هذا يجعل منها مُستشعرات شديدة الحساسية تعمل عند أقل تركيزات بكتيرية أو ميكروبية. هذا وتُضاف إلى حبيبات الحساسات النانوية حبيبات أخرى فائقة النعومة تقوم بمقاومة الأنشطة البكتيرية ومقاومة الأكسدة، مما يزيد من مدد صلاحية المُنتجات الغذائية وبقائها على أرفف منافذ البيع دون تلف.

وهناك أنواع أخرى متقدمة من الحساسات البيولوجية Biosensors التي تتألف من أنابيب الكربون النانوية، حيث يسبب تصاعد الأبخرة الغازية الناتجة عن تلف الغذاء داخل العبوة في تغيير الموصلية الكهربية لتلك الأنابيب فائقة الحساسية والتى يتم ترجمتها إلى إشارات إلكترونية يتم تضخيمها لتُلتقط بوساطة أجهزة استقبال يدوية أو مركزية يزود بها العاملون في وحدات مراقبة الجودة وسلامة الغذاء.

تطبيقات "النانو" في المنسوجات والأقمشة[151]

تعتبر صناعة الملابس والمنسوجات من الصناعات الأولى التي أدخلت تقنية "النانو" في مجالاتها ويعتبر لباس رواد الفضاء من الصناعات المهمة التي أدخلت فيها تقنية "النانو"، وأيضا ألبسة عمال البناء والعاملين في الرعاية الصحية والرياضيين. ويوجد الآن ملابس وجوارب مصنوعة من حبيبات "النانو" المطلية بالفضة والتي تمنع ظهور الروائح عن طريق قتل البكتيريا.

وقد قامت دور أزياء شهيرة بصناعة ملابس ذات تنظيف ذاتي أو مقاومة للبقع عن طريق تقنية "النانو". ومن التطبيقات الرائعة لتقنية "النانو" طلاء حبيبات "النانو" بالذهب وإدخالها في مواد طبيعية كالصوف لتحول ألوانها من الأخضر الفاتح إلى البني أو البيج بالإعتماد على الحجم واللون وهذه الألوان ثابتة.

---

[151] فيصل عبدالله الحربي، تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الثالث، 2008 ص.22

قد نجح العالم السويسري "شتيفان زيجر" وفريقه البحثي في تطوير نوع من النسيج يقوم بطرد الماء ويظل جافا، وأثبتت الأبحاث أن القماش الجديد لم يبتل بالفعل رغم وضعة تحت الماء لعدة أشهر[152].

الشكل (81) أقمشة مقاومة للبلل[153]

القماش مصنوع من مادة البوليستر المغطاة بمليارات من خيوط "النانو" سيليكون، التي تكوِّن طبقة رقيقة من الهواء تعزل النسيج، فتتحول قطرات الماء إلى كرات فوقه ولا تصل إلى النسيج. ومن المتوقع أن يستخدم هذا القماش في صناعة الملابس الرياضية ومايوهات السباحة، وعزل الأخشاب وحماية واجهات المنازل.

تطبيقات "النانو" في مجال البصريات:

تم صنع نظارات شمسية مغطاه بطبقة من البوليمير المانع للانعكاس والخدش بالإعتماد على "النانو"تكنولوجي.

تطبيقات "النانو" في مجال ادوات التجميل:

يمكن صنع مضادات لإشعة الشمس(sunscreen) أفضل من الموجود في السوق معتمداً على إستخدام الجسيمات صغيرة الحجم من ثاني اكسيدالتيتانيوم الذي يعطي حمايه تدوم أكثر من الكريمات العاديه كما أنه لا يعطي للجلد لون الماده حيث أنه صغير الحجم جداً.

تطبيقات "النانو" في الطلاء[154]

تحظى تطبيقات الطلاء والتغليف ب"النانو" (Nanocoatings) إهتمام العديد من المراكز البحثية والشركات والمصانع، لما تمتاز به من خصائص وميزات فريدة. وقد دخلت تطبيقات تقنية "النانو" في العديد من الصناعات المهمة مثل صناعة هياكل السيارات والطائرات والأجهزة الإلكترونية والأنسجة والملابس وذلك لما تمتاز به من خصائص، كما أنها رخيصة الثمن وسهلة الاستعمال. وما يميز الطلاء بالنانو هو أنها تعمل على تكوين طبقات

---

[152] www.google.com

[153] forum.amrkhaled.net/

[154] صفات سلامة، الطلاء بالنانو ميزات متعددة وافاق واعدة، مجلة النانو ، العدد الثالث، 2008 .ص. 30

تحمي شاشات الأجهزة الإلكترونية من الخدوش وتزيد من مقاومتها للإحتكاك، كما وتجعل سطوحها قوية بدون فقدان للوضوح مما ينعكس على بقائها طويلا. وما يميز أيضا الطلاء بالنانو هو المرونة الشديدة وسهولة الالتصاق ومقاومة التآكل ونمو "الميكروبات" والتي من شأنها ان تحدث تغييرا جذري في عمليات التصنيع.

ميزات الطلاء بالنانو:

1. **الحصول على سطوح جيدة المظهر وسهلة التنظيف:**

في عام 2003 قامت الباحثة الكيميائية سالي رامسي Sally Ramsey، الشريكة في تأسيس شركة التغليف البيئي (Ecology Coatings)، بالتقصي عن التكاليف والميزات البيئية الكامنة في الطلاء بالنانو تكنولوجي حيث أستخدمت جزيئات نانوية (متناهية الصغر) من أكاسيد معدنية لتصنيع طبقة عازلة للماء توضع فوق الورق، وذلك بنصف تكلفة الورق الصناعي. وتقول "رامسي" أنه من الممكن أن يستخدم الطلاء بالنانو في صنع صناديق كرتونية عازلة للماء، كما يمكن أن يدخل في تركيب مواد البناء وطلاء الجدران لمنع نمو العفن فيها إذا اصيبت بالرطوبة.

كما لاحظ الباحث "خانا" (Khanna) في دراسته، الحصول على سطوح جيدة المظهر وسهلة التنظيف ومقاومة جيدة للكيماويات والحصول على خواص مقاومة للتزحلق والضبابية. وتوصيل حراري وكهربائي جيد، مع الابقاء على اللمعان فترات طويلة وأن خواصها الميكانيكية مقاومة للخدوش وخالية من الرصاص ولديها مقاومة للتآكل[155].

2. **منع التسرب وحماية مكوّنات الآلات**

تأمل شركة الكيمياء "دوبونت" (DuPont) أن تنتج طلاء "النانو" الذي يمنع التسرب ويحمي مكوِّنات الآلات ويخفض الآثار الجانبية البيئية لتصنيع السيارات. وذلك عن طريق توفير الطاقة والمواد المستخدمة، كما أن الطلاء بالنانو سيغير من الطرق غير المستهلكة للوقت والعمليات المكلفة لطلاء قطع غيار الآلات حيث أن جزيئات "النانو" متناهية الصغر بدرجة تكفي لاستخدامها بسهولة في بخاخات تقليدية لصيانة الآلات والمعدات.

يقول بوب ماثيسون (Bob Matheson) المدير التقني للإنتاج التكنولوجي الإستراتيجي في شركة "دوبونت" إن استخدام الطلاء بالنانو يعتمد على مواد يمكن أن تقلل من تكاليف استخدام الطلاءات التقليدية الحالية، كما أن التحول إلى استخدام هذه التقنية قد يحدث تغييرا في تصميم قطع غيار الآلات والمعدات فهذه التقنية سيتم تطبيقها على القطع غير الظاهرة للآلات مثل مرشحات (فلاتر) الزيوت وإسطوانات الفرامل. وقد اختارت شركة

---

[155] Khanna, A.S.,Nanotechnology in High Performance Paint Coatings, Asian J.Exp.Sci, Vol.21, No.2,2008,2532

"دوبونت" تقنية الطلاء بالنانو لإنها نظيفة وتستهلك طاقة اقل للصيانة من طرق الصيانة الأخرى الحالية، حيث أن هذه التقنية ستقلل من كمية الطاقة المستخدمة في عملية الطلاء بنسبة 25%، ومن تكلفة المواد التصنيعية بنسبة 75%[156]

3. الطلاء في صناعة الأنسجة والملابس

يعتبر التغليف بالجزيئات النانوية من ثاني أوكسيد التيتانيوم (Titanium Dioxide-TiO_2) له دور مهم وحيوي في صناعة الملابس ذاتية التنظيف (Self cleaning clothes)، أي التي تغسل وتنظف نفسها ذاتياً، دون الحاجة إلى غسالة ملابس.

كيف؟؟؟

عندما تتمكن الجزيئات النانوية من ثاني أوكسيد التيتانيوم من امتصاص الأشعة فوق البنفسيجية، تصبح كيميائياً فعالة، وهذه الخاصية تستعمل في صنع مواد كثيرة ذاتية التنظيف كالطلاء والزجاج، حيث تستخدم هذه الجزيئات النانوية أشعة الشمس لحرق الأوساخ والغبار وغيرهما.

قامت مجلة "جمعية السيراميك" (American Ceramic Society) بنشر بحث عن ما توصل إليه الباحثان "وليد داوود" و "جون زين" (Walid Daoud & John Xin) إلى صناعة أنسجة لا تتسخ ولا تحتاج إلى غسالة ملابس، حيث لا تحتاج فقط إلا إلى ضوء الشمس وذلك عن طريق تغطية الأقمشة القطنية بجزيئات نانوية من ثاني أوكسيد التيتانيوم لا يتعدى سمكها 20 نانومتر (أقل 25 الف مره من سمك شعرة الرأس)، حيث تتفاعل هذه الجزيئات مع ضوء الشمس وبالتالي يتم تكسير المركبات العضوية مثل الأطعمة والزيوت والروائح والملوثات البيئية والأحياء الدقيقة الضارة كالفيروسات والبكتيريا وتحويلها إلى ثاني أوكسيد الكربون والماء.

ويقول الباحثان أنه يتم وضع الأقمشة القطنية في سائل مذاب فيه أوكسيد التيتانيوم لمدة 30 ثانية، ثم تجفيفها وبعد ذلك يتم تعريض الأقمشة لدرجة حرارة تبلغ 97 درجة مئوية لمدة 15 دقيقة، ثم توضع الأقمشة في ماء مغلي لمدة 3 ساعات حتى تثبت طبقة أوكسيد التيتانيوم بالملابس، والتي تظل تعمل طالما تعرضت للشمس.[157]

---

[156] Gartner, John, Nano coatings paing Green Future, Wired, 10 Feb, 2006 at www.wired.com

[157] Daoud, W.&Xin, J.,Nucleation and Growth of Anatase Crystallites on cotton Fabrics at Low Temperatures, Journal of the American Society, May, vol.87, No.5,2006 pp.953955.

4. **ملابس مقاومة للسوائل أو المواد التي تسكب عليها:**

- من بين الشركات العاملة في مجال استخدام تقنية الطلاء بالنانو في صناعة الأنسجة شركة "الأنسجة النانوية" "Nano Tex" التي تقوم بإنتاج ملابس بأنسجة نانوية مقاومة للبقع والأوساخ السائلة ((على سبيل المثال بأن تضع اي قطعة ملابس في كوب من القهوة وترفعه ويرجع نظيف كما كان بمجرد جفافه)).
- كما أنتجت الشركة ملابس مقاومة للسوائل أو المواد التي تسكب عليها Spill resistant fabrics وأيضا ملابس مقاومة لإمتصاص الشحنات الكهربية الساكنة أو الإلكتروستاتيكية في أجسامنا Static change risistant وهي عكس الكهربية المتدفقة. وتحدث عندما تفقد أو تكتسب مادة كهربائية متعادلة الشحنات إلكترونات "جزيئات سالبة الشحنة" وتتحول إلى مادة ذات شحنات موجبة أو سالبة، وهذه الشحنات الكهربائية الساكنة قد تجعل أجسامنا مستعدة لإستقبال صعقات كهربائية عند ملامستنا لإي نوع من الأجهزة الكهربائية أو الإلكترونية.

5. **الطلاء في الأجهزة الكهربائية والإلكترونية**

قامت شركة "أيوجير" Iogear ، بإستخدام الطلاء بالنانو في إنتاج فأرة كمبيوتر "ماوس"Mouse تكافح الفيروسات المعدية التي تعلق على سطحها وتصيب الإنسان، وأطلقت عليها اسم "الماوس الخالي من ميكروبات اللاسلكي الليزري – Germ Free Wireless Laser Mouse"، حيث صمم بغطاء خاص من جزيئات نانوية من أوكسيد التيتانيوم Titanium Dioxide والفضة يمكنه من القضاء على 99% من الميكروبات التي تعلق بسطحة[158].

الشكل (82) ماوس بغطاء نانوي[159]

---

[158] **Iogear GME227RW6 Wireless Laser Mouse with Nano coating Technology, Iogear's wireless at:www.iogear.com/product/GME227Rw6**

[159] **www.techshout.com**

ويتوفر الآن في الأسواق طلاءات "النانو" المستخدمة في طلاء الثلاجات، التي تمنع نمو الميكروبات والجراثيم، مثل مجموعة "هوزن"Hauzen الجديدة من الغسالات المزودة بنظام سيلفرنانو الصحي "Silver Nano Health System" والتي أطلقتها شركة "سامسونج" في الشرق الأوسط عام 2005، وهناك أيضا طلاء لهياكل السيارات الذي يمنع التصاق ذرات الغبار وقطرات الماء على جسم السيارات.

الشكل (83) ثلاجة بطلاء نانوني[160]

6. الطلاء في الطاقة الشمسية[161]

تستخدم تقنية الطلاء بالنانو في طلاء الألواح الشمسية Solar Panels ، للإستفادة الكاملة من أشعة الشمس، فقد تمكن فريق بحثي بقيادة البروفسور "شون يويلين" Shawn Yu Lin من معهد رينسلير التقني Rennselaer Polytechnic Institute – RPI من اكتشاف طلاء للألواح الشمسية يتكون من سبع طبقات من قضبان نانوية من ثاني اوكسيد السيليكون وثاني اوكسيد التيتانيوم ، ويتميز هذا النوع من الطلاء بمقاومته شبة الكاملة للإنعكاس، حيث يسمح باستغلال الأشعة الشمسية التي تسقط على الألواح الشمسية بنسبة 100%

[160] www.gumtree.com.au

[161] صفات سلامة، الطلاء بالنانو، مجلة النانو، العدد الثالث، 2009، ص.30 ،تصدر عن معهد الملك عبدالله لتقنية النانو –جامعة الملك سعود

تطبيقات "النانو" في صناعة كوابل الألياف البصرية[162]:

لقد أقدمت عدة شركات عالمية على تصميم وتصنيع منتجات نقل الإشارات، وهي عبارة عن مجموعة جديدة من كابلات الألياف البصرية التكتيكية، وستكون أول المنتجات المصنوعة بالآلات النانونية هي الألياف Fibers لتلبية إحتياجات المعدات الصغيرة والخفيفة الوزن مثل أجهزة الحواسيب الصغيرة.

مميزات كوابل الألياف البصرية[163]:

1. سيكون من السهل نقلها وتركيبها بسرعة وذلك لإنها ستكون أقوى من قبل، حيث يمكنها التغلب على مشكلات التمديد في الحقول والميادين أثناء تغطية الأحداث والفعاليات الخارجية.
2. الأداء المتميز في حالة الإنثناء وقوة تحمل أعلى عند الشد والسحب وتأثير أقل على الذاكرة وسهولة القطع ومقاومة ممتازة عند التعرض للسقوط أو الضربات ومقاومة الخدش والمواد الكيميائية.
3. الفقدان المنخفض جداً في حالة الإنثناء عبر الطيف المستخدم بأكملة لأطوال الموجات من 1260 إلى 1625 نانو متر.
4. يمكن طي الألياف بشكل دائري يبلغ مقدار قطرة 32مم، والذي يعتبر أفضل من الألياف التقليدية أحادية النمط بخمس وعشرين مرة، كما هو بالنسبة لدائرة قطرها 20مم، حيث لا تزال أفضل بمرتين ونصف من G652
5. يمكن إستخدام الكيبل في درجات حرارة منخفضة تصل إلى 70 درجة مئوية تحت الصفر بفضل قدرة الانثناء الصغير والكبير المحسنة لنسيج الألياف غير الحساس للانثناء، ويشتمل النسيج على عدم تجمع الماء.
6. إنهاء ظاهرة تجمع المياة التي تعتبر شائعة في الألياف التقليدية أحادية النمط.
7. تتميز بتوافق وقدرة جيدة على الربط، الأمر الذي يؤدي إلى تقليل وقت التركيب، ذلك أن كابل الألياف يضمن ربطا محكما بالياف G652 القياسية المستخدمة حاليا.

---

[162] م. جمال فضل الكريم، تقنية النانو وصناعة كوابل الألياف البصرية، مجلة النانو، العدد الثالث، 2009 ص.35.

[163] الألياف البصرية هي ألياف مصنوعة من الزجاج النقي طويلة ورفيعة لا يتعدى سمكها سمك الشعرة يجمع العديد من هذه الألياف في حزم داخل الكيبلات البصرية وتستخدم في نقل الإشارات الضونية لمسافات بعيدة جداً.
ويتكون الليف البصري من
*القلب (Core) : وهو عبارة عن زجاج رفيع ينتقل فيه الضوء.
*العاكس (Cladding): مادة تحيط باللب الزجاجي وتعمل على عكس الضوء مرة أخرى إلى مركز الليف البصري.
*الغطاء الواقي (Buffer Coating): غلاف بلاستيكي يحمي الليف البصري من الرطوبة أو ويحميه من الضرر و الكسر

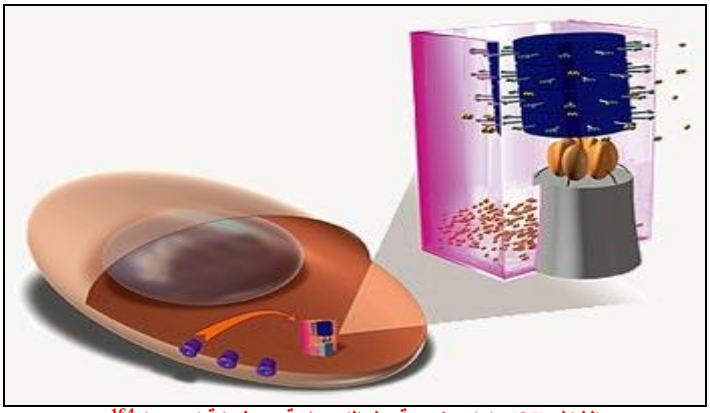
الشكل رقم (84) كوابل الألياف البصرية

تطبيق "النانو" في عملية إبطاء وتخزين ومعالجة سرعة الضوء

من المعروف عن الضوء أنه اسرع ما في الكون ، اذ يسير بسرعة تقترب من 297 الف كيلومتر في الثانية فلذلك استطاع الباحثون إبطاء سرعة الضوء الى واحد على 300 من سرعته المعتادة عن طريق تمريرة في قنوات من "السيليكون" المصنَّع بعناية بالغة، يسمَّى موجَّة موجات الكريستال الفوتوني "Photonic Crystal Waveguide PCW" وهي عبارة عن شريحة رقيقة من السيليكون "منقطة" بمجموعات من الثقوب تكسر أو تغيَر من مسار الضوء المار بها وهذا التصميم للقنوات يسمح بتغيير سرعة الضوء عن طريق تمرير تيار كهربائي لموجة الموجات.

فوائد التحكم في سرعة الضوء:

1. عن طريقة إستخدام تقنية "النانو" يصبح من السهل صناعة دارات ضوئية "Optical Circuits" في غاية الصغر من الحجم، كما أنها عملية في نفس الوقت ومن السهل وضعها في الأدوات الإلكترونية.
2. إمكانية تخزين كم كبير من المعلومات على حزم ضوئَية لا يتعدى عرض الواحدة منها سمك شعرة الإنسان، مع إمكانية استعادتها كاملة في وقت لاحق ودون أن تتعرض للتغيير، الأمر الذي سيساعد على تطوير حواسيب وأنظمة اتصالات جديدة تتميز بصغر حجمها وسرعتها الفائقة.
3. يقول الباحثون إن الدارات أصبحت تعتمد على نظريات وقوانين الضوء "كمية أو موجَية أو غيرها" لتنعدم الآثار الحرارية لمرور الإلكترونات في الأسلاك والدارات الكهربائية ولينعدم التنافر الإلكتروني، بحيث سيصبح الضوء هو أساس توصيل المعلومات بين مكوَنات الحاسب الآلي.



الشكل (85) دارات ضوئية بدل الكهربائية من شركة اي بي ام[164]

تطبيقات مواد "النانو" وسيارات السباق:

- يتعرض سائقو سيارات السباق عادة إلى حروق نتيجة لإرتفاع درجة الحرارة داخل كبينة القيادة، وهذه الحرارة تتولد من ارتفاع حرارة الطبقة الواقية للمحرك وناقل الحركة وأرضية السيارة، لذلك تستخدم مواد "النانو" لخفض درجات الحرارة المرتفعة التي تصل إلى 150 درجة فهرنهايت داخل سيارات السباق
- تعرف أحد سائقي سيارات السباق لدى زيارته مركز الفضاء "كينيدي" في ولاية "فلوريدا" على طريقة حماية مركبة الفضاء من الارتفاع الهائل في درجات الحرارة عند اختراقها الغلاف الجوي، وحاول التأكد فيما إذا هذه الطريقة ممكن استخدامها على سيارات السباق؟
- قامت وكالة "روكويل" للإليكترونيات ووكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" بتركيب المادة المركبة التي ابتكرتها وكالة "ناسا" في إحدى سيارات السباق والتي لم يزد وزنها عن أربعة أرطال مقارنة بوزن السيارة الإجمالي، والتي لا تؤثر على اتزان السيارة أو القدرة على التحكم فيها، ولوحظ بعد تجربة السيارة عدة مرات بسرعة بلغت نحو "700" ميل في الساعة أن الأجزاء التي أضيفت إليها مواد "النانو" في كابينة السائق قد أنخفضت درجة الحرارة فيها بنحو 50 درجة فهرنهايت.
- بناءاً عليه فإن استخدام مواد "النانو" الخفيفة الوزن والخاصة للحرارة في سباقات السيارت أصبح آمنا بالنسبة للمتسابق ولسيارته، كما وسيعمل المحرك بشكل أفضل دون إلحاق الضرر بالسائق نتيجة ارتفاع درجة الحرارة المرتفعة.

---

[164] www.aawsat.com

الطبقات النانوية وإستخداماتها في مجال الدفاع والفضاء[165]

- لعملية التكسية بطبقات "النانو" العديد من الإستخدامات في مجالي الدفاع والفضاء ومن هذه الإستخدامات:
  - تحسين قدرة المكونات بمختلف أنواعها على التحمل وزيادة الاعتماد عليها وتطوير أدائها.
  - مقاومة التآكل والإنزلاق والبلي بصفة عامة
  - تحسين جودة السطح
  - مقاومة التآكل الناتج عن التنقر والتقشر والتأكسد وارتفاع الحرارة.
- يقوم العلماء بتخليق العديد من طبقات "النانو" متعددة الإستعمالات لإستخدامها في تطبيقات الفضاء الجوي، مما سيوفر حماية ضد التآكل لأنها مواد لا تضر بالبيئة.
- من المتوقع أن تكون هذه المواد لديها القدرة على إكتشاف عيوب التآكل والأعطال الميكانيكية التي تصيب سطح الطائرة، وكذلك مقاومة العيوب الفيزيائية والكيميائية وتحسين القدرة على الالتحام والترابط والمحافظة على بقاء قطع الغيار المعدنية لأطول فترة ممكنة، كما يقوم العلماء أيضا بدراسة مواد "النانو" التي تمتاز بخفة الوزن والمتانة والاستقرار الحراري لإستخدامها في محركات الطائرات.
- خصصت وزارة الدفاع الأمريكية مبلغ (10) مليار دولار سنويا لعلاج المشكلات الناتجة عن التآكل الذي يصيب المركبات (منها 2 مليار دولار تخصصه لعمليات الدهان والتقشير)، وذلك حتى يصبح من السهل علاج أسطح المركبات العسكرية إذ أصابها خدش أو تآكل باستخدام طبقات التغطية الذكية التي من الممكن أن تكتشف عيوب السطح وتصلحها.

تقنية "النانو" والتلفزيونات

لقد تحدثت سابقاً أن أنابيب "النانو" الكربونية تتميز بقدرتها الكبيرة على أنتاج الإلكترونات مما يجعلها مجال باعث للإلكترونات ذو كفائة عالية، وعليه فقد إستخدمت بعض الشركات تقنية "النانو" المتمثلة في أنابيب "النانو" الكربونية هذه في مجال التقنية التلفزيونية Televisions وذلك لإنتاج شاشات العرض المتميزة بصغر سماكتها وبقلة إستهلاكها لطاقة وبدقة وجودة صورها مما جعلها تتفوق بمراحل على شاشات العرض التقليدية مثل شاشات البلازما والشاشات السائلة LCD الحديثة، وبأستخدام تقنية "النانو" ستكون شاشات العرض ذات قطع ودوائر إلكترونية أقل وعليه ستكون شاشات العرض المطورة ذات مساحة واسعة تتجاوز 130سم والجدير بالذكر أنها ستكون في متناول المستخدمين في القريب العاجل. ومن التطبيقات أيضاً شاشات العرض المعروفة بأسم Organic Light Emitting Displays وتعرف

[165] ليندا ويليامز، د.واد آدمز مصدر سبق ذكرة، ص.225

إختصار OLED وهي أحدى شاشات العرض المطورة بإستخدام تقنية "النانو" وفيها يتم إستخدام طبقات نانو من البلاستيك العضوي الباعث للضوء، وتتميز هذه الشاشات بصغرها وخفة وزنها مما يجعلها مناسبة جداً للأجهزة الإلكترونية الدقيقة مثل أجهزة الكمبيوتر المحمول والكاميرات الرقمية وأجهزة الهاتف الجوال.

تقوم المصانع بإنتاج بدائل غير مكلفة لشاشات LCD وتقنيات البلازما، وقد نجحت شركة موتورولا في إنتاج النموذج التجريبي لأول شاشة عرض إبتعاثية نانوية (Nano Emissive Display) ويرمز لها بالإختصار (NED) وتتميز الشاشة بأنها رقيقة، وهي لا تعد أكثر من كونها جزءاً من تلفزيون يعلق على الحائط بحجم 42 بوصة وتستطيع تشغيل أقراص الـDVD بجودة شاشات LCD نفسها.

تستخَدم شاشة NED ملايين الإلكترونات المتسارعة المشحونة بـ5 أو 10 فولت بدلاً من إستخدام أنبوب الأشعة الكاثودية أو أشعة الصمامات الباعثة للضوء لتكوَن الصور. أما الشاشات الكبيرة وشاشات LCD عالية الوضوح فتستخدم نحو 5000 فولت. ونتيجة لتسارع الإلكترونات نحو لوح من الفوسفور، تتكون صور متحركة بأقل قدر ممكن من الطاقة. ويمكن مشاهدة شاشات "النانو" الإبتعاثية المعتمدة على تكنولوجيا أنابيب "النانو" الكربونية من جميع الزوايا

تقنية "النانو" والخزفيات

- الخزفيات عبارة عن مواد صلدة قصيفة وقوية. وهي لا تشجع الكثير من المصانع على استخدام الخصائص المفيده لهذه المواد، ولكن لصغر حجمها المتناهي الصغر أدى إلى إقبال الناس على الإستفادة منها.
- يعتبر أكسيد الزركونيوم مادة صلدة قصيفة يطلق عليها إسم اللدائن الفائقة نظراً لقدرتها على تعديل أطوالها، وعلى الرغم من ذلك لا بد من أن تحتوي الخزفيات على ذرات بلورية متناهية الصغر كي يمكن أن نسميها لدائن فائقة.
- استخدمت المواد الخزفية مثل نتريد السليكون (Si_3N_4) وكربيدات السليكون (SiC) في التطبيقات ذاتية الحركة مثل الزنبركات عالية المتانة ومحامل الكريات ورافعات الصمام. فهذه المواد تتمتع بقدرة كبيرة على التشكل والعمل بالإضافة غلى خصائصها الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية. كما أنها تتحمل درجات الحرارة المرتفعة.

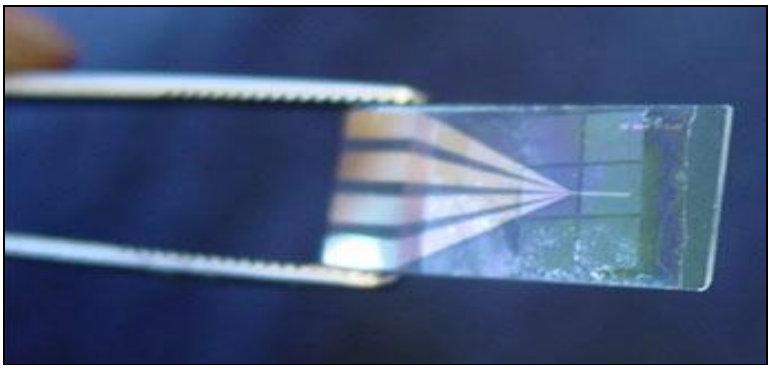
الفيروسات النانوية:[166]

- قام علماء من معهد (Massachusetts) للتكنولوجيا بمعالجة بعض الفيروسات وراثيا لتساهم بشكل فعال في إنتاج بطاريات الليثيوم، حيث قام العلماء بتقديم فيروسات تبني أقطابا كهربائية عبر تغطية نفسها بمادة فوسفات

[166] البوابة العربية للأخبار التقنية، معهد MIt يبتكر فيروسات تساهم في بناء بطاريات صديقة للبيئة

الحديد والأنابيب النانوية الكربونية بهدف إنشاء شبكة من المواد عالية التوصيل.

- قد قام المعهد بتجربة مماثلة لإستخدام الفيروسات لتشكيل أقطاب موجبة من خلال جذب أكاسيد الكوبالت والذهب وتجميع نفسها ذاتيا وذلك لإنتاج ما يسمى الأسلاك النانوية (Nano wires) وهي نوعية خاصة من الأسلاك والكابلات



- تعتبر العملية الأخيرة المرتبطة بإنتاج البطاريات نظيفة وصديقة للبيئة إلى حد كبير، حيث يتم إجرائها في درجة حرارة الغرفة كما لا تتضمن استخدام مذيبات عضوية. ومع استخدام العمليتين بشكل فعال فأن إنتاج بطاريات الليثيوم سيكون أكثر صداقة للبيئة و سيساهم في تقليل تكلفة عملية إنتاج البطاريات بشكل واضح.
- وكانت رئيسة معهد Susan Hockfield (MIT)، قد قدمت إحدى البطاريات المصنعة بالطريقة الحديثة إلى الرئيس الأمريكي باراك أوباما، والذي أعرب عن إعجابه بالمشروع و التزامه بتمويل ومساندة المشروعات المبتكرة. ومن المنتظر أن يقوم فريق العمل على المشروع بإنتاج بطاريات ذات كفاءة عالية عبر الاستعانة بفوسفات المنغنيز و فوسفات النيكل، ومن المأمول أن يتم إنتاج تلك البطاريات بكميات كبيرة في وقت لاحق. وستقوم دورية Science بكشف المزيد من التفاصيل عن التقنية الجديدة لصنع هذه البطاريات.

الفصل التاسع

استخدامات تكنولوجيا "النانو" في الطب

الفصل التاسع
إستخدامات تكنولوجيا "النانو" في الطب

المقدمة

ترتكز المدخلات الطبية النانوية لعملية توصيل الدواء على تطوير الجسيَمات 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 الإستهداف الجزيئي Molecular targeting بإستخدام الأجهزة المهندسة نانوياً. فالأمر كله يدور حول إستهداف 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، فعَالة في 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 الإستكشاف والتقويم والمعالجة بالإضافة إلى تقديم التقارير للطبيب المعالج بصورةٍ تلقائيةٍ آليةٍ.

هذا بالإضافة إلى أن أنظمة توصيل الدواء وكذلك الجسيمات النانوية (البوليمرية) أو 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 الجسيَمات 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 الإستجابة 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 ذو 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 إنتشار وإنبعاث الدواء المنظمة قد تلغي وتمحو تلك المشكلة. فلو تم تنقية الجسد من الأدوية بسرعة كبيرة، فقد يجبر هذا المريض على إستخدام 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.

تعتبر التطبيقات الطبية لتقنية "النانو" هي التطبيقات الأهم لهذه التقنية من بين كل التطبيقات المتوقعة من هذه التقنية الحديثة وذلك لإرتباطها المباشر بحياة وصحة الإنسان، فتقنية "النانو" تعد بالكثير من التطبيقات الطبية المتعلقة بالتشخيص الدقيق والعلاج عالي الكفاءة وكذلك الكثير من التطبيقات في مجال الرعاية الصحية، فمواجهة أكثر الأمراض فتكاً بالإنسان مثل أمراض السرطان لم يكن ممكناً للأطباء في الماضي إكتشافها، أما اليوم فستكون ممكنة بإذن الله في غضون العشر سنوات القادمة وذلك من خلال طب "النانو"[167] nano-medicine وطب "النانو" هو أحد المجالات الطبية التي تهدف إلى إكتشاف الأمراض أو علاج الأنسجة التالفة مثل العظام أو العضلات أو الأعصاب على مستوى الجزيئات والذي بدأت الكثير من أبحاثه وتطبيقاته التجريبية في الكثير من مراكز الأبحاث حول العالم، وقد قام المعهد القومي للصحة بالولايات المتحدة بإطلاق مبادرة طب "النانو" وتحديد الأهداف الرئيسية لهذه المبادرة وتتمثل فيما يلي:

- ✓ التوصل إلى سبل للإكتشاف المبكر للخلايا السرطانية والقضاء عليها

[167] ليندا ويليامز، د. واد ادمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة د. خالد العامري، مكتبة الأسرة.2008، ص.141

- ✓ إزالة أجزاء الخلايا التالفة وإستبدالها بأجهزة متناهية الصغر
- ✓ تطوير وزراعة المضخات الجزيئية لحقن الأدوية بخلايا معنية بالجسم.

ويمكن إستغلال علم "النانو" في حل الكثير من المشكلات الطبية بما في ذلك:

1. تخزين المعلومات الوراثية وإسترجاعها
2. التشخيص، مثل التعرف على أحد الأمراض
3. إكتشاف إستعداد المريض للإصابة بالأمراض، مثل مرض الزهايمر
4. تحسين مستوى تصنيف الأمراض وإدراجها تحت أنواع أو فصائل متباينة
5. إبتكار أدوية تعتمد على الإختلافات الكروموزومية
6. العلاج الجيني مثل علاج التليف الكيسي
7. إستهداف الخلايا (تطوير أجسام مضادة تستهدف خلايا معينة)

الطب و"النانو" تكنولوجي

تُقاس الخلايا بالميكرونات، ويساوي الميكرون الواحد مليون جزء من المتر، وتقاس الذرات بالنانومترالذي يعادل الواحد منه مليار جزء من المتر أو واحد على 80 ألف جزء من عرض شعرة الإنسان. وترمي "النانو"- تكنولوجي إلى بناء وتسخير أشياء على المستوى الذري من حيث الحجم.

ويعبَر الدكتور "جاك جودي" أستاذ الهندسة الكهربائية بجامعة كاليفورنيا لوس أنجلوس University of California, Los Angeles ، بأن هناك تصوران لنمو النانو تكنولوجي:

- ✓ أولاهما ما يسمي بتكنولوجيا إستقطار الثمالة، حيث يسعى مهندسو الجزيئات إلى تشكيل بنيات من "النانو" -تكنولوجي تم إنتاجها الواحدة بعد الأخرى من وحدات جزيئية.
- ✓ أما التصور الثاني فيقوم على تصغير التكنولوجيات الموجودة إلى الحد الأقصى. وقد نشأ النوع الأخير من علوم وتطبيقات الإلكترونيات الدقيقة، وتعرف مخترعاته بإسم الميمات.MEMS

يقول جودي: "ظلت تكنولوجيا التصنيع المستخدمة في صنع الميمات تتطور بإستمرار بفضل صناعة الدوائر الكهربية المتناهية الصغر. ولقد أصبح من الممكن الآن إنتاج بنيَات كهربية أو ميكانيكية أو سائلة تتميز بدقة الحجم بصورة تكاد تكون متناهية، إذ ننتج من الزجاج أو السيلكون وحدات ومعدات أصغر حجماً من الميكرون ."وهذا يعني أن الآلات المعقدة يجرى إستبدالها بأخرى أصغر فأصغر حجما.

في الوقت الحاضر يعمل الدكتور "جودي" في مجالٍ التكنولوجيا لعزل الخلايا ومراقبة وظائفها الفسيولوجية، ويقول عن مشروعه: "إن تعريض الخلية لمؤثرات الإشعاع أو درجة الحرارة أو معدلات تدفق السوائل أو الكيماويات الأخرى سيغيّر البيئة الخلوية الخارجية. وحاليا يتم كل ذلك ولكن

بوتائر بطيئة جداً. إلا أن التكنولوجيا التي نقوم بتطويرها تسمح بإستخدام عدد كبير من الخلايا في وقت واحد، وهذا بدوره يسمح للعلماء بدراسة سلوكيات الخلية بدقة أكبر مما كان متوفراً في الماضي. فقد كانوا آنذاك يستطيعون مراقبة ما يحدث خارج الخلية دون أن تكون لديهم أية فكرة عما يحدث بداخلها

الأداة المفضلة لدى "جودي" هي الرقاقة البيولوجية وهي قطعة صغيرة مربّعة من الزجاج مساحتها سنتيمتر في سنتيمتر، وبها قنوات صغيرة تستطيع أن تعزل الخليّة والمنافذ المتصلة بالخليّة. ويستطيع العالم أن يراقب ما يحدث للخلية عن طريق المجهر. ويخبرنا "جودي" أن شركات تصنيع الأدوية تبدي إهتماماً كبيراً بهذه التكنولوجيا التي يعمل على تطويرها لأنها ستسمح لتلك الشركات بتطوير مكتشفاتها في علم وصناعة الدواء.

يقول "توماس ويبستر"، المهندس البيولوجي والأستاذ المساعد في جامعة بردو"Perdue University " إن إيصال الدواء إلى الجسم هو واحد من أول تطبيقات "النانو"-تكنولوجي المرشحة للإستخدام. وعن طريقها يمكن أن ندخل إلى الخلية جرعة دوائية يقل حجمها عن 100 نانومتر دون أن تلفت النظر". والواقع أنه يمكن إعطاء الأدوية للمرضى على هيئة أقراص يقاس حجمها بالميكرون تقوم بإطلاق الدواء على الخلايا المستهدفة. والنظرية المعتمدة هنا هي أن فاعلية الدواء تزداد إذا كانت كمياته متناهية الصغر بهذا الشكل. وكلما تضاءلت الجرعة الدوائية كلما قل ضررها على المريض لأنها لن تستهدف حينها إلا الخلايا المسببة للمرض أو للعدوى.

ويبحث ويبستر أيضاً في وسائل إستخدام المواد النانوية لترميم وإصلاح الأنسجة الطبيعية، إذ برهنَت الوسائل التقليدية مثل زرع العظام والأوعية الدموية على عجزها عن توفيرالنعومة وإستواء السطح الذي يتوافر بإستخدام المواد النانوية. ويقول وبستر: "لقد وجدنا أن البيئات النانوية تساعد الجسم على إعادة إنتاج نفسه بصورة أفضل سواء في مجال العظام أو الأوعية الدموية أو الغضروفيات وخلايا المثانة". ولقد جرى إثبات كل ذلك عملياً. ومن المتوقع أن تتوسع إستخداماتها في الجسم البشري في وقت قريب نسبيا ." كما أنه من المتوقع أن تبقى المواد الجديدة عاملة داخل الجسم لمدة أطول من مدةالـ15 عاماً المتاحة حالياً لمعظم أشكال إستزراع الأعضاءالتقليدية.

تهتم "جنيفر ويست" الأستاذة المساعدة لقسم الهندسة البيولوجية بجامعة رايس Rice University بمدينة هيوستن بولاية تكساس والمختصة بأبحاث علاج السرطان وإطالة عمر المصابين به. وتجري أبحاثها على مادة تعرف بإسم القشور النانوية تتميز بقدرتها على التشبّع بالضوء من الدرجة فوق الأشعة الحمراء، والمعروفة بقدرتها على التغلغل في الجسم إلى أعماق كبيرة. وتشرح جنيفر العملية قائلة" :نقوم بحقن القشور النانوية بشكل منتظم ونتركها تتحرك خلال الجسم لتصل إلى الخلايا السرطانية وتلتحم بها، ثم

نقوم بتسليط أشعة قريبة من الأشعة فوق الحمراء عبرالأنسجة، وبسب ذلك ترتفع حرارة القشور النانوية. وتخلق فتحات مسامية في غشاء الخلايا السرطانية فتلتحم بها وتسبب موتها."

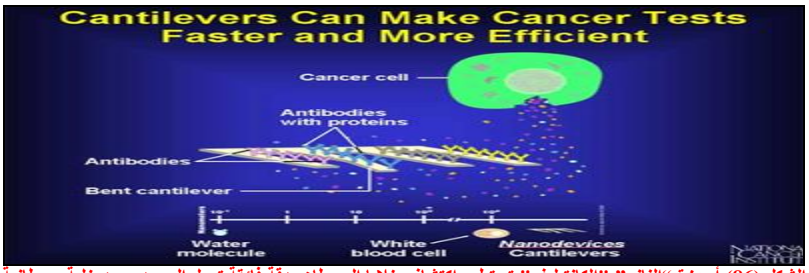
وتضيف جنيفر ويست: "إن ذلك تطبيق مدهش للنانو- تكنولوجي" وقد رأينا حالات شفاء كامل من الأورام في الفئران والحيوانات المعملية الأخرى التي كنا نجري تجاربنا عليها، ومنها ما عاش لشهور وشهوردون أن تعود الأعراض التي كان يعاني منها إلى الظهور." يتوقع العلماء أن تصبح "النانو"-تكنولوجي في المستقبل القريب جزءاً أصيلاً من الممارسة الطبية اليومية خاصة في مجال توصيل الدواء. ومع ذلك نجد جنيفر ويست تحذر من أن ذلك لن يحصل في القريب العاجل إذ تقول: "لا زلنا على بعد عدة عقود من تلك الأدوات الدقيقة التي تسبح عبر أجسامنا لتقاتل البكتيريا والفيروسات وتحول كل البشر إلى مخلوقات صحيحة معافاة"

وفي ما يلي سنعرض أهم التطبيقات الطبية المستقبلية لتقنية "النانو":

1. جهاز الناتئ النانوي (الكانتيلفير) لإكتشاف خلايا السرطان

الكانتيلفيرcantilever هو جهاز دقيق جداً بمقياس "النانو" حيث تقارب أبعاده أبعاد كريَة الدم البيضاء وهو أحد أجهزة "النانو" المستقبيلة والتي تستطيع رصد وإكتشاف الخلايا المصابة بالسرطان وذلك من خلال إنحناء نتوأتها الدقيقة.

وأجهزة "النانو" كانتيلفير يمكن تصميمها هندسياً بشكل خاص يمكنَها من الأرتباط بالخلايا التي تشير تغيراتها إلى الإصابة بأنواع مختلفة من أمراض السرطان. وتتميز هذه الأجهزة بقدرتها الفائقة على تشخيص خلايا السرطان في مراحلها المبكرة، وذلك بدقة تصل إلى حد إكتشاف خلية سرطانية واحدة، والجدير بالذكر أن هذه الأجهزة أجهزة "النانو" كانتليفير مازالت في مراحل تطويرها الأولى، وهي من تطبيقات تقنية "النانو" المتقدمة جداً والتي مازالت في حاجة لمزيد من البحث والدراسة[168]



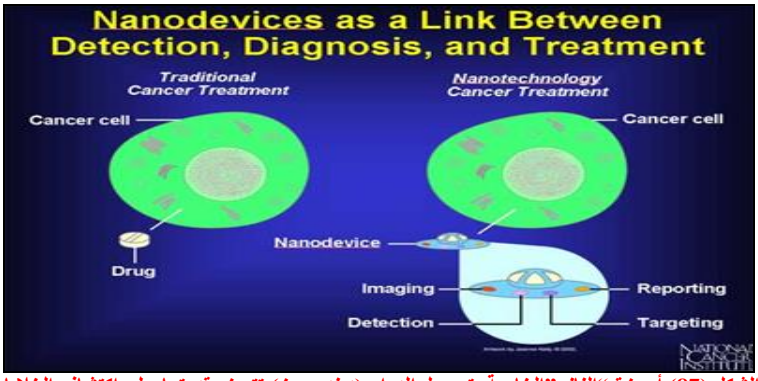
الشكل (86) أجهزة "النانو" "الكانتيليفر" تستطيع إكتشاف خلايا السرطان بدقة فائقة تصل الى حد رصد خلية سرطانية واحدة.

[168] المركز السعودي لتقنية النانو، http://www.saudicnt.org

➢ توصيل الأدوية

من المعلوم أن علم الأدوية من العلوم التي تحتاج لدقة عالية وذلك لإرتباطها إرتباطاً مباشراً بصحة الإنسان، فوصول كمية كبيرة من الدواء إلى أعضاء الجسم الغير مصابة تقلل من فعالية الدواء وتؤدي إلى حدوث آثار جانبية غير مرغوب فيها. فعلى سبيل المثال نجد أن الوسائل التقليدية لمعالجة مرض السرطان كالعلاج الكيميائي والإشعاعي تؤدي الى آثار جانبية كبيرة مع إنخفاض فعاليتها في معالجة هذا المرض، وعليه فإن من المهم أن يتم إيصال الأدوية المضادة للسرطان إلى الأجزاء المصابة بدقة متناهية جداً للحصول على أقصى فائدة ممكنة من الدواء.

وحالياً يعكف العلماء على دراسة أحد تطبيقات "النانو" المستقبلية والمتمثلة في تقنية إيصال الدواء بإستخدام أحد أجهزة "النانو" والذي يسمى الديندريمر Dendrimer وهو أحد أجهزة "النانو" الخاصة بإيصال الدواء والقادرة على الدخول بسهولة الى الخلايا المصابة وتزويدها بكميات متعددة من الدواء دون حدوث اي نتائج سلبية. وأجهزة ""النانو" ديندريمر" تتميز بقدرتها على تحديد الخلايا المصابة وعلاجها وكذلك إعطاء تقرير عن مدى فعالية الدواء.



الشكل (87) أجهزة "النانو"الخاصة بتوصيل الدواء (ديندريمرز) تتميز بقدرتها على اكتشاف الخلايا المصابة وتشخيص نوع الإصابة وكذلك تتميز بقدرتها على معالجة هذه الخلايا.

➢ توصيل البروتين والببتيد للبروتين Protein and peptides

إن لتوصيل البروتين والببتيد للبروتين والببتيد Protein and peptides العديد من الأدوار الحيوية داخل الجسم البشري، حيث تم إكتشاف قدرتهما الكامنة على علاج العديد من الأمراض والإضطرابات. وقد عُرِفت تلك الجزيئات الكبيرة نسبياً Macromolecules بإسم الأدوية الحيوية .Biopharmaceuticals حيث أصبحت عملية التوصيل سواءً المستهدفة و /أو المضبوطة لهذه الأدوية بإستخدام المواد النانوية ومنها الجسيمات النانوية مجالاً ناشئاً يُطلق عليه علم

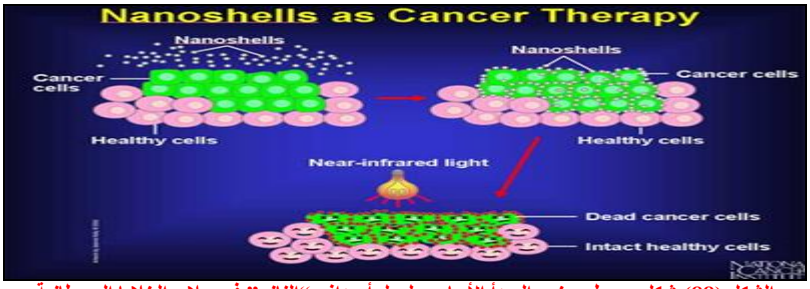
الأدوية الحيوية النانوية Nanobiopharmaceutics ، ومن ثم فقد أُطلق على تلك المنتجات أدوية حيوية نانوية Nanobiopharmaceuticals

- **أصداف "النانو" والسرطان**

تعتبر أصداف "النانو" Nanoshells من الوسائل المستقبيلة الفعالة في علاج السرطان، فأصداف "النانو" عبارة عن كريات نانو تصنع عادة من السيليكا مغطاة بقشرة رقيقة جداً من الذهب، حيث يستطيع العلماء إلصاق مضادات حيوية بأصداف "النانو" لها قدرة عالية على التعرف على الخلايا المصابة بالسرطان مما يمكنَها من إستهداف خلايا السرطان والإلتصاق بها بدقة متناهية، ثم يسلَط عليها بعد ذلك إشعاع كهرومغناطيسي مثل "الأشعة تحت الحمراء" وذلك بإستخدام الليزر حيث تتفاعل هذه الجسيمات مع هذا الإشعاع وتقوم بتحويله إلى طاقة حرارية تصل إلى أكثر من 100 درجة مئوية مما يؤدي إلى تدمير الورم كلياً دون المساس بالخلايا السليمة، ويتم التحكم في كمية الحرارة المعطاة عن طريق التحكم في سماكة جسيمات الذهب وأيضاً نوع الليزر المستخدم. والجدير بالذكر أنه قد تم إستخدام هذه الطريقة الجديدة في علاج الأورام في تجارب فئران الإختبار وأثبتت نجاحها المذهل دون حدوث آثار جانبية.

وإعتماداً على نفس المبدأ فيمكن إستخدام جسيمات "النانو" ذهب-nano " gold في تشخيص وعلاج سرطان الفم، فبنفس الطريقة يتم إستهداف خلايا السرطان بجسيمات "النانو" ذهب ومن ثم يتم تسخينها بإستخدام إشعاع مناسب لتدمير الورم كلياً دون حدوث تأثيرات جانبية.

ومن التطبيقات المعتمدة على أصداف "النانو" أيضاً تطبيق آخر يتم فيه إيصال الدواء بالكمية المطلوبة وإلى المكان المطلوب بدقة و كفاءة عاليتين حيث يلصق مستودع الدواء المصنوع من البوليمر "البلاستك" بأصداف "النانو" الذهبية لتكوين ما يعرف بأسم " قذائف "النانو"" والتي توجة بعد ذلك للمكان المطلوب علاجة وعند إتصالها به يتم تعريضها لإشعاع مناسب يؤدي إلى تسخين هذه الأصداف ، حيث تعمل الحرارة على صهر مستودع الدواء الملتصق بهذه الأصداف ومن ثم ينتشر الدواء في الجزء المصاب والذي قد يكون خلية واحدة فقط، مما يساعد على التحكم في الجرعة المعطاه لهذا الجزء المصاب ومعالجته بالكمية المناسبة وبدون أي أضرار جانبية.



الشكل (88) شكل مبسط يوضح المبدأ الأساسي لعمل أصداف "النانو" في علاج الخلايا السرطانية

- **الإستخدمات الطبية للنانو فضة [169]**

في العقود الماضية وجدت جسيمات الفضة النانوية تطبيقاتها في الحفز، البصريات، الإلكترونيات، وفي غيرها من المجالات نظراً لحجمها الفريد وهذا ماتعتمد عليه البصريات، وخواصها الكهربية والمغناطيسية. حالياً معظم التطبيقات الخاصة بجسيمات الفضة النانوية تمركزَت في العوامل المضادة للبكتريا والمضادة للفطريات وفي مجال التكنولوجيا الحيوية والهندسة البيولوجية، هندسة النسيج، معالجة المياه، والمنتجات الاستهلاكية القائمة على الفضة.

هناك أيضاً محاولة لدمج جسيمات الفضة النانوية في مجموعة واسعة من الأجهزة الطبية على سبيل المثال لا الحصر :

- ✓ أسمنت العظم
- ✓ أدوات الجراحة
- ✓ الأقنعه الجراحية الواقية
- ✓ ضمادات الجروح

وقد قامت شركة سامسونج بتصنيع وتسويق مادة تسمى "نانو فضة" والتي تحتوي على جسيمات الفضة النانوية على أسطح الأجهزة المنزلية. وقد تم إستخدام جسيمات الفضة النانوية ككاثود في بطارية أكسيد الفضة.

- **الإهتمامات الصحية للنانو فضة**

تمّ الربط بين التعرض للفضة وعواقب الإلتهابات، الأكسدة، سمّية الجينات، سمّية الخلايا ؛ وتتراكم جسيمات الفضة في المقام الأول في الكبد. ولكن تبّين أيضاً سمّيته في الأجهزة الأخرى بما في ذلك الدماغ. الفضة الأيونية لديها تاريخ طويل من الإستخدام في التطبيقات الطبية الموضعية حيث ثبت أن الفضة الأيونية إذا تواجدت بكميات دقيقة وصحيحة تعتبر مناسبة في علاج الجروح. وقد وافقت منظمة الغذاء والأدوية الأمريكية على استخدام مجموعه واسعه من مختلف ضمادات الجروح المشبعه بالفضة. وأصبحت جسيمات

---

[169] http://www.ar.wikipedia.org

الفضة النانوية الآن تحل محل سلفاديازين الفضة كعامل فّعال في علاج الجروح[170].

- **ردّ فعل الحساسية**

هناك أدلة مؤكدة تشير إلى إحتمال وجود حساسية تجاه الفضة هناك إستعراض موسع وشامل من المؤلفات الطبية والتي لا تشير إلى وجود أي مصداقية لهذا الإحتمال، ولكن بعض سبائك الفضة التي تحتوي على النيكل تثير رد فعل أو تفاعل تحسسي.

- **التصبغ والتلون بالفضة**

الفضة أو مركبات الفضة التي يتم إبتلاعها بما في ذلك الفضة الغروية، يمكنها أن تسبب حالة تسمى (أرغيريا أو التصبغ بالفضة) وهي تغير في لون الجلد والأعضاء.وفي عام 2006م كان هناك دراسة لحالة شاب في السابعه عشر من عمره والذي قد أصيب بحروق تصل إلى (30%) من جسده حيث شهد وجود مؤقت للون رمادي مزرق وذلك بعد عدة أيام من علاجه ب"أكتيكوت" وهو أحد أنواع ضمادات الجروح المحتوية على جسيمات الفضة النانوية. أرغيريا أو التصبغ بالفضة هو ترسب الفضة في الأنسجة العميقة وهي حالة لا يمكن أن تحدث على أساس مؤقت مما يثير تساؤل عمَّا إذا كان سبب تلون الرجل كان التصبغ أو حتى نتيجة لهذه المعاملة بالفضة.

- **صمام القلب سيلزون "Silzone" :**

قامت "سانت جود الطبية" بإطلاق صمام قلب ميكانيكي مغلف بحياكة من الفضة (تم طلائه أو تغليفه بمساعدة ترسيب الفضة بإستخدام شعاع أيوني) وذلك عام (1997م). وقد تم تصميم هذا الصمام للحد من حالات إلتهاب الشغاف القلبي وتمت الموافقه على بيع هذا الصمام في كندا وأوروبا والولايات المتحدة ومعظم الأسواق الأخرى في جميع أنحاء العالم. وفي دراسة بعد التسويق أشار الباحثون إلى أن هذا الصمام منع نشوب الأنسجة وأنشأ تسرب مجاور للصمام وحدث إرتخاء في الصمام في أكثر الحالات سوءاً وبعد ثلاثة سنوات في السوق وعدد مرات زراعه لهذا الصمام قدرت (36000) أشارت سانت جود الطبيه إلى التوقف الطوعي عن إنتاج هذا الصمام.

- **مضادات حيويه بأستخدام نانوالفضه:**

تمكن باحثون في جامعة هانج يانج في سيئوول من أدخال نانو الفضه إلى مضادات حيويه ومن المعروف أن الفضه قادره على قتل حوالي 650 جرثومه دون أن تؤذي الجسم البشري وتعتبر نانو الفضه قادره علي قتل أخطر أنواع الفيروسات كفيروس الكبد الوبائي وأنفلونزا الطيور وقد أثبتت

---

[170] Lansdown AB (2006). "Silver in health care: antimicrobial effects and safety in use". Current Problems in Dermatology 33: 17–34

دراسات بجامعه تكساس علي قدره نانو الفضه علي قتل فيروس الايدز خلال ثلاث ساعات فقط.

الشكل (89) مضاد حيوي باستخدام نانو فضه
ykgway.en.ec21.com/Nano_Silver_Antibiotic_Spra

➢ إستخدام "تكنولوجيا النانو" في عمليات زراعة الثدي[171]

أوضحت دراسة حديثة كيفية إستخدام مادة "النانو تكنولوجي" في تطوير زراعة ثدي أكثر أماناً وكبديل لمادة السليكون المطاطية التي تتسبب في العديد من التعقيدات الصحية. وحوالي 75% من السيدات اللآتي أجرين عمليات إستئصال للثدي يخترن الخضوع لعملية إعادة بناء الثدي، وكان الخيار الوحيد المتاح لهؤلاء السيدات يعتمد على إستخدام السليكون المطاطي بالرغم من أنه لا توجد أداة علاجية تثبت أنها 100% آمنة أو مؤثرة، إلا أن هناك نسباً عالية بين هؤلاء المرضى يعانون معدلات عالية من التعقيدات الطبية تنتج عن إستخدام السليكون في زراعة الثدي بما في ذلك زيادة حالات الأمراض المنتظمة وبعض الأشكال المتعددة للأمراض النفسية. وقام الباحث "جوديث سوسكاس" من جامعة أكرون الأمريكية بتحليل حالات زراعة الثدي من جانب العلم المادي لتحديد ما يمكن أن يثير مشاريع "النانو" تكنولوجي تطورات مستقبلية للوصول لزراعة آمنة للثدي. وقال "سوسكاس" إنه بتقليل مقدار المحتويات في التكوين النانوني من الشيء ضئيل الحجم فإنه يمكن تحقيق خصائص غير متوقعة. ويعمل الباحثون حالياً على تطوير "النانو" كبديل للسليكون المطاطي، الأمر الذي سيقلل من التعقيدات المصاحبة لزراعة الثدي. ومن المتوقع أن تساعد الدراسة كذلك على إستخدام مادة "النانو" تكنولوجي في تطوير علاج للسرطان لتحسَن من فاعلية العلاج وتقلل الأعراض الجانبية المرتبطة بالعلاج الكيميائي

[171] منال علي، استخدامات تكنولوجيا النانو في زراعة الثدي، 2012،

بعض المجالات الأخرى لتطبيقات "النانو" في الطب[172]:

➢ حاملات الدواء

- قدمت تقنيات "النانو" طرقاً جديدة لحاملات الدواء داخل جسم الإنسان (تسمى حاملات نانوية ذات أحجام تصل إلى مقياس "النانو") تكون قادرة على إستهداف خلايا مختلفة في الجسم، ويمكن بواسطة هذه التقنية تصوير خلايا الجسم بسهولة كما لو أننا نأخذ لها صورة عادية، كذلك يمكن التحكم بتلك الخلايا وتشكيلها بأشكال مختلفة.
- تستخدم أنواع كثيرة من الجسيمات النانوية كحاملات للدواء أو أدوات للتصوير داخل الجسم، وحالياً تستخدم أنواع مختلفة من جسيمات الليبوزوم النانوية المصنَّعة كأنظمة توصيل للعقارات المضادة للسرطان واللقاحات.
- كما تستخدم جسيمات الذهب النانوية في أجهزة الإختبار المنزلي للكشف عن الحمل.

➢ إستخدام المجسات النانوية الحيوية في إكتشاف الأمراض

- تستخدم الأسلاك النانوية كمجسات حيوية نانوية وذلك لحساسيتها العالية وحجمها النانوي
- يتم طلاء هذه الأسلاك النانونية بأجسام مضادة مصنعة بحيث أنها تلتصق فقط بالجزيئات الحيوية (DNA)، أو البروتينات، أو الجسيمات البيولوجية الأخرى الموجودة داخل الجسم.
- عندما ترتبط هذه البروتينات أو غيرها بالأسلاك النانوية المطلية فسوف تتغير توصيلتها، وبذلك يمكن إستخدام هذا المجس الحيوي في إكتشاف عدد كبير من الأمراض في مراحلها الأولية، وذلك بإدخال أعداد كبيرة من الأسلاك النانوية داخل الجسم تطلى بأجسام مضادة مختلفة تمثل مجسات مختلفة.

➢ الأغلفة النانونية المطلية بالذهب:

- تستخدم هذه الأغلفة لتدمير الخلايا السرطانية.
- يبلغ طول هذه الأغلفة حوالي 120 نانومتر، وتعتبر أصغر من حجم خلية السرطان بمقدار 170 مرة.
- عند حقن هذه الأغلفة النانوية داخل الجسم فإنها تلتصق تلقائيا بالخلايا السرطانية ، ثم يتم تعريض الخلايا لإشعة ليزرية تحت الحمراء والتي تعمل على تسخين الذهب ورفع درجة حرارته مما يؤدي إلى إحتراق تلك الخلايا وموتها.

---

[172] د. عبدالله بن صالح الضويان، جامعة الملك سعود، تطبيقات تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول، 2008 ، ص.24.

- تمتاز هذه الطريقة بالدقة والموضوعية نظراً لصغر الأغلفة النانوية بالنسبة للخلايا وتركزَها بالخلايا المريضة فقط مما يجعل الخلايا السليمة بعيدة عن مخاطر الآثار الجانبية.

➢ **جسيمات سلينيد الكادميوم النانوية:**

- يمكن لهذه الجسيمات تحديد مواقع خلايا سرطانية وذلك بحقنها داخل الجسم، فتتجمع داخل الخلايا السرطانية بشكل إنتقائي
- عند تعريض المنطقة المستهدفة لضوء فوق بنفسجي فإن الجسيمات تضيء مما يساعد في تحديد موقع الخلايا الخبيثة وإزالتها بدقة.

➢ **مولدات "النانو" الحيوية:**

- هي عبارة عن أجهزة كهروكيميائية نانوية تقوم بتوليد قدرة كهربية من جلوكوز الدم في الجسم.
- بعدها تستخدم هذه القدرة في تشغيل أجهزة نانونية أخرى مزروعة داخل جسم الإنسان مثل أجهزة ضبط النبض، أو روبوتات حقن السكر النانوية.

➢ **التصوير الطبي :**

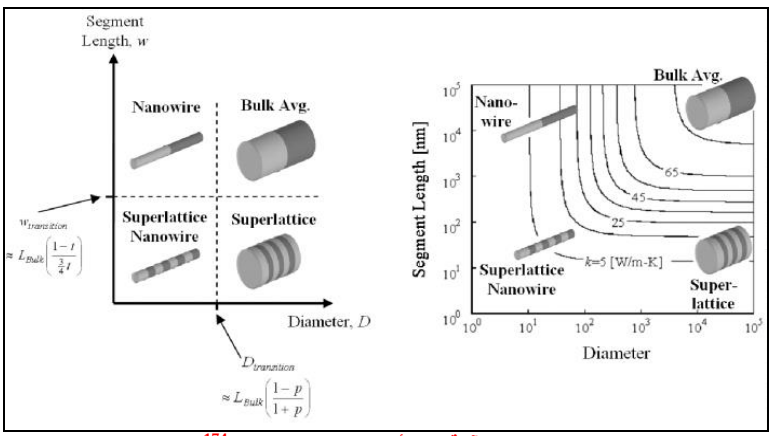
يمكّن التصوير بالنانو الباحثين والأطباء من تعقب أي حركة تحدث في النسيج الحي داخل جسم الإنسان. وفي مستطاع الأطباء هنا التعرف بدقة على حركة الدواء داخل النسيج المريض ، فدراسة بعض خلايا الجسم يكون صعباً، ومن هنا يلجأ العلماء إلى تلوينها وهناك مشكلة أخرى ألا وهي أن الخلايا التي تصدر أمواجاً ضوئية مختلفة في الطول لا تعمل بشكل واحد أو بكيفية واحدة على الدوام ، الأمر الذي يجعل عمليات التصوير الطبي تواجه مشاكل على صعيد التشخيص الصحيح، وقد تمكّن العلماء من حل هذه المشكلة وذلك بإستخدام بعض جزئيات "النانو" التي تبدي ردود فعل مختلفة إزاء الترددات الموجية المختلفة الناشئة بطبيعة الحال عن إختلاف طول الموجة.

➢ **ألياف البوليمر النانوية:**

- هذه الألياف جيدة لإجراء الجراحات الترقيعية للأوعية الدموية
- يتم زراعة هذه الأجهزة المصنوعة من ألياف البروتين النانوية في الجهاز العصبي المركزي للإنسان
- تستخدم أيضاً هذه الألياف في علاج الحروق والجروح
- تدخل أيضاً في صناعة المستحضرات التجميلية.

➢ شريحة المختبر النانوي[173]:

- هي شريحة بلاستيكية صغيرة بحجم ظفر الأصبع تقوم في دقائق معدودة بإجراء معظم الإختبارات المعملية.
- يقوم "جيمز هيث" أحد الباحثين في مجال تكنولوجيا "النانو" وأستاذ الكيمياء بجامعة "كاليفورنيا" الأمريكية بإبتكار جهاز يجمع 1000 مقايسة وحيدة الخلية ((والمقايسة assay)) عبارة عن تحليل للعنصر يستخدم لتحديد نسبة النظائر في المواد المشعة) على شريحة سليكون يبلغ حجمها 1سم^2
- تتميز كل شريحة بوجود صف من الخلايا بفتحات غائرة مستقلة تحت مسام السليكون، ونظراً لإرتباط المسام بغشاء الخلايا، فإنها تعمل بمثابة قناة تربط بين مكونات الخلية الداخلية وسطحها الخارجي
- توجد على الشريحة مصفوفات محشوة بأسلاك "النانو" (مثل صف من ذرات معدن مرتبة في شكل صف على قاعدة سيليكون سمكها لا يزيد عن بضعة نانومترات)
- يغطي كل سلك نانو مسبار بيولوجي جزيئي (بروتينات معينة) كالأجسام المضادة والذي يلتصق ببروتينات معينة مستهدفة تنتقل خلاله البروتينات عبر الأغشية وتلتصق بالجسم المضاد، فتتغير قابلية التوصيل الكهربي لسلك "النانو" والتي تقاس بواسطة مكشاف متصل بالمصفوفة.
- أطلق هيث على هذه الطريقة إسم الإنتقال عبر نموذج أسلاك "النانو" الشبكي الفائق (Super-lattice nanowire pattern transfer) وأستطاع الباحثون بذلك إنشاء أسلاك متناهية الصغر شبة موصلة يبلغ قطرها 8 نانومتر وتفصل بينها مسافة 8 نانومتر.

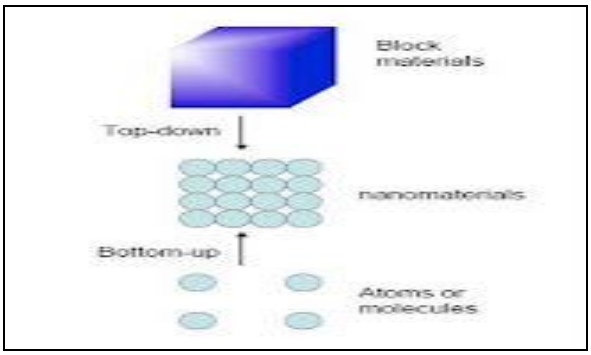


الشكل (90)آلية عمل أسلاك "النانو" الشبكي[174]

[173] ليندا ويليامز، د. واد ادمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة د. خالد العامري، مكتبة الأسرة.2008، ص.141

[174] www.engr.ucr.edu/cdames/research

- تستعين التكنولوجيا المعتمدة على شريحة المختبر النانوي بأساليب تشبة إلى حد كبير الأساليب المستخدمة عند تصميم لوحات دوائر الكمبيوتر، تتكون الشرائح من قنوات مجهرية أو نانونية تتدفق خلالها عينات من الموائع[175] والمواد الكيمائية.
- تتفوق تقنية شريحة المختبر النانوني على التقنيات الأخرى بسرعتها البالغة ورخص ثمنها ودقة أدائها، وأيضاً إمكانية إستخدامها لقياس المركبات المختلفة في دقائق معدودة.
- يمكن لهذه الشرائح الصغيره أداء العديد من الإختبارات في وقت واحد.



الشكل (91)

nano-products.blogspot.com

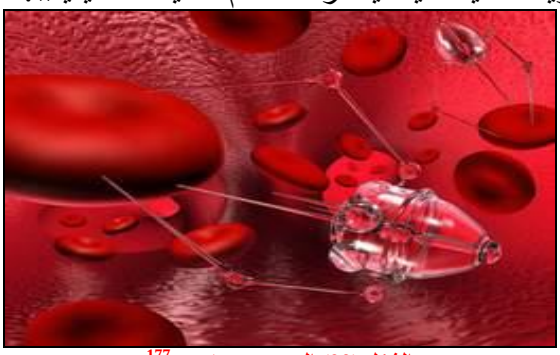
- إن أهم ما يميَز تكنولوجيا "النانو" عن غيرها هو الحجم فائق الضآلة والتخصصية وعلى الرغم من وجود 16 فتحة غائرة ، تستطيع شريحة المختبر النانوي في المستقبل إختبار مئات وربما الآف من المركبات الكيميائية والمنتجات الثانوية والجسيمات بواسطة عينة واحدة .
- تتيح شريحة المختبر "النانو" (بمسافة فاصلة تعادل او تقل عن 8 نانومتر) إمكانية دمج العينات البيولوجية وحفظها وفصلها وإختبارها وتحليلها للتوصل إلى معلومات عن مئات الأمراض المعدية المعروفة وغيرها.
- يمكن النظر إلى الخلايا بإعتبارها مجموعة من الأنشطة المترابطة مثل الإشارات الخلوية وإنتقال الأنزيمات والغذاء وتكون منتجات الخلية

---

[175] علم الموائع الدقيقة هو العلم الذي يعني بدراسة كيفية استخدام قنوات دقيقة لإمرار السوائل وتحريك الخلايا إلى أماكن مختلفة على شريحة معملية واستخدامها في الكثير من الدراسات المتنوعة.

➢ روبوت مجهري لإجراء عمليات جراحية داخل الدماغ قطره بسمك شعرتين ويوجه لإزالة الجلطات[176]:

صمَم علماء أستراليون روبوتاً مجهرياً قطره 250 نانومتراً أي ما يقابل سمك شعرتين أو ثلاث بهدف إجراء عمليات في الدماغ على غرار الآلة التي وردت في فيلم الخيال العلمي «الرحلة الخيالية» في 1966م. وصرَح جيمس فرند الباحث في مختبرات فيزياء الأبعاد الصغيرة في جامعة "موناش" في كلايتن الذي شارك في الدراسة المنشورة في مجلة «جورنال أوف مايكروميكانيكس اند مايكروانجنيرينغ» «نبحث عن أداة نستطيع وضعها في الشرايين البشرية لا سيما حيث يتعذر أستخدام التقنيات التقليدية».



الشكل (92) الروبوت بورتيوس[177]

وأطلق على محرك الروبوت إسم «بورتيوس» على غرار الغواصة المصغرة في الفيلم التي نقلت أطباء ومساعدتهم بعد تقليص حجمها لتصبح صغيرة جداً ما سمح بإدخالها عبر ساق عميل أعيد من الإتحاد السوفيتي السابق لإنقاذه وتدمير جلطة دموية في دماغه. ولا يمكن للروبوت الصغير «الدخول عبر الساق لأن المسافة التي عليه إجتيازها ستكون طويلة لكن يمكن إدخاله عبر الرقبة» كما نقلت وكالة الصحافة الفرنسية عن فرند. وقال عالم فيزياء الأبعاد الصغيرة إن «السباحة في الشرايين الواسعة في الجسم البشري صعبة لأن التدفق سريع» مضيفاً أن الدم يجري بسرعة متر واحد في الثانية بمحاذاة القلب. لكن سرعة تدفق الدم في الشرايين تكون أقل بكثير قرب الدماغ. وبالتالي هناك مشكلة أن تعلق الآلة الصغيرة في زاوية ما من الجسم ويتعذر إسترجاعها بحسب فرند الذي قال إن «هذه ستكون التجربة المحورية للآلة».

وأوضح فرند الذي شارك في صنع «بروتيوس» أن «النسخ الأولى التي نجربها هذا العام مثبتة على طرف أنبوب. فإذا تعطل المحرك يمكننا سحب الأنبوب وإسترجاع المحرك». وأضاف أن مشكلة تلك الأنابيب هو صلابتها

---

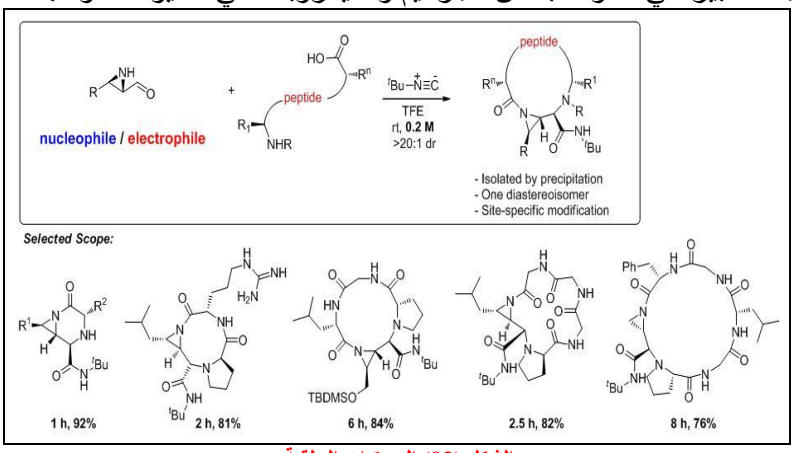
[176] http://nano-products.blogspot.com
[177] http://1.bp.blogspot.com

المفرطة التي تحول دون تحريكها بسهولة عبر الشرايين. وسيحاول الباحثون التحكم بالآلة المجهرية عن بعد عبر موجات بقوة أثنين إلى ثلاثة واط أي بقوة هاتف محمول عادي. وسيستخدم الروبوت في المرحلة الأولى بغرض المراقبة.

➢ النانوبيوتك أحدث بديل للمضاد الحيوي[178]:

توصل العلماء الأمريكيون إلى طريقة علمية جديدة لمكافحة البكتيريا القاتلة التي طورَت مقاومة ضد المضادات الحيوية. ويعتبر هذا النوع من الأدوية الذكية بديلاً غير مسبوق للمضادات الحيوية ويساعد على حل مشكلة مقاومة هذه الأنواع البكتيرية للأدوية. وحسب تقديرات المنظمة فإن التكلفة الكلية لمعالجة الإصابات الناجمة عن العدوى بالبكتريا المقاومة للمضادات الحيوية تبلغ حوالي 10 بلايين دولار سنوياً. ويعدَ هذا النوع الجديد من الأدوية التي تعرف حاليا بـ "النانوبيوتيكس" Nanobiotics من باكورة الإنتاج الطبي لأحد أهم حقول العلم والتقنيات المستقبلية. ويعتمد دواء "النانوبيوتيكس" الجديد علي بيبتيدات حلقية ذاتية التجمع مخلقة صناعياً من الممكن أن تتجمع على هيئة أنابيب أو "دبابيس" نانوية متناهية الصغر لتقوم بثقب جدران البكتريا المعدية الفتاكة المقاومة للمضادات الحيوية ومعظم الأنواع الأخرى المستخدمة عادة في الحرب البيولوجية.

ومن المعروف أن البيبتيدات الحلقية (Cyclic peptides) الطبيعية حققت نجاحاً كبيراً في مقاومة بعض الجراثيم والميكروبات في الحيوانات والنباتات.

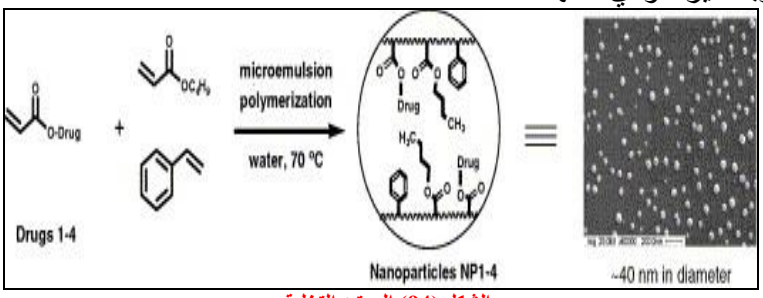


الشكل (93) البيبتيدات الحلقية

www.chem.utoronto.ca/staff/YUDIN/macrocycles.html

[178] www.islamonline.com و http://nano-products.blogspot.com

كما تم إنتاج مضادات حيوية طبيعية مثل عقار "باسيتراسين" (Bacitracin) الذي يُستعمل عموماً كمضاد حيوي موضوعي. وكانت البداية التاريخية عندما شكل علماء الكيمياء الحيوية بمعهد "سكريبس" للأبحاث في لايولا بكاليفورنيا أنابيب متناهية الصغر (Nanotubes) من مجموعة من البيبتيدات الحلقية في عام 1992م. وكان الهدف من ذلك هو إنتاج "أنابيب إختبار" على المستوى الجزيئي (Nanoscale) لإستخدامها في الأبحاث الطبية ولاحظ العلماء أن هناك نشاطاً غريباً لغشاء هذه الأنابيب في عام 1994م، ولذلك أهتموا بتسخيرها في معالجة البكتيريا المقاومة للعديد من المضادات الحيوية. وقد تحقق أول نجاح مهم في هذا المجال في شهر أكتوبر عام (2001م) عندما صمم "ريزا غاديري" وفريق من العلماء الآخرين في نفس المعهد السابق ذكره "ببيتيد" peptide تخليقي (عبارة عن تصنيع دقيق لجزيء تفرزه النباتات والحيوانات لمقاومة العدوى) ووجد العلماء أن هذا النوع من البيبتيد يتخلل غشاء الخلايا البكتيرية ويحدث بها ثقوباً كثيرة تؤدي لقتلها



الشكل (94) البيبتيد التخليقي
linkinghub.elsevier.com

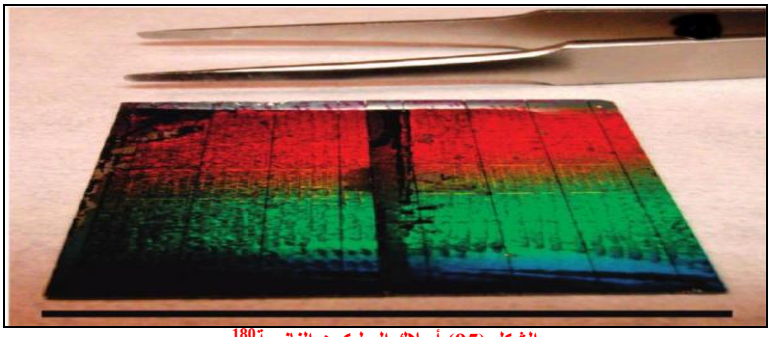
- **تقنيات كوريه جديده للكشف عن أمراض القلب:**

تمكّن فريق علمي كوري من إبتكار تقنيات جديدة للكشف المبكر عن أمراض القلب. وتتركز تلك التقنيات التي إبتكرها الفريق العلمي برئاسة البروفيسور "لي جي وون" من جامعة يونغ كين ، على قياس مستوى بروتين في الدم يسمى "تروبونين" ، وذلك بإستخدام "النانو" تكنولوجي. وتعد تلك الطريقة أدق 10 ملايين مرة في قياس التروبونين مقارنة بالطرق التقليدية

- **أسلاك السليكون النانوية[179]**

- أعلن فريق من العلماء بجامعة "هارفرد" عن إمكانية إستخدام أسلاك السليكون الرفيعة للغاية لإكتشاف أماكن كل فيروس على حدة بشكل كهربي.

[179] ليندا ويليامز، د. واد ادمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة د. خالد العامري، مكتبة الأسرة.2008، ص.145.



الشكل (95) أسلاك السليكون النانوية[180]

- تستطيع أجهزة الكشف تلك التمييز بين أنواع الفيروسات بدقة عالية، إذا تم تجميع هذه الأسلاك المنفردة لتكوين مصفوفة بسيطة، لأمكن تصميم مصفوفات معقدة قادرة على إستشعار آلاف الأنواع المختلفة من الفيورسات.
- نجح الدكتور "تشارلز ليبر" أستاذ الكيمياء بجامعة "هارفرد" في تصميم أسلاك السليكون عند مستوى "النانو" والتي تتمتع بإمكانية تشغيلها وإيقافها في وجود فيروس واحد، ومن خلال تجميع الأسلاك معاً، يمكن إكتشاف الفيروس الحالي ومستقبلات الأجسام المضادة.
- عند إتحاد الفيروس بأحد المستقبلات، فإنه يرسل شحنة كهربية تدل على وجودة.
- لقد أكتشف الباحثون أن أجهزة الكشف بإمكانها التمييز بين أنواع مختلفة من الفيروسات بدقة بالغة. وهذا بدوره يساعد الأطباء على إكتشاف العدوى الفيروسية في المراحل المبكرة من المرض وذلك بفضل مجسات الأسلاك النانوية.

➢ الطبقة البلورية النانوية[181]:

- إن إستخدامات الطاقة الضوئية عديدة ، فإذا إصطدم الضوء بأحد المعادن بالجسم، ترتفع درجة حرارة المعدن، الأمر الذي يؤدي إلى القضاء على الأنسجة المحيطة (كالأورام مثلا). أما إذا إصطدم بأحد الجسيمات ، أدى ذلك إلى إنطلاق جزيئات الأكسجين لتتفاعل مع الأنسجة المحيطة وتدمرها(فتقضي بذلك على الأورام)
- أعتمد أثنان من العلماء هما "جينفر ويست" و "ريبيكا دريزيك" الأستاذان بجامعة "رايس" على جسيمات متناهية الصغر من البلورات الزجاجية المغطاة بطبقة من الذهب أطلقا عليها إسم الطبقات البلورية النانوية

---

[180] www.tech-tech.net/category

[181] ليندا ويليامز، د. واد ادمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة د. خالد العامري، مكتبة الأسرة.2008، ص.148

(nanoshells)[182]، وذلك في تطوير عملية إكتشاف الأنسجة التالفة وعلاجها.

- صممت جسيمات "النانو" التي تحتوي على لب من السليكا (الزجاج) وطبقة من الذهب بهدف إمتصاص الأطوال الموجية الضوئية في الأشعة تحت الحمراء القريبة (أي في الطيف الكلي للضوء) حيث يكون إختراق الضوء للأنسجة أكبر.
- ظهر نتيجة إستخدام الطبقات البلورية النانوية المتناهية الصغر نوعاً جديداً من عقاقير علاج الأورام السرطانية والتي تتحرك داخل الأوعية المسامية للورم ثم تستقر هناك، وتتميز هذه الأوعية الدموية التي تمد الورم بالمواد المغذية بوجود فتحات صغيرة تتيح للطبقات البلورية إختراقها والإقتراب من الورم.
- تسمى هذه العملية بطريقة النفاذية والإحتباس المعززين (Enhanced Permeability and Retention) والتي تعرف إختصاراً بأسم (EPR)، إضافة الى هذا، تلتحم الطبقات البلورية النانوية بالأجسام المضادة ويتم توجيهها لمحاربة البروتينات السرطانية مثلاً أو العلامات البيولوجية للمرض، الأمر الذي يزيد الدقة العلاجية على المستوى الخلوي.
- تستطيع الطبقات البلورية النانوية الوصول الى الورم بإحدى وسيلتين:
  1. بإستخدام جسم مضاد
  2. طريقة EPR .
- لا تتميز جميع الأورام السرطانية بعلامات بيولوجية محددة تمكن العلماء من تكوين أجسام مناعية مضادة للقضاء عليها، ولحسن الحظ تعنى ظاهرة EPR أن العلاج بالطبقات البلورية النانوية لا يقتصر على الأورام السرطانية التي تتصف بعلامات بيولوجية معينة. فإذا أردنا علاج خلايا سرطان الثدي بإستخدام الطبقات البلورية، فإن الاجسام المضادة تلتصق بهذه الطبقات لتقوم بالقضاء على الخلايا السرطانية المقصودة.
- لقد نجح الأطباء في علاج الخلايا السرطانية بأحد فئران التجارب عن طريق تسليط أشعة الليزر تحت الحمراء على الخلايا المصابة، حيث تمتص طبقة الذهب الأشعة تحت الحمراء فترتفع درجة حرارتها. أما الأنسجة السليمة (التي لا تلتصق بها جسيمات "النانو" البلورية)، فتحافظ على درجة حرارتها دون أن تتأثر بالظروف المحيطة. وتقوم الحرارة المرتفعة (تصل الى 55 درجة مئوية) بتدمير الخلايا السرطانية دون أن تؤثر على الخلايا السليمة.
- لهذه الوسيلة العلاجية فائدة عظمية؛ حيث إن الخلايا السرطانية وحدها هي التي تتعرض للتدمير. أما باقي الخلايا السليمة بالجسم، فتظل كما هي دون تأثر أو تغيير، هذا له فائدة كبيرة تختلف عن العلاج الكيمائي الذي يدمَر

[182] الطبقة البلورية النانوية عبارة عن جسيمات من السليكا مغطاة بطبقة من الذهب لها خصائص بصرية يمكن تعديلها وتتأثر بالحجم والشكل الهندسي والتركيب

الخلايا بشكل سريع، سواء كانت سليمة أو مصابة (وهذا أحد الأسباب التي تؤدي إلى فقدان المرضى الذين يتلقون علاجاً كيميائياً شعرهم، حيث أن المواد الكيميائية المستخدمة في هذا النوع من العلاج تؤدي إلى إنقسام خلايا بصيلات الشعر بصورة أسرع من باقي الخلايا، وبالتالي القضاء عليها.)

- نجح العلماء في علاج الفئران بواسطة الطبقات البلورية النانوية عن طريق تدمير خلايا سرطان الثدي ووصلت نسبة النجاح الى 100% على عكس الفئران التي لم تتلقى العلاج فماتت كلها خلال 30 يوما، وبناءاً عليه بدأ العلماء إجراء تجاربهم على الإنسان في عام 2005م.
- قام العلماء بفحص سرطان القولون الذي أصاب أحد فئران التجارب، فحقنوه بحقنة وريدية تحتوي على الطبقات البلورية النانوية، ثم أتبع ذلك بست ساعات إضاءة للمنطقة المسرطنة ، وبالفعل وجد العلماء أن الخلايا السرطانية قد تدمرت كلياً. ومع حلول اليوم العاشر، نجحت الطبقات البلورية النانوية في علاج جميع الأورام السرطانية في حين تضاعفت هذه الأورام بشكل كبير في حالة الفئران التي لم تتلق العلاج.
- عند إتباع العلاج بالطبقات البلورية النانوية لا بد من دراسة الآثار السلبية أو الجانبية لهذا العلاج، فقد يطرأ بعض المشاكل إذا أخطأت الجسيمات الدقيقة[183] في الوصول إلى المكان المراد (خاصية التوزيع الحيوي)، أو من الممكن أن تعلق هذه الجسيمات في الجسم طوال العمر وذلك بعد تلقي العلاج (خاصية التصفية)، وقد تعلق بالجسم إذا كانت سامة (خاصية السمية). لهذا السبب، قام العلماء بتقييم هذه الخواص الثلاث كي تنجح طريقة العلاج بالطبقات البلورية.

➢ إندمال الأنسجة[184]

- نظراً لأن الطبقات البلورية النانوية قد صمَمت بحيث تمتص الأشعة تحت الحمراء القريبة دون رفع درجة حرارة الأنسجة المحيطة السليمة، يدرس العلماء كيفية إستخدام هذه الأشعة في عملية إندمال الأنسجة.
- تتيح هذه العملية فرصة إلتئام الجروح بشكل أفضل وأسرع، وهو ما يمثل المشكلة بالنسبة للأطفال وكبار السن.
- يضع العلماء الطبقات البلورية في لحام من الألبومين (نوع من البروتينات) يدهنونه عند منطقة القطع أو الجرح، وحين تسلط الأشعة تحت الحمراء القريبة على هذه المنطقة، ترتفع درجة حرارة الطبقات البلورية؛ وهذا بدوره يؤدي إلى تعديل تركيب بروتينات الورم المقصودة؛ فتحدث بذلك عملية إندمال الأنسجة. ودون هذه الطبقات البلورية، لن تتم عملية الإندمال حين تسلط هذه الأشعة على الجرح.

---

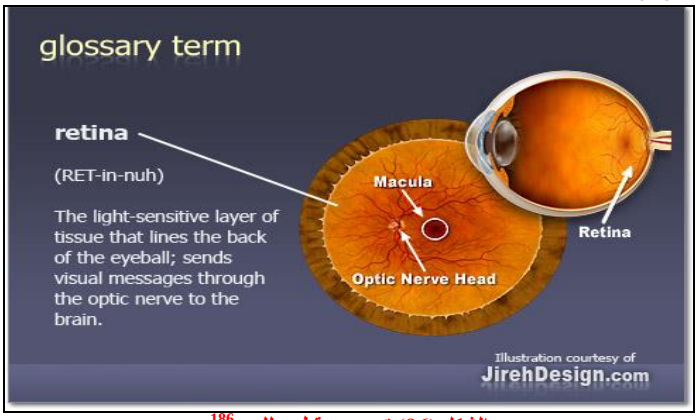
[183] انظر تعريف الجسيمات وانواعها في الفصل الثالث

[184] لينداويليامز، د. واد ادمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة د. خالد العامري، مكتبة الأسرة.2008، ص.150

- على الرغم من نجاح إستخدام الليزر (دون الإستعانة بالطبقات البلورية) في بعض التقنيات التقليدية لعلاج الجروح، فإن لهذه الطريقة بعض العيوب:
  - ✓ لا تخترق الأطوال الموجية الأنسجة بشكل كاف
  - ✓ الإندمال لا يكتمل وتتلف الأنسجة المجاورة
- قد نجح أحد المعاهد العلمية في الحد من هذه المشكلات عن طريق إنتقاء الأطوال الموجية للضوء (الأشعة تحت الحمراء القريبة) التي تمتصها الأنسجة
- تتم عملية التئام الأنسجة بشكل سريع حين توضع الطبقات البلورية النانوية في اللحام البروتيني وتدهن على الأنسجة، ثم تسلط عليها الأشعة تحت الحمراء القريبة.
- قد أظهرت التجارب التي أجريت على فئران التجارب أن جميع الجروح قد أندملت تماماً وأن قوة الأنسجة قد زادت خلال 32 يوم وهي مدة إجراء الدراسة.

➢ التصوير المقطعي البصري المترابط[185]

يستخدم العلماء تقنيات التصوير البصرية المعتمدة على تشتت الضوء، مثل تقنية التصوير المقطعي البصري المترابط (optical coherence tomography) والمعروف بإسم (OCT) في التشخيص لمرض السرطان دون اللجوء إلى تدخل جراحي، فمع إستفحال السرطان بالجسم تتغير زاوية إنكسار الأنسجة، الأمر الذي يجعل النسيج المسرطن مختلفاً عن النسيج السليم عند تصويرة.

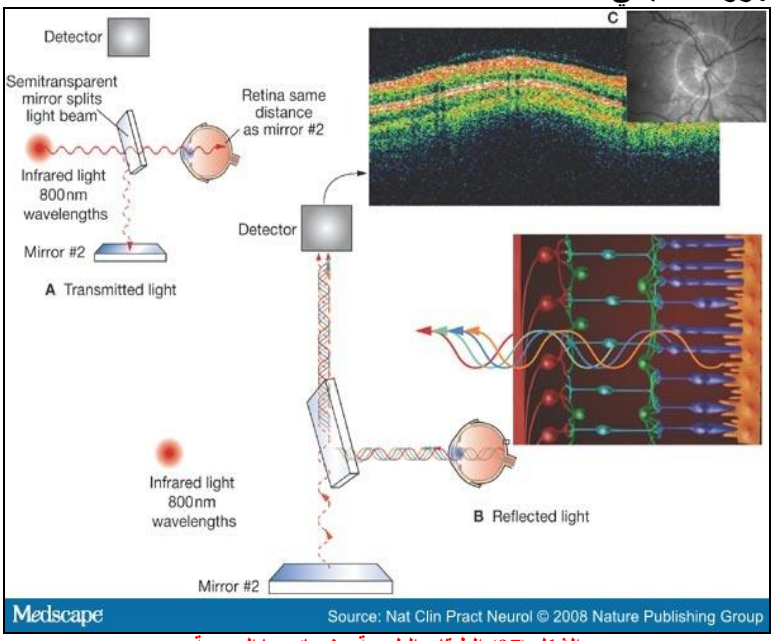


الشكل (96) تصوير مقطعي للعين[186]

[185] ليندا ويليامز، د. واد ادمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة د. خالد العامري، مكتبة الأسرة.2008، ص.151

[186] www.maculacenter.com/Procedures/OCT.

- قد يصبح الفحص المبكر للسرطان والدقة الشديدة وتصوير العلامات البيولوجية الجزيئية أمراً ممكناً مع إستخدام عوامل تباين جديدة.
- تتميز الطبقات البلورية بإمكانية تعديل خصائصها البصرية، لهذا السبب يمكن أن تصمم بحيث تمتص الضوء أو تشتته عند أطوال موجية عبر معظم المساحة المعرضة للضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء للطيف الكهرومغناطيسي.



الشكل (97) الطبقات البلورية وخصائصها البصرية

www.medscape.com/viewarticle

➢ الهندسة الحيوية

تعتبر الهندسة الحيوية المجال العلمي الذي يعنى بدراسة أداء المادة ، تتميز مواد "النانو" بأهمية كبيرة في العلاج، نظراً لإن حجمها متناهي الصغر يتيح لها إختراق العديد من البيئات البيولوجية ويوفر لها خصائص مهمة عند مستوى "النانو". هذا غير أن مساحة سطحها الكبيرة تتفاعل مع الأنظمة المعقدة لإكتشاف الأمراض وتلف الأنسجة والتعامل معها.

➢ قصاصات ورق تكتشف الأمراض دون الحاجة إلى المختبرات

في الوقت الذي عكف فيه العلماء وبنجاح على تصغير الأكواب والأنابيب وأجهزة الطرد بهدف وضعها في مختبرات تشخيصية مصممة داخل صناديق من الألمنيوم تتكلف 50000 دولار، كان "لجورد وايتستاند" أحلام أصغر، وسائل الإختبارات التشخيصية التي إبتكرها الدكتور "وايتستاند" في مختبر الكيمياء في جامعة هارفارد يمكن تثبيتها على طابع بريد، وتتكلف أقل من قرش واحد

ما هو السر؟

إنه الورق، فقد قام زملاء الدكتور وايتستاند بتصغير وسائل الإختبارات التشخيصية ليتمكنَوا من الإنتقال إلى الميدان مع مضخَات وأنابيب رفيعة. وأختار الدكتور "وايتستاند" نهجاً أكثر إبتكاراً، معللاً بأن قطرة من الدم أو البول يمكن أن تشق طريقها من خلال مربع من ورق الترشيح من دون أي مساعدة. وإذا ما أمكن تشكيل قنوات صغيرة على الورقة حتى تتمكن القطرة من السير فيها، وإذا ما زرعت بروتينات جافة على هذا المسار وكذلك الأصباغ الكيميائية، فيمكن لهذه المساحة الصغيرة أن تكون مختبراً مصغراً - وحدة يمكن طبعها بالآلاف عبر ماكينة تصوير وإستنساخ الأوراق (زيروكس)

طوابع إختبارات الكبد والإيدز

قد أبدت شركة «التشخيص للجميع» الخاصة، التي أنشأها الدكتور "وايتستاند" قبل 4 سنوات في حي برايتون ببوسطن لتسويق الإختراع الجديد، نجاحاً واضحاً في إختبارات مثل الإختبارات تلف الكبد. ويقيِّم طابع إختبار الكبد التشخيصي مستوى إنزيمات الكبد في الدم. فالإنزيم المعروف اختصاراً بإسم «إيه إس تي» ينطلق عندما تتكسر خلايا الكبد. كل ما يتطلبه الإختبار قطرة واحدة من الدم، ويستغرق 15 دقيقة، ويمكن معرفة النتائج بواسطة العين غير الخبيرة. فإذا ما تحولت البقعة المستديرة بحجم حبة السمسم على الورق إلى اللون الوردي من الأرجواني، فالمريض على الأرجح في خطر.

إن إستخدام الورق في الإختبارات التشخيصية ليس أمراً جديداً تماماً، فهو يمتص البول في وسائل إختبار الحمل المنزلية وإختبار مرض السكري في المنزل، ولكن الدكتور "وايتستاند" إبتكر وسائل للسيطرة على التدفق عبر طبقات متعددة للتشخيصات الأكثر تعقيداً. وتقول "أونا إس رايان"، الرئيس التنفيذي لشركة «التشخيص للجميع» إن التحاليل التي أجريت أثبتت دقة بلغت أكثر من 90 في المائة عن فحص عينات من الدم من قبل مختبر من «بيث إسرائيل ديكونيس الطبي»، بالمستشفى التعليمي في جامعة هارفارد.

وأضافت الدكتورة ريان، المتخصصة في البيولوجيا: «ينبغي عليهم أن يكونوا أكثر دقة بشأن الدم الطازج. فالأبحاث الميدانية في الهند سيتم تنفيذها أواخر العام الحالي.سيكون الهدف الرئيسي مرضى الإيدز المصابين بمرض السل، الذين ينبغي أن يتناولوا توليفة كبيرة من الأدوية.

بعض هذه الأدوية التي تدمر الكبد وتؤدي إلى الوفاة نتيجة فشل الكبد أكثر شيوعا بـ12 مرة بين الأفارقة المصابين بمرض الإيدز منه بين الأمركيين، حسب الدكتورة ريان، لأن إختبارات الكبد الحالية مكلفة وتتطلب أنابيب من الدماء.

إختبارات ورقية

تم تطوير إختبار الورقة بمنحة قدرها 10 ملايين دولار من مؤسسة "بيل وميليندا غيتس". وقد منحت المؤسسة والحكومة البريطانية 3 ملايين جنيه إسترليني لعمل 3 أنواع من إختبارات ورق إضافية لمساعدة صغار الفلاحين:

- أحدها لـ"الأفلاتوكسين"، وهو سم ينتج عن طريق فطر ينمو على الذرة، والفول السوداني، والمحاصيل الأخرى. ويمكن لجرعة كبيرة أن تؤدي إلى سرطان الكبد، وحتى الكميات الصغيرة التي تؤكل بصورة منتظمة تصيب الأطفال بالقزامة. والفلاحون القادرون على جعل محاصيلهم خالية من الفطر يمكنهم حماية عائلاتهم والحصول على أسعار أعلى. لكن الإختبارات الحالية تتكلف 6 دولارات للفرد، أكثر مما يطيقه الفلاحون. ويمكن إنتاج إختبار الورقة التي تعمل على الماء المغسول على الحبوب بقيمة 50 سنتا، حسب تقديرات الدكتورة رايان. ويمكن لإنتاج كميات كبيرة أن يخفض التكلفة إلى مجرد قروش بسيطة.
- يفحص الإختبار الثاني فساد الحليب الذي تسببه البكتيريا، وينتمي العديد من صغار منتجي الألبان إلى تعاونيات تعمل على تجميع الحليب الذي ينتجونه. ويمكن لبقرة مصابة أن تعدي القطيع ككل. ويفحص الإختبار الحالي الحامضية التي تسببها البكتيريا وهي ليست محددة ويمكن هزيمتها بإضافة قاعدة مثل الليمون. ويمكن لإختبار رخيص أن يساعد التعاونية في العثور على الفلاح الذي تسبب في ذلك ويستطيع الفلاح العثور على البقرة المصابة.
- أما الاختبار الثالث المقترح فيكتشف الهرمونات التي تنطلق في البول عندما تكون البقرة حاملا. ينبغي على الفلاحين إما متابعة أبقارهم لمراقبة التغير في السلوك أو أداء الاختبارات البدنية التي يمكن أن تكون خطرة لأنها تتطلب الوصول إلى عمق مستقيم داخل البقرة لجس الرحم. ويقول الدكتور باتريك بيتي، رئيس عمليات الصحة العالمية في مؤسسة «التشخيص للجميع»، إن «تربية بقرة أشبه بجمع ثروة، إنهم بحاجة إلى إختبارات أفضل

إختبارات مستقبلية

وقال وايتستاند: «كان ذلك مكلفاً للغاية بالنسبة للدول النامية، لذا كنت أفكر، في الوصول إلى الطريقة الأمثل لصنع النماذج بأرخص صورة، بوضع أشياء في مناطق الإختبار. ووقتها كنت أفكر بالصحف والكتب الهزلية. وهو ما أدى إلى هذه التشخيصات الورقية.« ويتوقع وايتستاند العديد من التطورات المتاحة فإختبارات وظائف الكبد تستخدم الكيمياء. وسوف يستخدم الجيل القادم علم المناعة، أحد التصميمات على سبيل المثال "جففت المضادات الحيوية الملحقة بقطع الطلاء التي تنجرف على السطح المثبتة عليه المضادات الحيوية الأخرى. هذا الطلاء الذي يجري فيها هو الذي يعطي رد الفعل اللوني. بعد ذلك، فهو يخطط لصنع شيء ما مثل عداد

غلوكوز يعمل بالبطارية المستخدم من قبل مرضى السكري، لكن على رقاقة يمكن التخلص منها بعد إستعمالها، وتوظيف الدوائر المرنة المطبوعة مع الحبر المنقوع في المعدن وصمام ثنائي باعث للضوء عرضه أقل من ملليمتر. ويتوقع وايتستاند استخدام رقاقة تستطيع تحديد عدد الخلايا في نقطة دم تحتوي على طفيليات داخلها. وتعتبر مضاعفة «DNA» جزءا، حيث تعد مكونا رئيسيا في الاختبارات الخاصة بالفيروسات، أكبر العقبات التي تواجه وايتستاند لأنها تتطلب على الدوام حرارة وتبريداً متكرراً.

وأشارت إلى أن لاعبي الماراثون، على سبيل المثال، قد يتمكنون من وضع الرقاقة على عرق جباههم لمعرفة ما إذا كانت السوائل التحليلية لا تزال متوازنة قبل شربهم المزيد من المياه .أو قد يمكن الأمركيين، الذين يعانون من إرتفاع الكولسترول، الذين يتعاطون دواء "الستاتين"، الذي قد يتسبب في دمار الكبد، في مراقبة إنزيمات الكبد بلمسة إصبع.

مثل هذه الأسواق تعطي الشركة دخلا يمكنها من قطع طريق طويل نحو دعم أبحاثها في أفريقيا، بحسب الدكتورة ريان. وأضافت: «على الرغم من ذلك، ستكون هناك عراقيل ضخمة تضعها المعامل الكبرى لأنها تحقق أرباحا من ذلك.

➢ هندسة البروتينات[187]

- ✓ تتكون الأنظمة الحيوية، بما في ذلك جسم الإنسان نفسه من مجموعة كبيره من البروتينات، فالجلد والشعر والعضلات والدم والاعضاء والعين وغيرها من أجزاء الجسم تحتوي على الآف البروتينات التي تشكل تركيبها وتحقق وظيفتها. وقد تنتج بعض الأمراض في حالة تلف بعض جزيئات البروتين كجنون البقر، أو فقر الدم.
- ✓ حاول العلماء على مدار السنوات فك شيفرة تركيب البروتينات ، وعندما إستطاعوا فك شيفرة مجموعة العوامل الوراثية البشرية ! أصبح الأمر أسهل لهم وأستطاعوا إكتشاف العديد من التراكيب البروتينية.
- ✓ تمكّن العلماء اليوم من تخليق البروتينات صناعياً بدمج المكّون الأساسي لها وهي "الأحماض الأمينية" في الشرائط البروتينية الطويلة بعد تحديدها، وصار بمقدور الباحثين والأطباء استئصال قطاع من البروتين واستبداله بآخر كي يعمل البروتين بشكل طبيعي بدلاً من أن يؤثر سلباً على تطور الخلية ووظيفتها، وتسمى هذه العملية بهندسة البروتينات[188]

---

[187] ليندا ويليامز، د. واد ادمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة د. خالد العامري، مكتبة الأسرة.2008، ص.155

[188] هندسة البروتينات هي العلم الذي يعني بتخليق البروتينات أو إصلاح ما تلف بها لإستخدامها في المجال الطبي أو الزراعي

- ✓ تستغل تكنولوجيا "النانو" هندسة البروتينات على النحو الأمثل، فبالتعرف على الكيفية والمكان الذي يصيب فيه جزئ البروتين الجسم بالمرض، تصبح وسائل هندسة البروتينات أكثر فائدة.

➢ العلاج بجزئ ال DNA

- ✓ يسمَى هذا النوع من العلاج بالعلاج الجيني، وهو يستغَل قدرة جزئ الDNA على إستنساخ نفسه.
- ✓ يمكن الإعتماد عليه كنوع من المجسَات البيولوجية لإكتشاف جسيَم أو غشاء أو نسيج بيولوجي معين
- ✓ نجح الباحثون في التوصل إلى مكمَلات لشريط الـDNA خاصة ببروتينات أورام معينة، حيث تلتحم بصمة ال[189]DNA ببروتينات الورم المطابقة في الدم أو الأنسجة، وبما أن جينات الDNA لا تتحد إلا مع ما يطابقها فإن إحتمال الخطأ مستحيل تماماَ.

➢ حقن الدواء في خلايا معينة

- ✓ بما أن الجسم عبارة عن منظومة كبيره معقدة تحتوي على العديد من المنظومات الأخرى الفرعية، لذا من الضروري أن تنتقل الأدوية إلى المكان المصاب بدقة بالغة.
- ✓ أكتشفوا العلماء آلية كيفية حدوث عملية الإتاحة الحيوية[190] (Bioavailability) التي من شأنها تطوير جهاز نقل العناصر البيولوجية في الجسم.
- ✓ تستخدم تكنولوجيا "النانو" حمض الDNA لنقل أحد الأدوية الملتصق ببروتين معين إلى موقع الورم لتدميره، وعلى عكس بعض الأدوية التي تؤثر على جميع أعضاء الجسم، فالدواء الجديد سيوجَه إلى المناطق المصابة فقط، وبالتالي هذه الطريقة تجنب المريض التفاعلات السلبية للعقار عموماً.
- ✓ تعتبر الإتاحة الحيوية وإنتقال الأدوية بالجسم عمليتان معقدتان، ففي حالة العلاج الكيماوي السام، لا بد من التوصل إلى طريقة لقتل الخلايا السرطانية التي تجتاح الجسم دون أن يؤدي ذلك بحياة المريض.
- ✓ من الطرق التي جعلت تكنولوجيا "النانو" تزيد من الإعتماد على الإتاحة الحيوية هي القدرة على نقل الأدوية عبر أغشية الخلايا وداخل الخلايا نفسها. وبما أن عملية إستنساخ الفيروسات والأمراض تتم معظم الوقت داخل الخلية فلا بد من أن يتم العلاج كذلك بداخلها.

---

[189] سميت بالبصمة لإن كل شخص له بصمةDNA فريدة ومحددة لا تتكرر مثل بصمة الأصبع

[190] الاتاحة الحيوية هي عملية نقل الجزيئات العلاجية في الجسم إلى الأماكن المصابة لعلاجها على النحو الأمثل

➢ **التركيب الذاتي**

- ✓ هي عملية التركيب أو التجميع الذاتي للكبسولات المجهرية المجوفة، وتتكون هذه الكبسولات المجهرية من تلقاء نفسها في شكل كرة مفرغة بدلاً من أن يقوم الباحث بتخليقها.
- ✓ لها شكل كروي، وقد تحتوي على أجسام مضادة أو غيرها من البروتينات تلتصق بغلافها، بالإضافة إلى وجود أنزيمات أو جزيئات أخرى داخلها.
- ✓ تهم عملية التركيب الذاتي للكبسولات المجهرية الأطباء، حيث إنها تعتبر أداة متميزة في توصيل الدواء وعلاج العديد من الأمراض مثل " الزهايمر، فقدان الذاكرة"
- ✓ تتم هذه العملية على أربع مراحل هي:
  - تتركب الكبسولات المجهرية المجوفة التي تتميز بوجود ثقوب ذات حجم معين في غلافها الخارجي من تلقاء نفسها بفعل التفاعلات الكيميائية التي تتم بينها وبين جل بوليميري وملح.
  - تغلف الجزيئات الكبيرة خلال التفاعلات الكيميائية في الوقت نفسة
  - تضاف جزيئات مفاعلة أخرى صغيرة تخترق الكبسولات المجهرية وتتفاعل مع الجزيئات المغلفة.
  - تتدفق جزيئات الدواء بالغة الصغر خارج الكبسولات بشكل تدريجي لإطالة فترة الاستفادة من الدواء.
- ✓ حسب نوع المغلف، يستطيع الطبيب تحديد نوع الدواء المستخدم ودرجة فاعليته، وبهذه الطريقة، يمكن التحكم في جرعات الدواء بالتحكم في حجم الجزيئات المفاعلة الصغيرة أو في مقياس ph (مقياس لوغاريتمي يقيس درجة القاعدية أو القلوية) أو في درجات الحرارة.

➢ **علم أمراض الكلى "النانو" يعلم أمراض الكلى النانوي Nanonephrology**

1. هو أحد فروع طب "النانو" والتقانة النانوية والذي يتناول كلاً من:
   - ✓ دراسة بنيات بروتين الكلى على المستوى الذري.
   - ✓ مداخل وأساليب التصوير النانوي لدراسة العمليات الخلوية داخل خلايا الكلى.
   - ✓ العلاجات الطبية النانوية والتي تستخدم الجسيمات النانوية.
   - ✓ بالإضافة إلى معالجة مختلف أمراض الكلى.
2. إن عملية تصنيع وإستخدام المواد والأجهزة على المستوى الجزيئي والذري والتي تستخدم لتشخيص وعلاج أمراض الكلى تعد من مجالات علم أمراض الكلى النانوي Nanonephrology والتي ستلعب دوراً فعالا في علاج المرضى الذين يعانون من أمراض الكلى في المستقبل.
3. هذا بالإضافة إلى أن الإنجازات المتقدمة في مجال علم أمراض الكلى النانوي ستُبنى على الإكتشافات في تلك المجالات الواردة أعلاه، والتي توفر

معلومات نانوية حول الآلية الجزيئية الخلوية والمدمجة في عمليات الكلى الطبيعية بالإضافة إلى الحالات المرضية المختلفة.

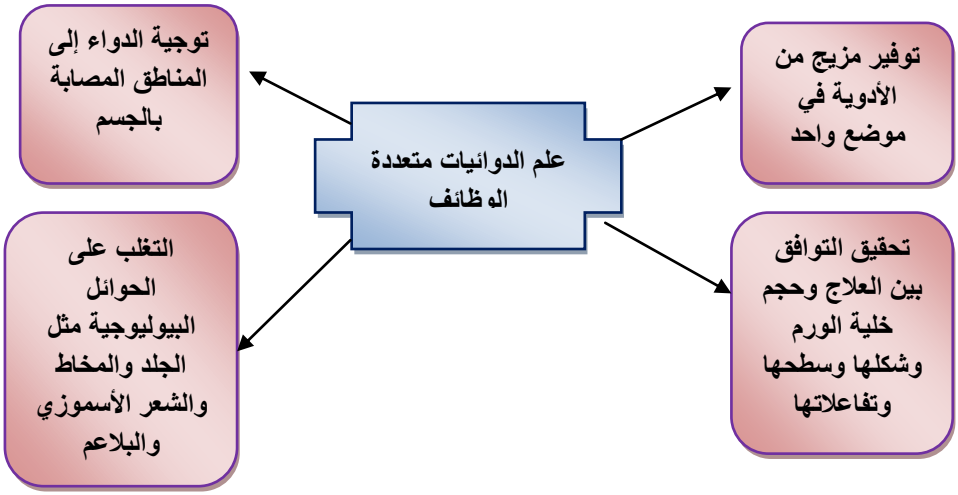
4. ومن خلال تفهم وإستيعاب الخصائص الفيزيائية والكيميائية للبروتينات والجزيئات الماكرو الأخرى على المستوى الذري بالعديد من الخلايا المختلفة بالكلى، يمكن تصميم مدخلات علاجية جديدة لتتنافس في علاج أمراض الكلى الرئيسية. وتعد الكلى الصناعية النانوية هدفاً يحلم العديد من الأطباء بتحقيقه. وستسمح الإنجازات الهندسية النانوية المتقدمة بتصنيع الروبوتات النانوية التي يمكن برمجتها والتحكم فيها والتي تهدف إلى تنفيذ وإنجاز إجراءاتٍ علاجيةٍ وبنائية داخل الكلى البشرية على المستويات الخلوية والجزيئية. كما أن تصميم الهياكل النانوية والمتوافقة مع خلايا الكلى والتي يكون لها القدرة على إجراء العمليات الحيوية in vivo بصورةٍ سالمةٍ آمنةٍ يعد أيضاً هدفاً مستقبلياً يرجى تحقيقه. وهنا يجب ملاحظة أن القدرة على توجيه الأحداث على المستوى النانوي الخلوي لها الكفاءة والقدرة على تحسين حياة المرضى الذين يعانون من أمراض الكلى.

➢ **التصوير[191]:**

- من الضروري أن يفحص الطبيب ما يحدث داخل جسم المريض، فقبل ظهور أحدث إختراعات أدوات التصوير الخاصة بجسيمات "النانو"، كان العلماء يعتمدون على عينة من الأنسجة والأشعة السينية والتصوير بالرنين المغناطيسي والموجات فوق الصوتية وتحاليل الدم لمساعدتهم على إكتشاف المرض.
- الآن أصبح من السهل تصوير ما يحدث داخل جسم المريض بسبب سهولة الميكروسكوبات المتطورة ووسائل التصوير الحديثة، حيث بالإعتماد على تكنولوجيا "النانو" أصبح من السهل إستخدام التصوير الجزيئي[192].
- تستطيع عوامل التصوير (imaging agents) توضيح ما يحدث داخل الخلية من ظواهر، وذلك في الوقت الذي يتم فيه توصيل الدواء إلى منطقة أو خلية معينة، حيث أن التصوير لم يعد يركز على تشريح الأجسام الكبيرة فحسب مثل كسور العظام او تقصف الشعر.

[191] ليندا ويليامز، د. واد ادمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة د. خالد العامري، مكتبة الأسرة.2008، ص.159

[192] يجعل التصوير الجزيئي الحركة التي تتم بين الجزيئات داخل الكائن الحي مرئية ومعدودة، كما يتيح متابعتها خلال فترة من الوقت سواء كان ذلك في الانسان أو الحيوان.



الشكل (98) يوضح كيفية إتاحة علم الدوائيات أمام الأطباء الفرصة لعلاج الأمراض أو الوقاية منها

- يستخدم العلماء عوامل التصوير لإمدادهم بالمعلومات الخاصة بعضو أو منطقة معينة من الجسم، مثال على ذلك " عنصر الباريوم المشع $Ba^{3}{}_{7}$، فهو عامل تباين يستخدم لتشخيص الآلام المعوية والإرتجاع المعدي والسرطان وقرحة المعدة او الإثنى عشر.
- تظهر المناطق المصابة باللون الأبيض في صور الأشعة السينية، مما يعمل على وجود تباين بينها وبين الأنسجة السليمة وإتاحة الفرصة أمام طبيب الأشعة لتحليل السطح الداخلي للقناة الهضمية بحثاً عن أي انسدادات أو أورام أو غيرها.
- ينطوي التصوير النووي على حقن الجسم بجهاز تعقب (Tracer) والمسار الذي يتبعة بإستخدام الكاميرا، مثال على ذلك، يعتبر عنصر التاليوم TI_{201} جهاز تعقب مشع يستخدم لرصد أمراض القلب، يقوم هذا النظير المشع بالإلتصاق بعضلة القلب مشبعة بالأكسجين، وعندما يفحص الطبيب مريض القلب، يقوم عدَاد الومضان "scintillation counter" الذي يرصد الإشعاعات بقياس مستويات عنصر التاليوم المشع بعد إتحاده بالأكسجين.
- يمكن أن نرى إنخفاض مستويات الأكسجين في القلب " عند إتحاده بعدد قليل من ذرات التاليوم" على هيئة منطقة معتمة على الشاشة.
- تعتبر المسابير التي تم تطويرها بحيث يمكن توليها على التقاط إشارة خلوية معينة هي من أحدث أدوات التصوير دقيقة الحجم، الأمر الذي أتاح للأطباء اكتشاف الأمراض بصورة أسرع من قبل. وقد تتمكن المسابير الجزيئية من تصوير أول التفاعلات التي تتم عند تكوُن المرض، وذلك قبل ظهورة في تحاليل الدم أو ككتلة شاذة.

➢ "النانو" وإصابات العظام

- نلاحظ عند التقدم بالعمر يصبح شفاء تلف العظام أكبر ويستغرق وقتاً طويلاً، خاصة إذا كان يعاني المريض من ضعف في الدورة الدموية، ويساعد تحفيز تكوين العظام بشكل سريع في حالة كسور العظام الخطيرة على إعادة المريض إلى حالته الطبيعية بشكل أسرع.
- قد تكون هندسة الأنسجة هي الحل الأمثل لهذه المشكلات، فقد أمكن تخليق مركبات "النانو" الشبيهة بالكولاجين[193] من البيبتيدات القصيرة (مواد طبيعية أو صناعية تحتوي على أثنين أو أكثر من الأحماض الأمينية)[194]، وتضاف إلى مناطق الكسر أو العظام الهشة لتحفيز قدرتها على الشفاء ووقايتها من التعرض لمزيد من المضاعفات.
- تتجمع هذه البيبتيدات القصيرة ذاتياً لتكوِّن الكولاجين ويمكنها تكوين بوليميرات متجاورة لبناء آلاف النانومترات من الحلزونات البيبتيدية الطويلة، فإذا إتحدت هذه المواد الشبيهة بالكولاجين مع جسيمات "النانو"، تصبح مركبات "النانو" الخاصة بهندسة أنسجة العظام متاحة أمام العظام الطبيعية لإستخدامها كهيكل دعامي في المناطق المصابة.
- قد يستفيد مرضى هشاشة العظام والمصابون بكسور في العظام من أنابيب "النانو" الكربونية.
- تتميز أنابيب "النانو" الكربونية أحادية الطبقة بقوتها ومرونتها ووزنها الخفيف، الأمر الذي يفيد في ترميم العظام، ويؤدي هذا النوع من مواد "النانو" إلى تحقيق المرونة والقوة بالنسبة للعظام الصناعية والأنواع الجديدة من العظام المزروعة وأساليب علاج هشاشة العظام.

---

[193] الكولاجين هو أكثر البروتينات وفرة بجسم الإنسان، ويتكون من عدة ذرات هيدروجين وروابط متشابكة بين ثلاثة شرائط بروتينية ملفوفة ببعضها بإحكام تتحد على هيئة جزيئات طويلة ورفيعة لمادة قوية

[194] البروتين مركب عضوي معقّد التركيب ذو وزن جزيئي عالٍ يتكون من أحماض أمينية مرتبطة مع بعضها بواسطة رابطة ببتيدية. البروتين ضروري في تركيب ووظيفة كلّ الخلايا الحية وحتى الفيروسات (انظر تعريف البروتينات وخواصها)

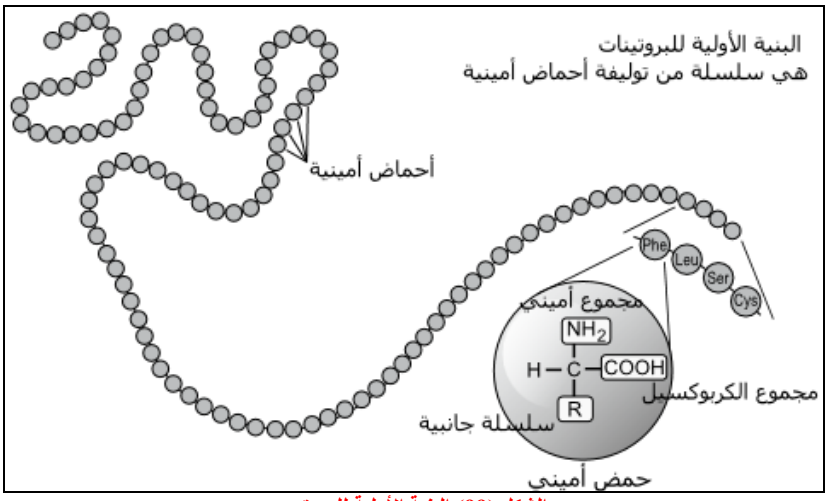
البروتين[195]:

- البروتين مركب عضوي معقّد التركيب ذو وزن جزيئي عالٍ يتكون من أحماض أمينية مرتبطة مع بعضها بواسطة رابطة ببتيدية. البروتين ضروري في تركيب ووظيفة كلّ الخلايا الحية وحتى الفيروسات.
- العديد من البروتينات تشكل الإنزيمات أَو وحدات بروتينية تدخل في تركيب الإنزيماتِ. كما يقوم البروتين بأدوار أخرى هيكليةِ أَو ميكانيكيةِ، مثل تشكيل الدعامات والمفاصل ضمن الهيكل الخلوي
- تلعب البروتينات مهام حيوية أخرى فهي عضو مهم في الإستجابة المناعية وفي تخزين ونقل الجزيئات الحيوية كما تشكل مصدراً للإحماض الأمينية بالنسبة للكائنات التي لا تستطيع تشكيل هذه الأحماض الأمينية بنفسها.
- البروتينات أيضاً واحدة من الجزيئات الضخمة الحيوية إلى جانب عديدات السكريدات والدسم والأحماض النووية، وهذه الجريئات الضخمة الحيوية تشكل بمجموعها مكونَات المادة الحية الأساسية
- تحتوي الخلايا الحية على العديد من المركبات والعناصر الكيميائية البسيطة والمعقدة وهي مهمة بشكل بحت في بقاء الخلية على قيد الحياة، ومن أمثلة تلك العناصر والمركبات على الترتيب الصوديوم والبوتاسيوم والكلور... إلخ وكذلك الكربوهيدرات ، نشويات وسكريات ، والدهون والبروتينات.

بنية البروتين:

- يتركب البروتين من عدد من الأحماض الأمينية وهي مواد تحتوي على مجموعة كربوكسيل COOH حامضية ومجموعة أمين NH_2-قاعدية لذا فإن لها تأثير متعادل
- ترتبط تلك الأحماض مع بعضها بروابط كيميائية تعرف بالروابط الببتيدية، ثم تتشكل من هذا الشكل الأولي إلى أشكال ثانوية وثلاثية ورباعية طبقا لروابط أخرى هيدروجينية وأيونية لتحافظ على شكل البروتين إما كروي globular أو خيطي fibrous.

[195] ar.wikipedia.org/wiki/



الشكل (99) البنية الأولية للبروتين

- يتألف البروتين من سلسلة ببتيدية مؤلفة من ترابط أحماض أمينية تلتف فيما بعد لتشكل بنية ثلاثية الأبعاد فريدة (يتميز كل بروتين ببنية مختلفة عن البروتينات الأخرى، تدعى هذه البنية بالحالة الأصلية للبروتين وتتحدد حسب ترتيب الأحماض الأمينية في عملية الترابط التي تشكل السلاسل البروتينية.

✓ **بنية أولية**: تحددها تسلسل الأحماض الأمينية
✓ **بنية ثانوية**: تتألف من بنى ثانوية تتشكل من إلتفاف السلاسل الببتيدية على بعضها بشكل حلزونات ألفا وصفائح بيتا.
✓ **بنية ثلاثية**: وهي ما يحدد شكل البروتين النهائي، تتألف من اجتماع البنى الثانوية للبروتين (لوالب ألفا وصفائح بيتا) بوساطة قوى فيزيائية غير تكافؤية لتعطي الشكل النهائي للبروتين
✓ **بنية رباعية**: يستخدم عادة هذا المصطلح للدلالة على البنية التي تكونها اتحاد بروتينين أو أكثر في ما يسمى الوحدة البروتينية، مثال: الهموجلوبين.

- البنية الأولية والثانوية والثلاثية عادةً ما تتعلق بالبروتينات ذات التراكيب المطوية، أما بالنسبة للبنية الرباعية فهي عادةً ما تتعلق بالبروتينات أو الدهون ذوات التجمع الذاتي Self-assembly.
- البنية البروتينية غير ثابتة إطلاقاً بل تتغير لتأدية وظائفها المختلفة ولتحقيق هذا التغيير البنيوي يحدث تغير في إرتباطات البنية الثالثية والرابعية، لذلك ندعو هذه البنى الثلاثية والرباعية تشكيلات كيميائية وما يحدث لها من تغيرات بالتغيرات التشكيلية Conformational changes.

الوظائف

يشارك البروتين تقريباً في جميع العمليات الخلوية بما فيها تنظيم الوظائف الخلوية مثل نقل الإشارات الخلوية والإستقلاب، فعملية تحطيم البروتينات نفسها تجري في الخلية بالإستعانة بأنزيمات (وهي مركبات بروتينية) تدعى بروتيازات.

آلية التنظيم البروتيني[196]

- يمكن للبروتينات أن تربط بها جزيئات كيماوية متنوعة وشوارد معدنية ضمن تجويفات خاصة في بنيتها تدعى : مواقع الإرتباط Binding sites ومع ذلك تتميز البروتينات بإصطفائية كيميائية عالية تجاه المركبات التي ترتبط بها.
- تدعى المركبات التي ترتبط بالبروتينات لجيَنات ligand، أما شدة الإرتباط لجين- بروتين فهي إحدى خصائص موقع الإرتباط وتدعى الألفة affinity.
- بما أن البروتينات تتدخل في كل عملية تتم ضمن الخلايا الحية، لذلك فإن التحكم في العمليات الحيوية يمكن أن يتم عن طريق التحكم بفعالية هذه البروتينات. هذا التنظيم لملئ البروتينات يمكن أن يتم عن طريق شكل البروتينات أو تركيزها :
  - تحوير تفارغي Allosteric modulation
  - تحوير تساهمي Covalent modulation.

ما المركبات الرئيسية التي تسهم في تركيب البروتين

تساهم في عملية تركيب البروتينات في الخليَة الحيَة المركبَات الآتية:

- حمض(DNA)
- حمض (RNA)المرسال
- حمض(RNA)الناقل
- الريباسات

نسخ المادة الوراثية

لا تتحول المعلومات الوراثية في المورثات إلى بروتينات مباشرة حيث تقوم المورثة بنسخ ال(RNA) المرسال الخاص بها حاملاً إلى الهيولى رسالة المورثَة التي يعبَر عنها بلغة النوكليوتيدات بالإتجاه (5 إلى 3َ)على ال(RNA) المرسال لذلك تدعى سلسة(DNA) المورثة السلسلة الناسخة أو المشفرة.

---

[196] http://ar.wikipedia.org

خصائص البروتينات

للبروتينات تأثير متعادل على ورقة دوار الشمس.

أمثلة للبروتينات

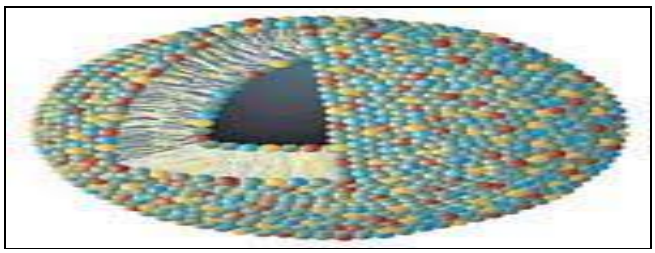
- ألبيومين (بروتين بياض البيض)
- غلبوبيولين (كريين في الدم واللبن)
- أنسولين (هرمون ينظم سكر الدم)

تطبيقات أخرى للنانو تكنولوجي في مجال الطب

يمكن الإستفادة من تكنولوجيا "النانو" في تحفيز التفاعلات الكيميائيه والترشيح أو التصفيه. حيث يمكن تصغير حجم المواد المستخدمه في التحفيز إلى مستوى النانومتر وبذلك يزيد مساحة السطح الفعَال مما يزيد من سرعة التفاعل ويزيد أيضاً من إستخدامه في خلايا الوقود(Fuel cells) . كما يمكن تصنيع فلاتر لها مسام في نطاق النانومتر(Nanofiltration) وهذه الفلاتر يمكن إستخدامها في معالجة مياه الصرف الخارجة من عمليات التصنيع وبذلك نوفَر في المواد الخام ونقللَ من التلوث البيئي. كما يمكنها أيضاً تنقية الهواء من أي عوالق. ويمكن أن يكون الفلتر على شكل مجموعة من الأنابيب صغيرة الحجم مجتمعه وتسمى الفلترة عالية الكفاءة (Ultrafiltration) ويمكن أن تستخدم في عمليات الغسيل الكلوي فهي أكثر كفاءة وأرخص في التكلفه من الفلاتر التقليديه Nanofilter ، وقد وصلت تطبيقات النانوتكنولوجي في المجال الطبي إلى 6.8 مليار دولار في عام 2004م من أكثر من 200 شركه و38 منتج على مستوى العالم

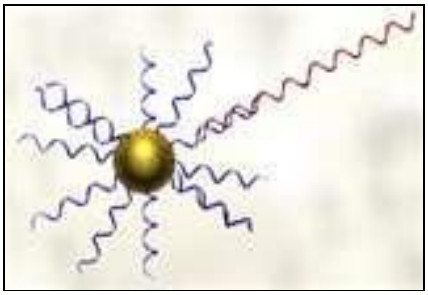
➢ **توزيع الدواء بالجسم:**

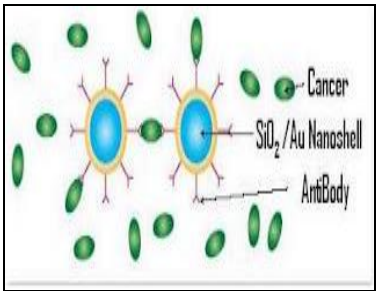
الهدف من النانو تكنولوجي هو أن نعمل على زيادة التوافر البيولوجي للدواء داخل الجسم عن طريق إدخال الدواء داخل كبسوله من ال(Liposomes) أو الأجسام الدهنيه أو كبسوله من أنواع أخرى من البوليمر، وهذه قادره على تحسين الإنتشار داخل الجسم وإنحلال الكبسوله ، كما أنه يزيد من إمتصاص الجسم للدواء. وكل ذلك بسبب صغر الحجم وزيادة السطح المعرض للذوبان ؛ وقد تم تجربتها في علاج الخلايا العصبيه داخل المخ (الذي يصعب دخول أي دواء إليه).



الشكل (100) الجسيمات الدهنيه(liposomes)

كما يمكن إستخدام هذه التكنولوجيا في إستهداف خلايا معينه بدواء معين يمكن أن يؤثر بالضرر على بقية الخلايا وبذلك نكون قد إستفدنا بدواء فعال ، وقد كان إستخدامه محدود بسب آثاره الجانبيه عن طريق وضع مجسَات عليه معدلَه بحيث تستهدف خلايا معينه. وكمثال على هذا يمكن أن نطبقه على أدوية السرطان التي تكون في الغالب مستهدفه لخلايا الجسم عامة السليم منها والمسرطنه.





المساعده في إكتشاف الأدوية الجديدة:

إن إكتشاف أي دواء جديد يأخذ الكثير من الوقت الذي يصل الى عشرة سنوات في الغالب أو أكثر، هذا وبجانب الأموال التي تصرف على هذا الدواء حتى يخرج الى النور، ولكن بمساعدة النانو والميكروتكنولوجي أصبحت هذه العمليه بسيطه وأقل تكلفه مثل المستكشفات عالية الحساسيه (Ultrasensetive labeling) التي تستخدم في الأبحاث المتعلقه بالدواء الحديث.

- **عملية إصلاح الأنسجة التالفة أو إبدالها:**

- إن عملية إصلاح الأنسجة تعتبر من العمليات الصعبه بل شديدة الصعوبة بحيث يمكن أن تفشل بسبب عدم قبول الجسم للجسم الغريب مما يتطلب أخذ الكثير من الأدوية التي تثبط الجهاز المناعي حتى يمكن أن يقبل الجسم بهذا الجزء الغريب. ولكن يمكن حل بعض هذه المشاكل عن طريق إستخدام تكنولوجيا "النانو" وفيما يلي بعض الأمثلة على ذلك:

  - ✓ يمكن تغطية السطح المزروع بمواد متطابقه حيوياً لها قوة إلتصاق جيدة بالأنسجة وتزيد من عمر الزراعه إلى أطول فتره ممكنه.
  - ✓ يمكن إستخدام الجسيَمات النانومتريه كدعَامات يتم عليها وضع الخلايا التي تكوَن النسيج المطلوب لإصلاح العيب وكمثال يستخدم بوليمير(PVA)[197]الموضوع بداخله خلايا الايندوثليم(Endothiliam) والفيبروبلاست(Fibroblast) في صمامات القلب الضعيفة لكي تولد

197 الكحول البولي فينيل (PVOH، PVA، أو PVAl) هو البوليمر الاصطناعية للذوبان في الماء. وله الصيغة المثالية [(OH) CH2CH]. فهو يستخدم في صناعة الورق، والمنسوجات، ومجموعة متنوعة من الطلاء. إنه أبيض (عديم اللون) وعديم الرائحة. يتم توفيره في بعض الأحيان أنها الخرز أو كحلول في الماء

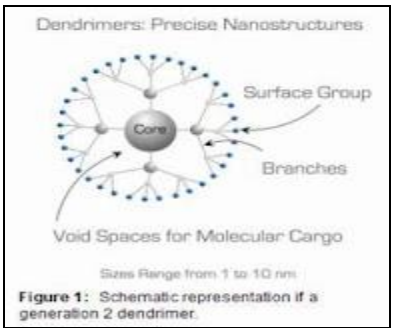
نسيج الصمام وذلك بدون الحاجه إلى وضع صمام صناعي. أو إستخدام نفس الطريقه في زراعة القرنيه أو إستخدام البوليمر في إستعادة شكل العين حيث أنه يمتص حتى 20% من حجمه ماء لكي يكون جيل مائي (PVA hydrogel).

- ✓ إن العظام معروف أن وظيفتها في الجسم هي حمل وزن الجسم بالإضافة إلى إعطاء الجسم شكله المميز ولذلك فهي مهمه وعمليات زراعة العظام هذه الأيام تتم عن طريق أخذ جزء من عظام الحوض أو عظام من شخص آخر أو حيوان ، مما يسبب ألم في الحوض وهذا الألم شديد جداً أو إن عملية التعقيم تجعل العظم رقيق للغايه ويسهل كسره. لذلك كان التفكير في حلول أخرى مثل (PMMA) وهي مادة تحقن على شكل سائل ثم تتصلب داخل الجسم على العظام وإن كانت تفضل في العظام الغير حامله لوزن الجسم. أو إستخدام الجسيمات النانومتريه من (CPA) و(HAP) التي يمكن أن توضع على العظام وتندمج معها وهذه تصلح لكل من العظام الحامله لوزن الجسم وهذه التي لا تحمل وزن الجسم[198].
- ✓ كما يمكن أن نستخدم البوليمرات التي تتحلل داخل الجسم بعد أن تؤدي وظيفتها وهذه بالفعل تستخدم الآن مثل خيوط العمليات الجراحيه التي تذوب داخل الجسم بعد التئام الجرح بدون الذهاب إلى الدكتور ثانية لكي يفكها ، كما أن لها ميزة أنها لا تترك أثر بعد التحلل. وأيضاً أجهزة تثبيت العظام التي تصمم بحيث تعطي قوة معينه في التثبيت وتحلل بمعدل ثابت بحيث يكون العظم قد التئم. وقد نفكر في صنع شبكه نانومتريه داخل عمليات القلب المفتوح لكي نضع بها المضادات الحيويه والمسكنات القويه والمضادات للالتهاب وهذه الشبكه تتحلل مع الوقت.
- ✓ جسيمات متناهية الصغر توضع داخل الجسم وتتأثر بدرجة الحراره أو التغير في مستوى السكر وفي هذه الحاله يخرج الدواء المناسب للحاله.

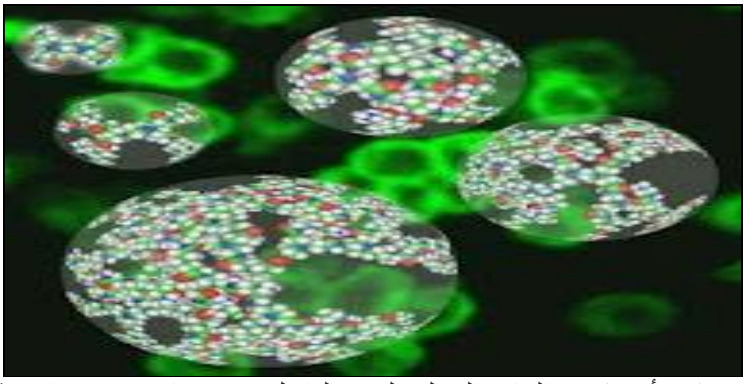
➢ الأجهزة التعويضيه والتشخيصيه:

- يسعى بعض الباحثون إلى إستخدام حبيبات متناهية الصغر من (Polyethylene glycol) مغطاه بجزيئات مشعه (Flurescent) داخل السائل البيني لخلايا الجلد يشع على شكل توهج في وشم في الذراع عندما يقل مستوى السكر في الدم عن مستوى معين.
- إستخدام الديندمير(Dendemers) وهي عباره عن جزيئات كروية الشكل مصممه لكي تحتوي على مواد فعاله في الفراغات الداخليه كما يبين الرسم التالي:

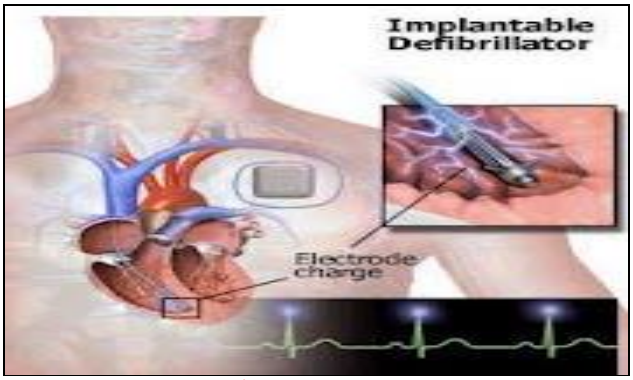
[198] ملحوظه: 70% من وزن العظام الطبيعية يتكون من (CPA) و(HAP)



الشكل (101) الديناميمير



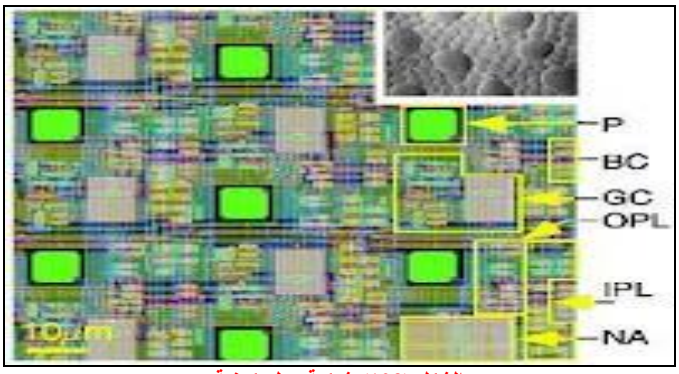
- ويمكن أن تكون الماده الفعاله التي بالداخل هي عباره عن مواد مشعه تتنبأ بالتفاعلات الكيميائيه التي قد تسبب السرطان وذلك بقدرتها على الدخول إلى خلايا الجهاز المناعي بسهولة بسبب صغر حجمها.
- الأجهزة المنظمه لضربات القلب (Defibrillator) التي تزرع داخل الجسم بمعالج متناهي الصغر يقوم بحساب الكميه المطلوبه من الكهرباء لكي تنتظم حركة القلب.



الشكل (102) الجهاز المنظم للقلب

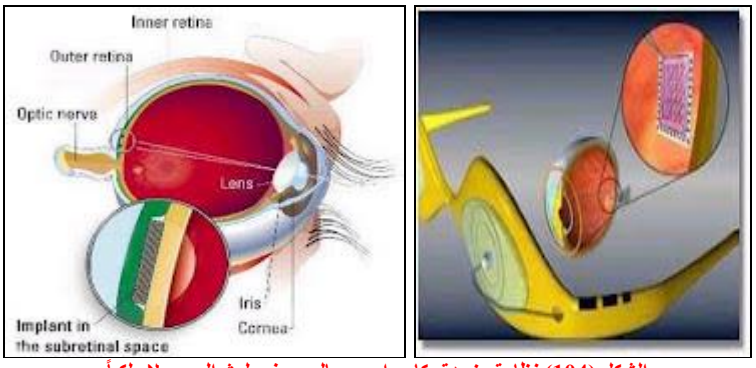
➢ شبكية العين الصناعيه:

- بعض العلماء من جامعة بنسلفانيا(عامر زغلول و boahen kwabena) إقترحوا شبكيه من السليكون قادره على إحداث إشارات إلى العصب العيني التي بالتالي تكوِّن رؤية عند الكفيف. ويمكن زرعها بسهولة داخل العين ويتم ربطها مع النهايات العصبيه القبل والبعد التشابك العصبي. كما ويمكنها فلترة معظم البيانات غير المرغوبه التي قد تؤثر على الصوره.



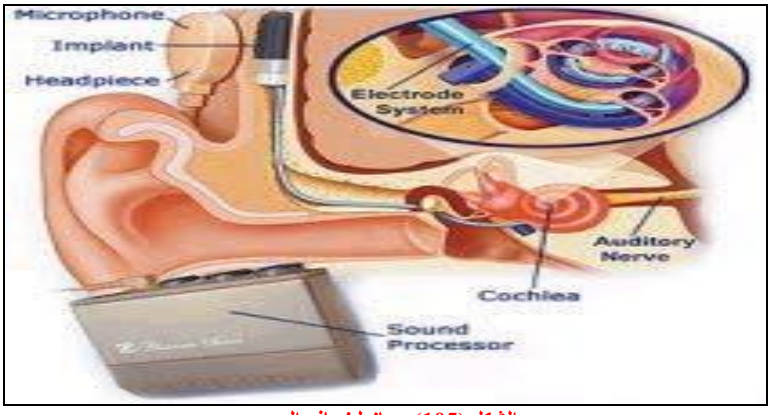
الشكل (103) شبكية سيليوكونية

- وهذه ليست التجربه الوحيده حيث تم زرع شبكيه مكونه من 50اليكترود ، وهو نظام مكون من نظاره يلبسها الشخص وتحتوي على كاميره وموصوله بجهاز يحتوي على معالج صغير بجانب إمكانية بث الصور لاسلكياً إلى الشبكيه المزروعه وهذه صوره توضيحيه



الشكل (104) نظارة مزودة بكاميرا مع معالج صغير لبث الصور لاسلكياً

- وهذا جهاز آخر صنع من أجل معالجة ضعاف السمع وهو عباره عن جهاز يتم زرعه في قوقعة الأذن ويقوم بتحريك عظمة السندان مما يؤدي إلى حس العصب السمعي مما يؤدي إلى السمع وهذا الجهاز موصول بالخارج بميكروفون ومعالج ميكرو.

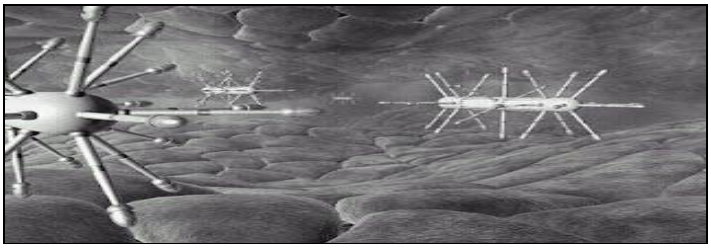


الشكل (105) جهاز لضعاف السمع

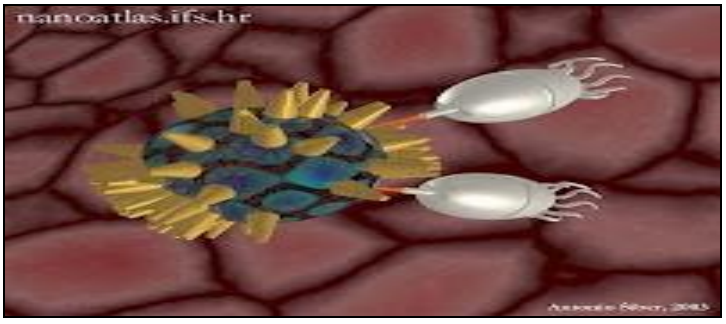
- **الروبوتات النانومتريه:**

وهي روبتات يمكنها أن تحدد الخلل في الجسم بل وتصلحه وسوف تكون من 5.-3 ميكرو بسبب إتساع الشعيرات الدمويه لا يسمح الا بذالك الحجم. ويمكن صنعها من الكربون بسبب صلابته ، كما ويمكن متابعتها من خلال الرنين المغناطيسى وخصوصاً إذا كان كربون ذو العدد الذري 12 . وهناك روبوت صغير بحيث يمكن بلعه بسهوله قد طوَر في فرنسا لكي يمكَّننا من رؤية الجهاز الهضمي بسهوله ويتم التحكم فيه عن طريق عجله دواره.

- **روبوتات داخل مجرى الدم**



- **الروبوت يقتل الفيروس**



➢ **تحديد مكان الأورام وعلاجها :**

في حين يمنح الحجم الصغير للجسيمات النانوية خصائصاً قد تمثل فائدةً كبيرةً في علم الأورام أو الأنكولوجي oncology. وبصورةٍ خاصةٍ في مجال التصوير. فعندما تُستخدم النقاط الكمومية Quantum dots (جسيمات نانوية ذات خصائص حابسةٍ، ومنها إنبعاث الضوء الإنضباطي الحجم -size tunable light emission) مصاحبةً للتصوير بالرنين المغناطيسي MRI، يمكن الحصول على صوراً إستثنائيةً لمواقع الأورام. حيث أن تلك الجسيمات النانوية تكون أكثر بريقاً من الأصباغ العضوية ولا تحتاج سوى إلى مصدر ضوءٍ واحدٍ فقط للإثارة والتوهج. وهذا يعني أن إستخدام نقاط الفلوريسينت الكمومية تنتج صوراً أكثر تبايناً وبتكلفةٍ أقل عن الأصباغ العضوية المستخدمة في يومنا هذا كوسيطٍ للتباين أو ما يطلق عليه المادة المظللة[199] [200] contrast media. إلا أن الجانب السلبي في ذلك الأمر على الرغم من ذلك يتمثل في أن تلك النقاط الكمومية غالباً ما تصنع من عناصر سامة تماماً.

كما تسمح خاصية أخرى نانوية والمتمثلة في إرتفاع نسبة مساحة السطح إلى نسبة الحجم، بإتصال العديد من المجموعات الوظيفية وإرتباطها بالجسيم النانوي، والذي قد يسعى إلى الإرتباط ببعض الخلايا السرطانية. هذا بالإضافة إلى الحجم الصغير للجسيمات النانوية (من 10 إلى 100 نانومتر) يسمح لتلك الجسيمات بالتجمع بصورةٍ تفضيليةٍ في مواقع الأورام (بسبب أن الأورام تفتقر إلى نظام فعال للتصريف الليمفاوي an effective lymphatic drainage system). ويتمثل أحد الأسئلة البحثية المثيرة في كيفية الإستفادة من هذه الجسيمات النانوية المستخدمة في التصوير في علاج الأورام السرطانية. وللحظة نتساءل، هل من الممكن تصنيع وإنتاج جسيمات نانوية متعددة الوظائف والتي يكون لها القدرة على إكتشاف وتصوير والتقدم لمعالجة ذلك الورم؟ ويمثل ذلك التساؤل محور أبحاثٍ وتحقيقاتٍ نشطةً؛ حيث قد تحدد الإجابة على ذلك التساؤل ملامح مستقبل علاج السرطان.[201] وقد أوشكت تقنية علاجية جديدة للسرطان أن تحل ذات يومٍ محل العلاج الإشعاعي والكيميائي في علاج الأورام السرطانية. حيث ربطت طريقة Kanzius RF العلاجية الجسيمات النانوية المجهرية بالخلايا السرطانية ثم "طهى" الأورام داخل الجسم بإستخدام موجات الراديو ثم قام بتسخين الجسيمات النانوية والخلايا (السرطانية) المجاورة فقط.

---

[199] تستخدم المادة المظللة في علم الأشعة في التصوير الطبي لإظهار أو توضيح طبقة أو سائل في الجسم عن طريق حقنها أو تناولها من قبل المريض. ومبدأ عمل المادة المظللة يكون في كون المادة تمتص الأشعة أو الأمواج المستخدمة في التصوير الطبي بشكل أكبر من الأنسجة المحيطة بها، وبالتالي يظهر الفراغ أو الوعاء الذي يحوي المادة المظللة بشكل أوضح

[200] انظر تعريف المادة المظلة وأنواعها والحاجة إليها

[201] Nie, Shuming, Yun Xing, Gloria J. Kim, and Jonathan W. Simmons (2007). "Nanotechnology Applications in Cancer". Annual Review of Biomedical Engineering 9. *doi:10.1146/annurev.bioeng.9.060906.152025*. PMID 17439359

ولرقائق إختبار المستشعر والمحتوية على الآلاف من الأسلاك النانوية القدرة على إكتشاف البروتينات بالإضافة على المؤشرات الحيوية الأخرى والتي تخلفها الأورام السرطانية، بالإضافة إلى قدرتها على إكتشاف وتشخيص السرطان في المراحل المبكرة بواسطة بضع نقاط من دم المريض.[202]

وتعتمد النقطة الرئيسية لإستخدام تقنية توصيل الدواء على ثلاثة حقائقٍ هي:

1. التغليف الكفؤ للأدوية
2. توصيلٍ ناجح للأدوية الموصوفة إلى المناطق المستهدفة بالجسم
3. الإنطلاق الناجح للدواء بتلك المنطقة.

وقد أجرى الباحثون بجامعة رايس بحثاً تحت إشراف البروفيسور "جينيفر ويت" حول إستخدام قشور نانوية[203] مقياسها 120 نانومتر ومطلية بالذهب لقتل الأورام السرطانية بالفئران[204]. ويكون الهدف من إستخدام تلك القشور النانوية الإرتباط بالخلايا السرطانية من خلال توحيد وربط الأجسام المضادة أو الببتيد بسطح القشرة النانوية. وينتج عن تعريض تلك المنطقة المصابة بالورم السرطاني إلى الاشعة بإستخدام أشعة الليزر تحت الحمراء والتي تخترق اللحم بدون تسخينه، تسخين الذهب بدرجةٍ كافيةٍ ليسبب موت الخلايا السرطانية. هذا بالإضافة إلى إختراع جون كانزيزس لآلة ترددات لاسلكيةٍ والتي تستخدم مزيجاً من الموجات اللاسلكية وجسيمات الكربون أو الذهب النانوية لتدمير الخلايا السرطانية.

تتوهج الجسيمات النانوية لسيلينيد الكاديوم cadmium selenide (نقاط كمومية quantum dots) عندما تتعرض لإضاءة فوق بنفسجية. حيث تتسرب وتسيل إلى داخل الأورام السرطانية عندما يتم حقنها. ومن ثم يستطيع الجراح رؤية الورم المتوهج، ويستخدم ذلك التوهج كمرشدٍ له لإزالة الورم بدقةٍ أكبر.

كما آمن أحد العلماء بجامعة ميتشجن، جيمس بيكر أنه إكتشف طريقةً كافيةً وناجحةً لتوصيل الأدوية المعالجة للسرطان والتي تعد أقل ضرراً على المناطق المحيطة داخل الجسم. حيث طور بيكر تقانة نانوية والتي تقوم أولاً بتحديد الموقع ثم بعد ذلك إزالة الخلايا السرطانية. حيث نظر إلى جزيء يُطلق عليه (ديندريمر dendrimer). حيث يتسم هذا الجزيء بوجود مئة خطاف على سطحه والتي تسمح له بالإرتباط بالخلايا داخل الجسم للعديد من الأسباب. ثم قام بيكر بوصل حمض الفوليك ببعضٍ من تلك الخطاطيف (حيث

---

[202] http://library.kiwix.org

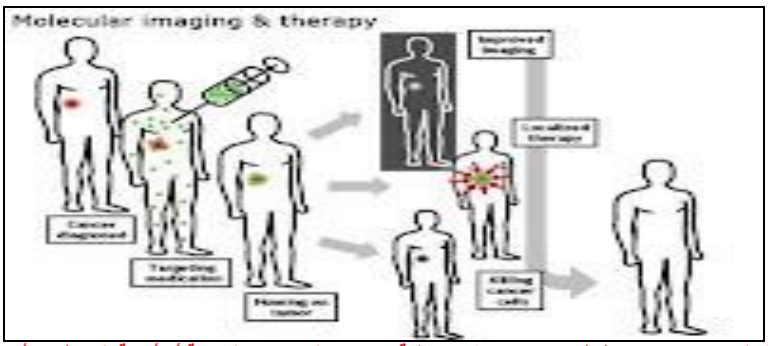
[203] القشرة النانوية (Nanoshell) هي نوع من الجسيمات النانوية كروية الشكل والتي تتألف من نواةٍ عازلةٍ مغطاةٍ بقشرةٍ معدنيةٍ رقيقةٍ(في الغالب تكون من ذهب. وتشتمل تلك القشرة النانوية على شبه جسيم (quasiparticle)يطلق عليه بلازمون (plasmon) والذي يعبر عن إثارة جماعية أو تذبذب البلازما الكمية (quantum plasma oscillation)حيث تتذبذب الإلكترنات بصورةٍ تلقائيةٍ مع مراعاة كل الأيونات.

[204] انظر تعريف القشور النانوية وتركيبها وتطبيقاتها

تستقبل خلايا الجسم حمض الفوليك هذا وهو عبارة عن فيتامين). ونتيجة أن للخلايا السرطانية مستقبلاتٍ أكثر من الخلايا الطبيعية داخل الجسم للفيتامين، فإن جزيء الديندريمر dendrimer والمحمل بالفيتامين يتم إمتصاصه بواسطة تلك الخلية السرطانية. في حين قام بيكر بربط باقي خطاطيف الديندريمر بعلاجاتٍ مضادة للسرطان والتي سيتم امتصاصها مع امتصاص الديندريمر داخل الخلية المسرطنة، مما يسفر عن توصيل دواء السرطان إلى داخل الخلية السرطانية دون أي مكان آخرٍ (Bullis 2006).

ومن الملاحظ أنه في المعالجة بالديناميكا الضوئية، يتم وضع جسيم داخل الجسم ويضاء بضوءٍ من الخارج. حيث يمتص الجسيم الضوء، ولو كان الجزيء معدناً، فالطاقة الصادرة من الضوء تقوم بتسخين الجسيم والنسيج المحيط كذلك. كما يتم الاستفادة من الضوء كذلك في إنتاج جزيئات الأكسجين عالية الطاقة والتي ستتفاعل كيميائياً مع معظم الجزيئات العضوية المجاورة لها وتدمرها (ومنها الأورام). ولهذا العلاج جاذبيته لعدة أسباب. فهو لا يترك أية "محاولةٍ سامةٍ" للجزيئات التفاعلية خلال الجسم (العلاج الكيميائي)، ذلك لأنها موجهة فقط حيث يلمع الضوء وتتواجد الجسيمات. وللمعالجة بالديناميكا الضوئية قدرتها الغير توسعية للتعامل مع الأمراض والنمو والأورام.

من الممكن إستخدام مجسات نانومتريه تحتوي بداخلها على مادة يمكنها الظهور بسهوله على الرنين المغنطيسي، ثم يتم ربطها بالأجسام المضاده للورم بحيث تتوجه إلى هذه الخلايا وتتمسك بها فقط دون الخلايا الأخرى وبذلك يحدد مكانها بسهوله ومن ثم يتم حقنها بنسبه قليله من المواد القاتله للورم دون الحاجه إلى تعريض باقي خلايا الجسم السليمه، أو تجهيز هذه المجسات بمعدن بحيث يدخل خلايا الورم وبشعاع ليزر أو أي وسيله مناسبه نسخنه لدرجه تقتل هذه الخلايا



الشكل (106) رسم تخطيطي توضيحي يشرح كيفية استخدام الجسيمات النانوية أو أدوية السرطان الأخرى لعلاج السرطان

مادة مظللة

تستخدم المادة المظللة في علم الأشعة في التصوير الطبي لإظهار أو توضيح طبقة أو سائل في الجسم عن طريق حقنها أو تناولها من قبل المريض. ومبدأ عمل المادة المظللة يكون في كون المادة تمتص الأشعة أو الأمواج المستخدمة في التصوير الطبي بشكل أكبر من الأنسجة المحيطة بها، وبالتالي يظهر الفراغ أو الوعاء الذي يحوي المادة المظللة بشكل أوضح.

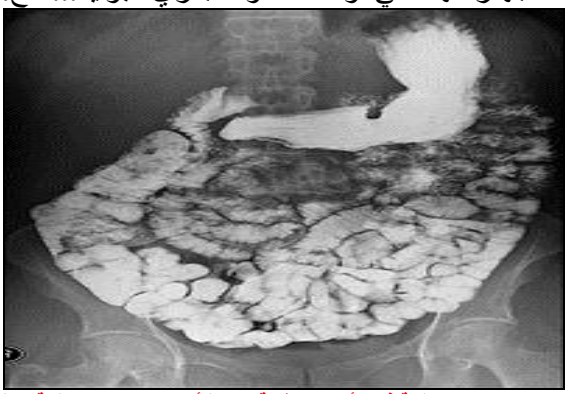
أنواع المواد المظللة من ناحية المبدأ

تقسم المواد المظللة إلى قسمين رئيسيين:

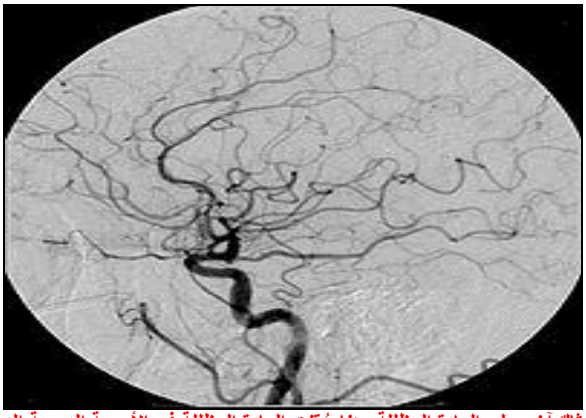
1. إمتصاصية بحيث يمتص الأشعة أو الأمواج المستخدمة في التشخيص أكثر من النسيج الحي المحيط، وتظهر المادة المظللة أغمق من المحيط
2. منفذة يكون إمتصاصها للأمواج أقل من النسيج، وتظهر بشكل أفتح من النسيج المحيط.

الحاجة للمواد المظللة

تستخدم المواد المظللة في التشخيص الطبي، لتشخيص تغيرات تحصل في أعضاء معينة في الجسم كالأوعية الدموية مثلاً التي هي في حالتها الطبيعية ممتلئة بالدم، الذي له كثافة إشعاعية مشابهة لكثافة النسيج المحيط (عضلات أو أنسجة رابطة) وبالتالي لا يمكن رؤية الأوعية الدموية على صورة الأشعة. فيتم حقن المادة الملونة في هذه الأوعية الدموية، مما يرفع الكثافة الشعاعية للمحتوى الوعاء الدموي ، على سبيل المثال يجعل محتوى هذا الوعاء ومساره واضحاً. كما هو مبين في الصورة التي تظهر القسطرة. وهذا المبدأ يمكن إستخدامة في إظهار محتويات كثير من "الأوعية" في جسم الإنسان، مثل الجهاز الهضمي أو المثانة والمجاري البولية... الخ.



الشكل (107) مثال على المادة المظللة في الأمعاء الدقيقة، لاحظ أنه لولا المادة المظللة ماظهر باطن الأمعاء



الشكل (108) مثالٌ آخر على المادة المظللة، هنا حُقنت المادة المظللة في الأوعية الدموية الدماغية، وظهرت بشكل واضح

أمثلة على المواد المظللة

مركبات اليود

يدخل اليود في تركيب عدد من المواد المظللة، وذلك كون اليود كثيف إشعاعياً، يعتبر من المواد الممتصة للأشعة، ويشيع إستخدام اليود لقلة الآثار الجانبية الناجمة عن مركبات اليود وبخاصة غير المتأينة إذا ما قورنت مثلاً بالزئبق السام جداً على سبيل المثال. وهي مركبات يودية قابلة الذوبان في الماء، وبالتالي يمكن حقنها في الأوعية الدموية لكونها قابلة للذوبان في الدم مثلاً، كما يمكن إستخدامها في إظهار المجاري البولية على سبيل المثال أيضاً. يتخلص الجسم من المواد المظللة كما يتخلص من الأدوية بعملية الإطراح الكلوي. بسبب عملية الإطراح الكلوي، فإن هذه المواد المظللة تشكل عبئاً على الكلى وهنا يكمن خطر الفشل الكلوي.

مركبات غير يودية

مركبات الباريوم (أيضاً من المواد المظللة الممتصة) ومثالها: سلفات الباريوم، والتي يتم حلها بالماء، ثم شربها، هذه المركبات لا تتحلل ولا يتم إمتصاصها من قبل الأمعاء، مما يجعلها ملائمة لإظهار مجاري الجهاز الهضمي ومثالها ظاهر في الشكل (108)، المواد المظللة من نوعية الباريوم تنشط حركة الأمعاء، هذه الخاصية تفسِّر إستخدام هذه المواد أيضاً كعلاج أو محاولة علاج الإنسداد المعوي، وهناك فائدة أخرى، وهي إمكانية مراقبة نتائج هذه المحاولة العلاجية بإستخدام الأشعة.

أمثلة على المظللات المنفذة

الهواء من إستخدامات الهواء صور الأمعاء المكررة، حيث يحقن الهواء في الأمعاء لتوضيح مجرى الأمعاء، ويمكن استخدامه مع المظلل اليودي لإظهار تفاصيل أكثر.

ثاني أكسيد الكربون يمكن إستخدامه في إظهار الشرايين إذ أنه بعكس الهواء يمكن أن يحقن في الشرايين، لكون ثاني أكسيد الكربون سريع الذوبان في الدم والسوائل الحيوية، وبالتالي لا يشكل خطراً على الدورة الدموية، ولا يتسبب بالإنغلاق.

الأكسجين ومن أبسط الأمثلة على هذه المظللات صورة الأشعة للرئتين، هنا يُطلب من المريض بأخذ نَفَس عميق، والبقاء بوضعية الشهيق، مما يملأ الرئتين بالهواء، ويجعل المجاري التنفسية أكثر وضوحاً في الصورة.

المواد المظللة في إستخدامات الموجات فوق الصوتية

في أجهزة السونار (الأمواج فوق الصوتية) هناك مواد تظليلية يتم تطويرها، أبسط المواد التظليلية في السونار هي حقنة سائل مع فقيعات هواء(يتم خض ابرة فيها ماء وملح حتى يختلط الهواء بالماء، وبالتالي تتشكل فقيعات هوائية)، تظهر حين حقنها في الوريد وهذه الفقيعات تصل إلى الرئة وتقوم الرئة بالتخلص منها. هذا مثال على إطراح رئوي. وهناك مواد أخرى أحدث تكون فقاعات الغاز فيها أوضح. كما أن هناك تطوير لمواد تظليلية من الجيل الثاني، والتي يمكن حقنها بالوريد وتتجاوز الرئتين، وتلك تستخدم في إظهار تغيرات في الكبد.

المواد المظللة في إستخدامات موجات الرنين المغناطيسي

أكثر العناصر إستخداماً كمواد مظللة في الرنين المغناطيسي عنصر غادولينيوم ومركباته، إلا أن الماء بحد ذاته يعتبر مظللاً رائعاً في الأمواج المغناطيسية، ويمكن عن طريق معالجة الصور إنجاز تخطيط للأوعية الدموية بناءاً على ملاحقة الماء وهو المكون الطبيعي للدم، وذلك دون استخدام مادة تظليلية من الخارج!

مضاعفات المواد المظللة

معظم الآثار الجانبية المذكورة هي حصيلة الخبرة الطبية في إستخدام المواد المظللة المحتوية على اليود، بينما يمكن توقع أن المواد المظللة "الجديدة" يمكن أن يكون لها آثار جانبية مماثلة، أو تظهر لها مع الزمن آثار جانبية أُخرى.

الصدمة الأرجية

هي أشدّ أنواع التحسس من المواد المظللة، وتتمثل بحصول صدمة (هبوط حاد في ضغط الدم، ضيق تنفسي حاد يصل إلى الأزمة الصدرية، توقف مفاجئ للقلب أو للتنفس. وبرغم أن هذه المضاعفات نادرة الحدوث، إلا أنها تشكل تحدياً خطيراً وتطلب العلاج السريع بإستخدام الأدرينالين والكورتيزون بالإضافة إلى ضرورة تواجد القدرة على الإنعاش المتقدم في المصحة أو العيادة التي تقوم بإستخدام المظللات.

أعراض تحسسية أخرى

في الغالب يكون ظهور الأعراض التحسيية ليس بشدة الصدمة التحسسية آنفة الذكر، ولكن إما على شكل:

1. رشح تحسسي، وظهور إحمرار على الجلد، يسبب الحكة الشديدة، ويمكن علاجه بمواد مضاد الهيستامين.
2. أزمة تنفسية تحسسية (ربو) وتعالج بحقن الكورتيزون لإيقاف احتقان المجاري التنفسية، وإزالة ضيق النفس الذي ينجم عن الحساسية.

مضاعفات ناجمة عن اليود

في حالات أمراض الغدة الدرقية فإن إعطاء كمية من اليود قد يؤدي إلى "صدمة درقية" ناجمة عن إنتاج حاد ومفرط في هرمونات الغدة الدرقية. تتمثل الأعراض بتسارع في دقات القلب، شعور بالإنهاك المباشر، قد ترتفع درجة حرارة المريض، وقد ينجم عنه إضطراب في دقات القلب. تعالج الصدمة بإعطاء أدوية تمنع دخول اليود إلى الغدة الدرقية مثل مادة (بيركلورات الصوديوم)، وبمعالجة إضطراب دقات القلب مثل إعطاء حاصرات المستقبل بيتا

➢ القشرة النانوية (Nanoshell)

هي نوع من الجسيمات النانوية كروية الشكل والتي تتألف من نواةٍ عازلةٍ مغطاةٍ بقشرةٍ معدنيةٍ رقيقةٍ (في الغالب تكون من ذهب). وتشتمل تلك القشرة النانوية على شبه جسيم (Quasiparticle) يطلق عليه بلازمون (Plasmon) والذي يعبر عن إثارة جماعية أو تذبذب البلازما الكمية (Quantum Plasma Oscillation) حيث تتذبذب الإلكترونات بصورةٍ تلقائيةٍ مع مراعاة كل الأيونات.

ومن الممكن أن نطلق على التذبذب التلقائي عملية تهجين البلازمون(Hybridization Plasmon) حيث يصاحب ضبط التذبذب بخليطٍ من القشرة الداخلية والخارجية تتهجن لإنتاج طاقة أقل أو طاقة أعلى. وتتجمع تلك الطاقة الأقل بصورةٍ قويةٍ للضوء الساقط، في حين تعد الطاقة الأعلى غير قابلة أو مضادة للإرتباط وتتجمع أو تُدمَج بصورةٍ ضعيفةٍ للضوء الساقط. كما يعد تفاعل الهجين أقوى مع طبقات القشرة الأرق، ومن ثم، تحدد سماكة القشرة وشعاع الجسيم الكلي أي طول موجي للضوء تندمج وتتزاوج معه. هذا بالإضافة إلى أن القشور النانوية تتنوع وتختلف عبر نطاقٍ واسعٍ من الطيف الضوئي والذي يمتد عبر المناطق المرئية والقريبة من الأشعة تحت الحمراء. ويؤثر تفاعل الضوء مع الجسيمات النانوية على مواضع الشحنات والتي تؤثر على تجميع القوة. وينتج الإستقطاب العمودي عن الضوء الساقط المستقطب بصورةٍ متوازيةٍ نحو الركيزة ومن ثم تكون الشحنات أبعد من سطح الركيزة التي تعطي تفاعلاً أقوى فيما بين القشرة

والمحور. وإلا تتشكل عملية استقطاب متوازي والتي تسفر عن حدوث طاقة بلازمون منحرفة مسببةً تفاعلاً وتجمعاً أضعف.

التركيب

تتكون قشرة النانو من خلال عملية متعددة المراحل:

1. الحصول على جزيئات سيليكا نانوية داخل المحلول (غالباً حمض رباعي كلوروأوريك tetrachloroauric acid وعامل مختزل). وتتكون مرحلة المحلول تلك من تجميع جسيمات الذهب النانوية من خلال الإختزال بإستخدام حمض رباعي كلوروأوريك Tetrachloroauric Acid نتيجة إستخدام عامل مختزل. وتوجد مجموعة مختلفة من العوامل المختزلة المستخدمة وكلها قد تؤثر بصورةٍ كبيرةٍ على تناسق الجسيم النانوي.
2. وصل بذرة غروانية صغيرة جداً على هذه الجسيمات النانوية العازلة ومنها (سيلنيد الزنك Zinc Selenide، الياقوت Sapphire، والزجاج glass) مما ينتج القشرة الغير متواصلة.
3. نمو قشرة متصلة من خلال إستخدام الإختزال الكيميائي للمعدن المتصل بالجسيمات النانوية العازلة للكهرباء. وإن تعذر الحصول على قشرة متناسقة، فإنها قد تؤثر بصورةٍ كبيرةٍ على الخصائص البصرية للقشرة النانوية. ومثال جيد على هذا يتمثل في البيضة النانوية nanoegg، هي عبارة عن قشرة نانوية معدنية والتي ليس لها سماكة منتظمة. وتسفر خاصية عدم الإنتظام عن حدوث أصداء إضافية للبلازمون التهجيني Hybridized Plasmon في الطيف مما يجعل من عملية الإقتران غير فعالة.

التطبيقات

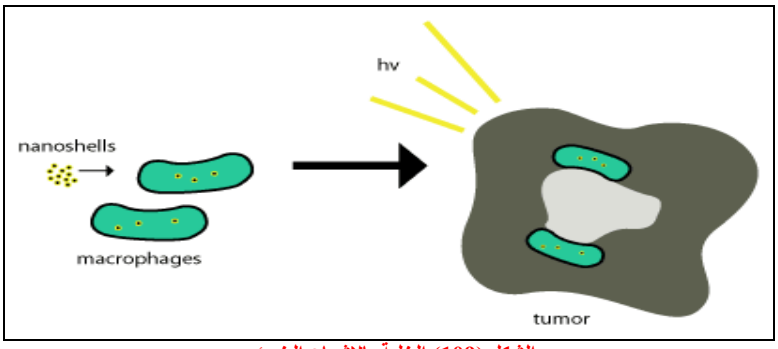
نتيجة أن للقشرة النانوية خصائص وسمات بصرية وكيميائية مفضلة بصورةٍ كبيرةٍ، فإنها غالباً ما تستخدم في التصوير الطبي الحيويBiomedical Imaging، التطبيقات العلاجية، تعزيزات الفلوريسين للبواعث الجزيئية الضعيفة، مطياف رامان السطحي المحسن، وكذلك في المطياف السطحي المحسن لامتصاص الأشعة تحت الحمراء.[205]

القشرة النانوية وعلاج السرطان

يمكن الإستفادة من قشور الذهب النانوية في علاج الأورام السرطانية حيث تنغمس في الأورام من خلال إستخدام البلعمة Phagocytosis حيث تبتلع البالعات (خلايا تبتلع الأجسام الغريبة) Phagocytes قشور "النانو" من خلال غشاء الخلية لتشكيل البلوع Phagosome أو الخلية البالعة الكبيرة macrophage. وبعد هذه المرحلة تنغمس داخل الخلية وغالباً ما تستخدم

[205] http://library.kiwix.org

الإنزيمات في عملية تمثيلها وإخراجها مرةً أخرى خارج الخلية. ولا يتم تمثيل هذه القشور النانوية ومن ثم لتصبح فعالة فهي في حاجة إلى أن تكون داخل خلايا الورم السرطانية ويستخدم "موت الخلية بالإشعاع الضوئي"Cell Death Photoinduced في إزالة خلايا الورم. وقد تم توضيح هذا المخطط في الشكل أدناه:



الشكل (109) الخلية بالإشعاع الضوئي

كما تم توصيل العلاجات القائمة على الجسيمات النانوية إلى داخل الأورام بنجاح من خلال الإستفادة من القدرة النفاذية المحسنة Enhanced Ermeability وبقاء الأثر Retention Effect، وهو يعبِّر عن خاصية تسمح للهياكل والأجسام النانوية المقياس ليتم سحبها إلى أعلى داخل الأورام بدون مساعدة الأجسام المضادة. إلا أن عملية توصيل قشور "النانو" إلى داخل تلك المناطق الهامة بالأورام قد يمثل صعوبةً بالغةً. حيث تحاول معظم قشور "النانو" الإستفادة من التوظيف الطبيعي للورم للوحيدات Monocytes في عملية التوصيل كما تم ملاحظته في الشكل السابق. ويطلق على هذا النظام في التوصيل "حصان طروادة".

وتعد تلك الطريقة ناجحة في علاج الأورام بسبب أن الأورام عبارة عن ¾ خلايا بالغة كبيرة وبمجرد دخول الخلايا الوحيدة Monocytes إلى داخل الورم، فإنها تتميز بتحولها إلى خلايا بالغة ملتهمة أيضاً Macrophages والتي ستكون في حاجةٍ حينئذٍ إلى الحفاظ على شحنة الجسيمات النانوية. وبعد وصول قشور "النانو" إلى مركز النخر، فإن الإضاءة بالأشعة تحت الحمراء- القريبة تستخدم لتدمير الخلايا البالغة الكبيرة Macrophages المصاحبة للورم.

وبما أنه من السهل ضبط قشور "النانو" بصرياً لتصبح قادرة على إمتصاص الضوء بالمنطقة القريبة أو المجاورة تحت الحمراء، حيث يوجد إمتصاص بصري منخفض المدى في النسيج، فإن عملية الاختراق بإستخدام الإشعاع الوسيلة الأمثل في علاج الأنسجة الأعمق. كما أنه قبل التعرض لأي إضاءة، فإن القشرة النانوية تكون خاملة داخل الخلية. وغالباً ما تتم عملية

الإضاءة بإستخدام أشعة الليزر، وهذا الضوء يوجه إلى داخل القشرة النانوية ويتحول إلى حرارة والتي تزيد من درجة حرارة القشرة النانوية لما يزيد عن 30 درجة حرارة مئوية. وقد أثبتت عملية العلاج الإستئصالي للضوء الحراري القائم على قشور "النانو" Nanoshell-based photothermal ablation therapy نجاحاً في معالجة الفئران التي تعاني من تقليص متورم ذات معدلات أعلى من 90%.

قشور "النانو" والتصوير الطبي الحيوي

وفرَّت تقنيات قشور "النانو" جودةٍ عاليةٍ في دقة الصورة بالإضافة إلى القدرة على التصوير الوظيفي الغير غازٍ للأنسجة Noninvasive functional imaging of tissues بأسعارٍ زهيدةٍ. إلا أنه ولسوء الحظ، فإن التصوير الطبي ليس بمتقدمٍ جداً بسبب أنها (التقنيات) تعاني من ضعف الإشارات البصرية والإختلافات الطيفية الخفية بين الأنسجة السليمة والمريضة. في حين يوجد اهتمامٌ متزايدٌ بالتقنيات البصرية ذات العوامل المتناقضة الخارجية الجديدة، والتي صممت من أجل تحديد الدلائل الجزيئية الخاصة بالأورام السرطانية، وذلك بهدف تحسين حدود الاكتشاف والفعالية العلاجية للتصوير البصري.

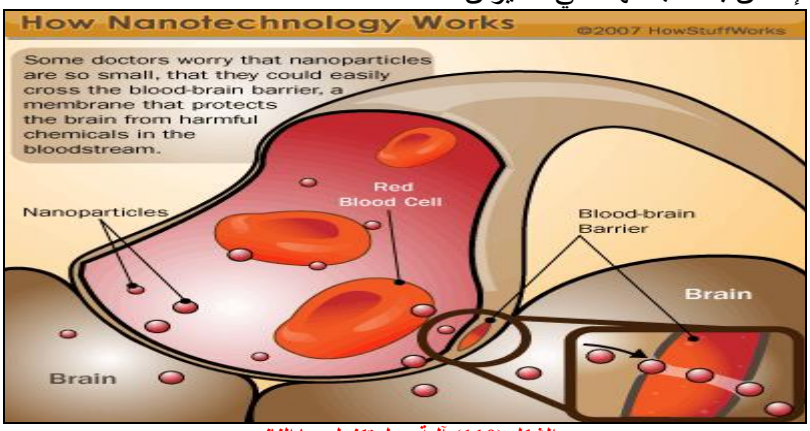
الخصائص الكهروكيميائية المعززة

وتتحسن مؤشرات رامان السطحية المحسنة وعملية امتصاص الأشعة تحت الحمراء السطحية المسحنة كذلك بسبب مجموعةٍ سداسيةٍ محكمة الغلق وثنائية الأبعاد من قشور "النانو" a two dimensional hexagonal close-packed array of nanoshells ذات فجواتٍ نانويةٍ بين الجسيمات النانوية. وقد ساد المعتقد أن آلية التحسن المسيطرة هي كهرومغناطيسية، حيث توفر الركيزة التحسينات القوية، والمتمثلة في عملية الإشراق القصوى superradiance. وعملية الإشراق تلك هي مزاوجةٍ بين الأنظمة المتجاورة الرنانة والتي ينتج عنها تخميدٍ إشعاعي محسنٍ enhanced radiative damping. ويسفر تأثير "قضيب البرق" عن التحسنات التي تحدث في المجال والتي تلاحظ مع منتصف صدى أو رنين الأشعة تحت الحمراء. ويحدث هذا التأثير عندما تصبح المعادن موصلاتٍ فعالةٍ ومن ثم تطلق حقلاً كهربائياً من داخل المعادن والتي تمثل القناة الموصلة للمجال الكهربائي إلى داخل الوصلة بين كل قشرة نانوية، مما يسفر عن إنتاج كثافاتٍ ميدانيةٍ هائلةٍ.

➢ أبحاث يقودها عالم مصري بأميركا لبناء أوعيه دمويه بالنانو تكنولوجي لعلاج تصلب الشرايين

تغير النانوتكنولوجي الكثير من الطرق العلمية في كثير من المجالات ومنها ما يقوم به الفريق البحثي حالياً ببناء أوعية دموية جديدة بجسم الإنسان لتقوم بعمل الأوعية المتصلبة بالدورة الدموية وبالتالي ضمان تغذية الأنسجة

الحيوية بالدم وعدم تعرضها للتلف عند أنسداد الشرايين المغذية لها والعالم المصري الأميركي الدكتور شاكر موسي رئيس مركز بحوث التطوير الصيدلي بكليتي طب وصيدلة ألبني بنيويورك يقود حالياً فريقاً علمياً للتوصل للمواد المنشطة لتكوين أوعية دموية جديدة وأستكمال نضوجها والحيلولة دون أضمحلالها (كما يحدث لها طبيعيا بالجسم) مما سيمثل ثورة مستقبلية في علاج تصلب وأنسداد الشرايين وخلال العام الماضي جرت الأبحاث علي الإنسان بعد نجاحها علي الحيوان

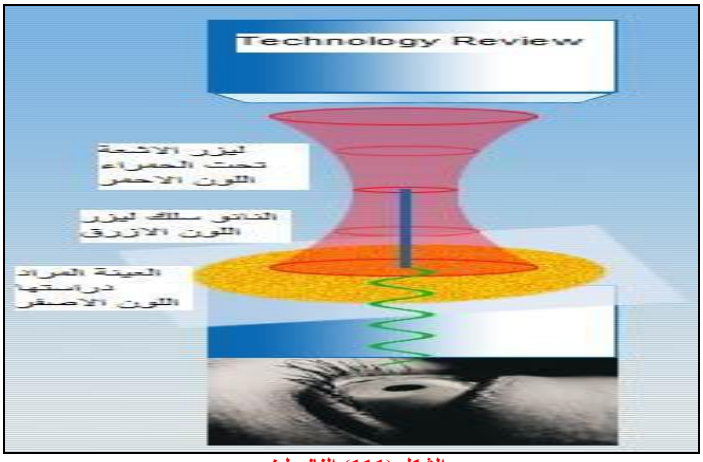


الشكل (110) آلية عمل تكنولوجيا النانو

ويقول العالم المصري إنه في حالات السكر والضغط وزيادة الدهون تتعرض الأوعية الدموية للتصلب والأنسداد ويضعف تغذية القلب والمخ والأطراف وعند أنقطاع التغذية الدموية تموت الأنسجة فتحدث مشكلات كبيرة في الجسم وفي السنوات الأخيرة حاول العلماء إعادة تغذية هذه الأنسجة المحرومة من الدم لذا بدأت الأبحاث العلمية علي تنشيط تكوين أوعية دموية جديدة تكون قادرة علي الأستمرار لتكون بديلة وتقوم بضخ الدم للأنسجة المحروم لكن كانت المشكلة أن الأوعية الجديدة تنشأ من الأوعية الرئيسية لمدة أيام محدودة ثم تختفي فكان لابد من إجراء أبحاث لمحاولة منع اختفائها مع تنشيط ظهورها وبدأت التجارب السابقة في جامعة هارفارد الأميركية بأستخدام مادة منشطة طبيعية في الجسم هي هرمون (VEGF) أو بأستخدام جين لتنشيط هذه المواد ولم تنجح هذه الأبحاث لأن الأوعية الدموية تتكون ذاتياً وتختفي وبالتالي لا تواصل عملها وركزت الأبحاث علي زيادة نضوج الأوعية الدموية الفرعية دون تعرضها للزوال فتم أكتشاف مادة جديدة في الوريد والشريان تسمي (جاج) وهي من الأحماض السكرية حاملة لشحنة سالبه علي يد الفريق الذي يقوده الدكتور موسي وتعمل علي نضوج الأوعية الدموية الجديدة ومنع أختفائها لأن هناك عملية مستمرة للبناء والهدم في الجسم وهذا سبب فشل أبحاث هارفارد التي بدأها الدكتور جيف إيزنر.

وقد قابلت الفريق عده صعوبات في أستخدام المادة عند أكتشافها لأنه عند أستعداد المريض للإصابة بالسرطان تزيد ماده (جاج) من الإسراع بالسرطان وكان الحل في أستخدام النانوتكنولوجي بتحميل المادة ثم زرعها بالنانو ويكون هذا بالحقن موضعيا مما يساعد علي نضوج الأوعية الدموية وأستمرارها ويجري حالياً تحميل هرمون الغدة الدرقية علي سطح "النانو" وفي الداخل يتم تحميل الحامض السكري فالأول ينشط ظهور الأوعية الدموية الفرعيه والثاني يعمل علي تثبيتها وأظهرت التجارب الأولية علي الحيوانات نجاحا مبهرا وتم عرض الأبحاث في مؤتمرات دولية بأوروبا وأميركا وقريبا ستبدأ التجارب الحقيقية علي المتبرعين وتأتي أهمية أستخدام النانوتكنولوجي كما يقول العالم المصري أنه يتم حقن العلاج مرة واحدة أو مرات محدودة علي فترات متباعدة فيكون حلا جذريا لمرضي الشرايين خاصة مرضي السكر. وأضاف أنه بأستخدام هذا الأسلوب في القلب عند حدوث أزمات قلبية ووضع النانوتكنولوجي محملاً بالمواد المنشطة والمنضجة فإنها ستساعد علي تكوين أوعية دموية جديدة ثابتة وتفتح طرق جديدة لتغذية القلب ويتوقع أن يكون العلاج مستقبلاً بهذا الأسلوب رخيصاً وسيؤثر علي شركات الأدوية في العالم لأن تناول الدواء سيكون مرة واحدة وهناك مواد جديدة تم أكتشافها لتحميلها مع النانوتكنولوجي في مجال الأوعية الدموية

- **"النانو" ليزر الاداة الرائدة في كشف حقائق الخلايا الحيوية[206]**



الشكل (111) النانو ليزر

[206] د. حاتم العمري، النانو ليزر الأداة الرائدة في كشف الخلايا، المركز السعودي لتقنية النانو http://www.saudicnt.org

إن لليزر إستخدامات هامة وكثيرة في مختلف مجالات وحقول النانو تكنولوجي. فالليزر يعتبر من أهم الأدوات المستخدمة في تطبيقات ‘‘النانو’’ تكنولوجي بمختلف فروعها، وذلك لما يتميز به الليزر من خواص مميزة وفريدة تؤهله بقوة ليكون فارس الميدان في تطبيقات تقنية ‘‘النانو’’ سواءً كانت تقنية أو طبيه ,نذكر من هذه التطبيقات إستخدام الليزر في تغيير خواص جسيمات ‘‘النانو’’ وتراكيبها أما في التطبيقات الطبية فنذكر منها إستخدام الليزر في التحكم في ايصال مواد ‘‘النانو’’ للهدف المراد علاجه في داخل جسم المريض. وهناك الكثير والكثير من التطبيقات الاخرى والتي لا زالت أبحاثها جارية للأستفادة من مميزات أشعة الليزر.

تعتبر أهم التطبيقات الحديثة لليزر في مجال تقنية ‘‘النانو’’ هو ما يعرف بالنانو لليزر Nanolaser. حيث تمكن علماء وباحثون أمريكان من تطوير نانو ليزر ذو أبعاد متناهية الصغر بحيث أن له أبعاد أصغر من خلية الدم الحمراء. وهو عبارة عن نانو سلك ليزري Nanowire laser أو بصحيح العبارة (نانو سلك) من الليزر، و’’النانو’’ سلك كما هو معلوم عبارة عن أسلاك متناهية الصغر لها تركيب ذو بعد واحد وتتميز بخصائص كهربائية وضوئية مذهلة، فالنانو سلك الليزري يجمع بين مميزات النانوسلك ومميزات الليزر. هذا ‘‘النانو’’ سلك الليزري يمكن ضبطه لأبتعاث ألوان ضوئية مختلفة لذلك قام الباحثون بدمج ‘‘النانو’’ سلك ليزر داخل جهاز ثم وصل بميكروسكوب مركب لدراسة سلوك الخلايا الحية و الكشف عن تفاصيل جديدة في تركيبها الحيوي.

هذا النموذج يدعى ميكروسكوب ‘‘النانو’’ سلك ليزر، الذي تم تطويره في جامعة كاليفورنيا بمدينة بيركلي بالتعاون مع مختبر لورنس بيركلي الوطني، حيث انه يستخدم في تقصي ودراسة الخلايا الحية وذلك عن طريق تسليط قوة مقننة وفي نفس الوقت يتم مراقبة كيف تغير هذه القوة المسلطة من اشكال الخلايا الحية وايضا مواقع البروتين في الخلايا، هذه التغيرات تعطي الباحثين تصور واضح عما يجري في داخل الخلايا وايضا تعطي تفسيرات واضحة لما يحدث عندما تسوء الامور كما يحدث مع مرض السرطان.

هذا المجهر الجديد يتألف من نانو سلك ليزر والذي يبعث ضوء أخضر حيث يتم تثبته في مكانه بأستخدام ليزر الأشعة تحت حمراء وذلك عن طريق تسليط قوة بسيطة جداً من أشعة تحت حمراء بحيث تحافظ على تثبيت ‘‘النانو’’ سلك ليزر في المركز تماماً. وأيضاً يعمل ليزر الاشعة تحت الحمراء كمصدر طاقة حيث يعمل كمحفز للنانو سلك ليزر لكي يستمر في بعث الضوء الأخضر. ويتم تصوير العينة عن طريق وضعها تحت المجهر مباشرةً وتحريكها ذهاباً وإياباً أمام أشعة ‘‘النانو’’ الليزر وذلك عن طريق حساب الاشعة الممتصة والمنعكسة من العينة، وزيادةً على ذلك يمكن أيضاً

إستخدام هذا الميكروسكوب كمجس يتتبع تضاريس العينة عن طريق الإزاحات التي تحصل للنانو سلك ليزر عند تحركه على سطح الخلية أو العينة.

قنابل المنمنمات وشبح السرطان[207]

- قام علماء في مركز "ميموريان كيترنج" الأمريكي للسرطان بقيادة العالم "ديفيد شيبينرج" بتحرير ذرات مشعة من مادة " **اكتينيوم225**" وربطها بنوع من الأجسام المضادة يمكن إطلاقها على الخلايا السرطانية لقتلها.
- هذه القنابل عبارة عن خلايا ذات عناصر إشعاعية تقوم كل خلية عند إضمحلالها بإطلاق (3) جزيئات تطلق كل جزيئة ذرة "**الفا**" ذات الطاقة العالية التي تحمي الخلايا السليمة من الأضرار حال تدمير الخلية السرطانية من الداخل.
- نجحت القنابل النانوية مخبرياً، إذ تمكنت الفئران التي عولجت بها من العيش (300) يوم، بينما الفئران التي لم تعالج بها لم تعش أكثر من 42 يوم.
- هذا النجاح جاء بعد تجريب العلاج على مختلف الخلايا السرطانية المستنبتة مخبرياً مثل (سرطان البروستاتا، سرطان الثدي).

الجراحة وتقنية "النانو":

- لقد جرت عدة محاولات لبناء الروبوتات الجراحية في الأجسام الحية ومنها ما تم على يد الطبيب "ايشياما Ishiyama" في جامعة طوكيو، حيث قام بتصميم مسامير مغناطيسية دقيقة يتم توجيهها بواسطة أجهزة مغناطيسية.
- تقوم هذه الأجهزة بحمل الدواء إلى الخلايا أو الأنسجة المريضة مباشرة كما تقوم بإدخال الدواء في الأورام السرطانية.
- في عام 2003م ولد مشروع "MR-Sub" التابع لمجموعة مارتن والموجودة في مونتريال، حيث قام علماء هذا المشروع بإستخدام مجال الرنين المغناطيسي لتوجيه أجهزة صغيرة في الأوعية الدموية للجسم البشري.
- في عام 2005م قام الفريق السويسري بصناعة روبوت ميكروسكوبي يصل حجمه إلى 200 ميكرومتر ويتم حقن هذا الجهاز عن طريق إبرة خاصة ليصل إلى الكبد ويقوم بوظائف مشابهة لوظائف خلايا الكبد. وقد تمت تجربة هذا الجهاز في حقل مائي وتوجيهه بالطاقة الكهرومغناطيسية.

---

[207] عيسى محمد المساوي، ثورة النانو معجزة علمية لا تنتهي، مجلة النانو، العدد 3، ص.52 عام 2008

آلية تصنيعه

- يتوقع العلماء ظهور أول روبوت كامل التصميم مصنَّع بتقنية "النانو" في عام 2020 ، وسيتم إستخدام ما يسمى بالمحرك الجزيئي " Molecular Gear" ، ويتكوَّن هذا المحرك من ذرات الكربون والتي تتصل كل منها مع الأخرى برابطة واحدة فقط.

إستخدامات تقنية "النانو" في الجراحة[208]

1. **تصنيع خلايا تنفسية Respirocytes**

- يستطيع العلماء بإستخدام تقنية "النانو" تصنيع خلايا تنفسية إصطناعية تتكون من 18 بليون ذرة ويصل قطرها إلى (1) ميكرون وتحوي ضغطاً عالياً جداً وتستمد الطاقة من محلول سكري مركز يوجد بداخلها.
- لمعرفة الفرق بين الخلايا التنفسية وكريات الدم ا لحمراء فإن 5 سنتم مكعبه من محلول ملحي يحتوي على 5 تريليون خلية تنفسية إصطناعية يمكن بواسطتها إستبدال القدرة الإستيعابية للدم والذي يصل حجمه إلى 5.4 لتر.

2. **تصنيع خلايا بالعة Microbivors**

- بمقدور الخلايا البالعة الإصطناعية التجول في الأوعية الدموية وهضم البكتيريا والفيروسات والمواد المسببة للأمراض وغير المرغوب فيها .
- كما تستطيع هذه الخلايا أن تقوم بتنظيف الدم من السموم والمواد الضارة خلال ساعات فقط مقارنة بالخلايا البالعة الطبيعية والتي تستغرق عدة أسابيع لأداء نفس المهمة .
- كما تقوم هذه الخلايا البالعة الإصطناعية بتدمير البكتيريا وتحويلها إلى مواد سكرية غير ضارة.

3. **إستخدامات جراحية**

- تحديد أماكن وحجم وشكل الأورام مباشرة عن طريق حقن هذه الأجهزة في الجسم مما يسهل على الأطباء والجراحين إستئصالها بكاملها دون مخاطرة.
- فصل الأنابيب الدقيقة (Microtubules) داخل خلية الخميرة مما يتيح تغيير شكلها وتحويلها إلى خلية منتجة للدواء.
- تدمير الفيروسات التي تعيش وتتكاثر داخل الخلية والتي يصعب تدميرها بواسطة مضادات الفيروسات الحالية.
- إجراء تعديلات على كروموسومات الخلايا مما يتيح تلافي العيوب الوراثية

[208] عيسى محمد المساوي، ثورة النانو معجزة علمية لا تنتهي، مجلة النانو، العدد 3، ص.52 عام 2008

الفصل العاشر

الآثار السلبية لتقنية "النانو"

الفصل العاشر – الآثار السلبية لتقنية "النانو"

في الوقت الذي تفتح فيه تقنية "النانو" آفاقاً جديدة وواعِدة أمام مستقبل البشرية، فإنها تحمل بطبيعة الحال محاذير وعواقب وتترُك الباب مفتوحاً أمام العديد من المخاطر على الصحّة والبيئة ولمزيد من المعلومات أحببت أن أشارك القراء حول تجارب بعض الدول في هذا المجال

تكنولوجيا "النانو" في سويسرا

لقد قامت جمعيات المستهلِكين في سويسرا وجامعة لوزان إلى دقّ ناقوس الخطر وإطلاق حمْلة توعية بشأن هذه المواد المستقبلية، التي عمّت كافة مجالات الحياة وما زال في جعبة العلماء الكثير لتطويرة.

فيا ترى، ماذا يجمع بين مُنتَج مثل الكريم الواقي من الشمس ونسيج أو قماش مضاد للبُقَع أو حتى ثلاجة مقاوِمة للروائح أو جنزير دراجة من آخر طِراز؟ ربما يندهِش القارئ حين يعلَم أنها صُنِعت جميعها بتقنية "النانو"، وكلها مُنتجات تحتوي على مواد نانوية لا تراها أعيُننا، وبالرغم من أنها تتمتع بمواصفات هائلة، لكنها أيضاً قد تُخفي مخاطر جمّة لم يتوصّل إليها العِلم ولم يكتشفها بعد.

والعجيب، أن المواد النانوية أصبحت حالياً تدخل ضِمن محتويات أكثر من 1000 من المنتجات المطروحة في الأسواق وأكثر من 500 شركة سويسرية تستخدِم هذه التقنية الجديدة في مجال البحث والإنتاج، في حين لا توجد دراسة معمّقة حول المخاطر المُحتملة للتكنولوجيا الجديدة ولا يعرِف المواطنون عواقِبها على الصحة والبيئة.

يقول مارك أوديتا، الباحث في قسم العلوم والمجتمع في جامعة لوزان: "على مدى العقدين الماضيين، جرى ترويج تكنولوجيا "النانو" على أنها ثورة عِلمية قادرة على تحسين عمليات الإنتاج وتحقيق تقدّم وتطوّر في مجال تكنولوجيا الإلكترونيات والطِبّ والطاقة المتجدِّدة والزراعة"، لدرجة أن من الباحثين مَن تحدّث عن إمكانية تصنيع مادّة هُلامية (جِل) قادِرة على إعادة نمُو الأسنان وإبطاء آثار الشيخوخة.

لقد كانت هذه الإختراعات لا تزال مجرّد تخيّلات، حتى هذه اللحظة على أقل تقدير، فإن الشكوك المتعلّقة بهذه التكنولوجيا الجديدة حقيقية وواقعية، وهي التي كانت وراء إتِّخاذ إتحاد المستهلكين ومعه قسم العلوم والمجتمع في جامعة لوزان، قرارهما بالإنطلاق في حملة التوعِية بهدف نقل النقاش إلى المنصّات العامة وتحفيز المواطنين للإطلاع على إيجابيات وسلبيات تقنية "النانو". وكجزء من الحملة، تمّ مؤخّرا في المنطقة المتحدثة

بالفرنسية (سويسرا الرومانية)، إفتتاح معرض متنقّل، يبدأ بجولة يجوب فيها البلاد خلال عام 2012م.

جودة هائلة.. ولكن!

والغريب في الأمر، أنه من الصعب البتّ في حقيقة هذه الجُسيْمات النانوية وما إذا كانت طبيعية أو صناعية، وكل أمرها أنها تتكوّن من بضعة آلاف من الذرات وتتحدّد خصائصها تبَعاً لعدد ذراتها.

وقد ذكرت لنا هوما خميس[209]، عالمة الأحياء والمختصّة بملف التقنية النانوية لدى إتحاد المستهلكين في منطقة سويسرا المتحدثة بالفرنسية، قائلة: "بعض المواد، عندما يتمّ تصغيرها إلى أحجام مُتناهية، تتغيّر خصائصها، كما على سبيل المثال، في حالة ثاني أكسيد التيتانيوم، الذي يُستخدَم في الحالة الطبيعية كدهان على هيئة مسحوق أبيض اللّون، وعندما يتمّ تصغيرة إلى جُسيمات متناهية الصِّغر، يتحوّل إلى لوْن شفّاف ويصبح مرشّحا (فلتر) للأشعة فوق البنفسجية".

ومن حيث المبدأ، يترجّح أن نحصّل بواسطة المنتجات النانوية على مواصفات جوْدة مُذهلة، إلا أن من الصعوبة بمكان التنبُّؤ بها، نظراً للحساسية المُفرطة للجُزيئات النانوية. فمجرّد ذرّة واحدة زائدة أو ناقصة، يجعلها تتغير تغيُّرا جِذرياً، أضف إلى ذلك، أنها تتفاعل بسهولة مع أوساطها لما لها من سطح تماس كبير مع الخارج.

مخاطر عديده للنانو تكنولوجي:

رغم الجوانب الإيجابية التي قد تحملَها تقنية "النانو" إلى المستقبل من تطوير وتسهيل للحياة إلا أن هناك كثير من الخبراء الذين يرون أن إستخدام هذه التقنية في مجالات معينة من الحياة قد يكون له عواقب غير محمودة.

وتعتمد تكنولوجيا "النانو" على تصغير الجزء إلى حجم يساوي واحداً على بليون من المتر ومن ثم أستعمال المادة الجديدة في منتجات وصناعات متعددة. ولا تفي العلوم كالفيزياء والكيمياء التقليدية للتعامل مع هذه الأحجام بل يلجأ لعلم الميكانيك الكمي كوسيلة بحث ودراسة.

وتعقد منظمات البيئة والصحة العالمية في كافة أنحاء العالم مؤتمرات لبحث المخاطر التي قد تنجم عن أستخدام هذه التقنية وقد نظَم أول أجتماع عالمي لبحث أضرار النانوتكنولوجي في بروكسل العام الماضي. ونشرت منظمة Green peace العالمية أخيراً بياناً بينَت فيه أنها لن تدعو إلى الحظر على أبحاث "النانو". مشيرة إلى أن الانسان اليوم هو على أبواب عصر جديد في جميع النواحي فلا يجب الوقوف بوجه هذا التطور لكنها دعت إلى محاولة تقليص السلبيات قدر الإمكان.

---

[209] هوما خميس، عالمة أحياء مختصة في ملف تقنية النانو

وهناك مجالان ينتقد فيهما العلماء تقنيات "النانو"

- ✓ الأول هو أن "النانو" جزيئات صغيرة جداً إلى الحد الذي يمكنها من التسلل وراء جهاز المناعة في الجسم البشري وبإمكانها أيضاً أن تنسل من خلال غشاء خلايا الجلد والرئة وما هو أكثر إثارة للقلق أن بإمكانها أن تتخطى حاجز دم الدماغ.
- ✓ الثاني فهو الخوف من أن يصبح "النانو" بوت ذاتي التكاثر أي يشبه التكاثر الموجود في الحياة الطبيعية فيمكنه أن يتكاثر بلا حدود ويسيطر على كل شيء في الكرة الأرضية.

وأظهرت دراسة جامعة اكسفورد أن نانو جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم الموجود في المراهم المضادة للشمس قد أصابت الحمض النووي DNA للجلد بالضرر. كما أظهرت دراسة في شهر (مارس) الماضي من مركز جونسون للفضاء والتابع لناسا أن أنابيب الكربون النانويه تعد أكثر ضرراً من غبار الكوارتز الذي يسبب السيليكوسيس وهو مرض مميت يحصل في أماكن العمل.

وتقول رئيسة العربية لحماية الطبيعة رزان زعيتر إن المتلاعبين بالطبيعة والمصممين على السيطرة عليها لم يكتفوا بالتحوير الوراثي للمواد الطبيعية والبذور فبدأوا بالتلاعب بالمواد على مستوى الذرات والجزيئات. وتضيف "تكنولوجيا "النانو" تتسرب من المختبرات إلى حقول الحياة المختلفة من دون النظر في مخاطرها أو تطوير قوانين تنظيمية تتحكم بها".

وتشير زعيتر إلى أن صفات المادة بحجم النانومتر مختلفة تماماً عن صفاتها بحجمها الطبيعي وذلك من حيث التوصيل الكهربائي واللون والسمَية. فلون مادة حمراء قد يصبح أخضر عندما نأخذها بحجمها الصغير والكربون في مادة الجرافايت طيّع لكنه أقوى من الفولاذ عند التعامل مع جزيئاته التي هي بحجم "النانو".

وتوضح أن الخطير في الموضوع أن استعمالات هذه التكنولوجيا قد بدأت تتسرب إلى حقل المواد الغذائية والقطاع الزراعي من دون معرفة المستهلكين أو حتى فتح باب النقاش المجتمعي حولها وإجراء الإختبارات الكافية حول سلامتها.

وأظهرت تجربة جديدة من جامعة روتشيستر أجريت على فئران تنفست جزيئات "النانو" وتبيَن فيما بعد أنها أستقرت في الدماغ والرئتين ما أدى إلى مضاعفات صحية خطيرة. كما تبيَن آخر التطورات التي طرأت على تكنولوجيا "النانو" أنه تم تطوير جوارب تحتوي على جزيئات نانو سيلفر تمنع رائحة القدمين لكن تبين أن لها عواقب وخيمة على جسم الإنسان. فهذه الجزيئات بكتيرية وهي قادرة على قتل البكتيريا النافعة المهمة في تحطيم المواد العضوية في النفايات ومحطات المعالجة أو المزارع. كما بيَن "سيتون انتوني" من معهد طب في أدنبره (اسكتلندا) في دراسة نشرها أخيراً أن

أنابيب الكربون النانومترية التي تعد بثورة تكنولوجية غير مسبوقة قد تكون ضارة وقاتلة للكائنات الحية بما فيها الإنسان لذا، يجب التعامل مع هذا العلم بحرص شديد وقد طالب بإستبعاد الأغذية من هذا التطور التكنولوجي حفاظاً على البشر.

إصابة الفئران بالسرطان

أشارت دراسة قامت بها مؤسسة العلوم الوطنية، إلى أن الإستثمار والجهود المبذولة في مجال الأبحاث المتعلِّقة بمخاطر تقنية "النانو"، أقل بكثير عما هو موجود في مجالات البحث المتعلِّقة بالتطبيقات المُحتملة لهذه التكنولوجيا.

في حين، كشفت التجارب عن ظهور أعراض مَرَضية على الحيوانات، طالت أجهزتها التنفسية، كما ظهرت على الفئران أورام سرطانية في حالة ثاني أكسيد التيتانيوم المستخدَم في الكريمات الواقية من أشعة الشمس.

وحتى هذه اللحظة، لا تزال الأبحاث المتعلِّقة بسُميّة المواد النانوية في مرحلة جنينية، وبالتالي، من الصعب في الوقت الحاضر سَنّ قوانين أكثر صرامة على الجانب التجاري في سويسرا أو خارجها، وهذا لا يعني كما تقول هوما خميس السّماح بأن يصبح المستهلِكون بمثابة فئران إختبار، وأضافت: "يجب على المصنّعين أن يُثبتوا حقيقة بأن هذه المواد المتوافِرة في السوق غيْر ضارّة، خاصة مستحضرات التجميل، وبشكل عام جميع المنتجات ذات الصلّة بالجسد البشري، ليس فحسب من باب حقّ المواطن في معرفة المنتجات التي تحتوي على الجزيئات النانوية، بل أيضاً من باب الشفافية وحقّ المستهلك في الإختيار".

داء الأسبستوس

ومن جانب آخر، أثار إستِخدام الجُسيْمات النانوية أيضاً، بعض القلق بشأن تأثيره على العمّال، وغالباً ما يُؤخذ كمِثال على ذلك، داء الأسبستوس (تليّف الرئتين)، الذي يقتل نحو 100 ألف شخص في العالم سنوياً، على الرغم من أن المقارنة قد تبدو للوهلة الأولى وكأنها مُفرِطة.

غير أن أصابع الاتِّهام تتَّجه بشكل رئيسي نحو أنابيب الكربون النانوية، التي تمّ في العام الماضي إنتاج 700 طُن منها، ومع أن مواصفات الجودة فيها تبدو هائلة وواعدة بالنسبة للصناعة، إلا أن تأثيراتها على الصحة تبدو مشابهة جداً لتلك التي للاسبستوس.

فيما قال مارك أوديتا: "يُعلّمنا التاريخ مدى أهمية البحوث الأولية، لتحديد الآثار المحتملة للتكنولوجيات الجديدة وتجنّب مأساة مثل الأسبستوس"، وأفاد بأن جماعات الضغط اليوم أعجزت عن طمْس الحقائق التي مارستها في الماضي يوم تستّرت على حالات الأسبستوس، حين بدأت تطفو على السطح، وأكد قائلاً: "لا ينبغي إغفال حقيقة أن المعلومات عن عواقب المواد

النانوية لا تزال محدودة، وأننا بدلاً من شفافية التحاوُر ومواجهة المخاطر، قادمين في تخيّـلات تقدّم عِـلمي لم يتحقق بعدُ".

ومع أن الصندوق العمومي للتأمين ضد الحوادث (سوفا) أصدر قبل عدّة سنوات توصيات تخصّ الشركات العاملة في ميدان تكنولوجيا "النانو"، إلا أنه لا يوجد حتى هذه اللحظة قانون فدرالي بهذا الشأن، لكن، يُشار إلى أن الحكومة الفدرالية من جانبها، وضعت في عام 2008م خطّـة عمل بشأن المواد النانوية الإصطناعية وعززتها بـ "رزمة إحتياطات" موجّـهة إلى المصانع وشركات البيع بالتجزئة، لكي تُساهِم في دعم التعرّف على المخاطر المُـحتملة لمُنتجات التقنية النانوية.

وخلاصة القول، بحسب هوما خميس، أنه "لا يمكن إنكار أهمية مثل هكذا مبادرات، ولكنها غير كافية. فسويسرا بحاجة إلى مزيد من الإستثمار في الأبحاث حوْل مخاطر المواد النانوية على الصحة، بحيث يمكن وضع لوائح تنظّـم إستخدامات هذه التكنولوجيا في الصناعة والزراعة والتغذية"، وتختم قائلة: "على الرغم من الجهود المبذولة، فإن الأوساط العِلمية لم تتوصّـل لغاية الساعة إلى توافق حول تعريف الجُـسيمات النانوية ولا حول الإحتياطات الواجب اتِّـخاذها بخصوصها".

هل تشكل "النانو" خطورة على صحتنا[210]

تبقى الفواكه الموضوعة في الحاويات المحكمة الغلق طازجة لأيام ، وتظل الأقمشة وواجهات المباني خالية من الجراثيم حيث يمكن تحقيق ذلك من خلال تكنولوجيا "النانو" والتي باتت تستخدم الآن في جميع الصناعات تقريبا. ورغم ذلك ، يحذر معارضو هذه التكنولوجيا من مخاطر صحية محتملة.

الشكل (112) جسيمات النانو ومخاطرها
http://www.alrai.com/article

[210] مقال بجريدة الرأي الأردنية، العدد15099،الجزء الرابع، 2012/2/23

يعادل النانومتر ، وهو وحدة قياس غاية في الدقة إلى حد لا يمكن تصوره ، واحد على مليون من المليمتر. وجزيئات ‘‘النانو’’ هي جزيئات يبلغ أحد أبعادها على الأقل مئة نانومتر أو أقل ولعل ما يميّز هذه الجزيئات عن غيرها نسبة مساحة سطحها الكبيرة إلى حجمها.

يقول "ديتر سبورن" رئيس مركز المواد الذكية بمعهد فراونهوفر لأبحاث السيليكات في مدينة فورتسبورج الألمانية: (**تتيح تكنولوجيا ‘‘النانو’’ الإمكانية لتحقيق تأثيرات كبيرة للغاية بأقل قدر من المواد)** وأضاف: (**إنها مطلوبة حيثما يتطلب الأمر إستعمال أرق طبقات ممكنة من المواد أو إستخدام المواد ذات التكلفة العالية)**

تتغير الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمواد وفقاً لحجم الجزيئات وشكلها الهندسي. ويمكن لجزيئات ‘‘النانو’’ على سبيل المثال تسريع العمليات الصناعية مثل زيادة صلابة الطلاء الزيتي ، كما يمكنها أن تزيد من تأثيرات المواد الكيميائية للمواد النانونية المختلفة استخدامات مختلفة ، سواء أكانت تدخل في تركيب المنتج أو تستخدم في طلائه. وتستعمل دقائق الفضة ‘‘النانو’’ في المنسوجات وطلاءات الجدران والأجهزة المنزلية مثل الثلاجات لما بها من خصائص مضادة للجراثيم.

وتجعل العناصر التركيبية في جزيئات ‘‘النانو’’ لثاني أكسيد السيليكون الأقمشة المستخدمة في الأماكن المفتوحة مضادة للأتربة. غير أن هذه الإبتكارات لها سلبياتها. فالخصائص المتغيرة التي تزيد من إهتمام الباحثين بمواد ‘‘النانو’’ قد تكون ضارة للإنسان والحيوان والبيئة.

يقول يان برينجر ، وهو كيميائي بمعهد هوهنشتاين للإبتكار في مجال المنسوجات: (**الأفضل أن يتم إجراء البحث الخاص بالمخاطر (المحتملة) بالتوازي مع تطوير المنتجات**). غير أن الأمر ليس كذلك، فالأبحاث الخاصة بالمخاطر والآثار الجانبية المحتملة تأتي بعد فترة كبيرة من تطوير المنتج والتسويق له. ويقول برينجر إنه على الرغم من إجراء عدد كبير من الدراسات حول المخاطر الصحية المحتملة ، لكن «كل منها لا يخص سوى منتجات محددة بعينها ، ومن ثم فإن إمكانية تطبيق النتائج على المنتجات الأخرى تكون محدودة (ورغم ذلك ، تشيرالدراسات إلى مخاطر محتملة).

تقول مونيكا بونينج ، الخبيرة في مجال سلامة المنتجات لدى إتحاد منظمات المستهلك الألمانية الذي يتخذ من برلين مقراً له: «جزيئات ‘‘النانو’’ غاية في الصغر ، وحتى الآن لم يتم تحديد الحواجز التي يمكن أن تخترقها.«وأضافت:» لقد أظهرت التجارب على الحيوانات أن جزيئات ‘‘النانو’’ ، على سبيل المثال ، تدخل الرئة وتنتقل إلى مجرى الدم والدماغ. وربما تدخل أيضاً إلى الخلايا (وقالت كاترين شفيرن ، من وزارة البيئة والحفاظ على الطبيعة والسلامة النووية الإتحادية الألمانية ، إن هناك مؤشرات تظهر أن المواد ذات الخصائص السامة قد تكون أكثر تسميماً في

شكل جزيئات "النانو" نظراً لكبر مساحة السطح. جرى تسليط الضوء بصورة خاصة على إستخدام الدقائق الفضية، لأسباب منها الحاجة إليها في بعض المجالات، مثل تصنيع المطهرات المستخدمة في المستشفيات والجوارب الطبية لمرضى السكر .وحذر بونينج قائلا: غير أن الناس ينفرون من الفضة. وعندما يتعرضون بكثرة للفضة "النانو" ، فلن تكون فعالة في المواضع التي تكون ضرورية فيها حقا ،ورغم البوادر التي تشير إلى وجود مخاطر محتملة ، لايوجد هناك دليل علمي حتى الآن يثبت أن أنواعا معينة من جزيئات "النانو" لها أضرار بطريقة أو بأخرى

التحديات التي تواجه "النانو"

مع التطورات التكنولوجية الهائلة أصبح مستخدموا الكمبيوتر يفضلون بأن تكون أجهزتهم صغيرة الحجم وتتميز بالكفاءة والدقة والسرعة في الأداء. وفي بداية عصر الثورة التكنولوجية لاحظ "جوردن مور" أحد مؤسسي شركة "إنتل للإلكترونيات" أن كثافة مكونات جهاز الكمبيوتر تتضاعف سنوياً، وهذا بدورة سيؤدي إلى زيادة كثافة مكونَات شريحة الكمبيوتر الحالية التي تحمل 50 مكوناً في الدائرة لتصبح 65000 مكوَن لكل دائرة بحلول عام 1975م [211].

بالإضافة إلى البعد الفني من خلال قانون "مور" فهناك بعد آخر وهو البعد الإقتصادي، حيث تتضاعف تكلفة تصميم المكونات الإلكترونية بالمصانع كل عام تقريباً. ففي عام 2005م كان حجم المكونات حوالي 130 نانومتر، وكانت الدائرة الواحدة تحمل الملايين من المكونات، لذلك فكرت بعض المصانع في تأسيس خطوط تصنيع لإنتاج مكونات يصل حجمها إلى 65 نانومتر تقريباً، وبهذا الحجم يمكن إنتاج مكونات بعرض 300 ذرة. وهذا الإنكماش في حجم المكونات يتحرك بخطى سريعة للغاية، وعند نقطة معينة سيكون حجم أصغر المكونات بحجم الذرة الواحدة. لذا، لا بد من إحداث قفزة كمية في عملية نقل المعلومات[212]

فقانون مور الأول ينص على أن المساحة اللازمة لوضع الترانزيستور في شريحة يتضاءل بحوالي النصف كل 18 شهرا . هذا يعني أن المساحة التي كانت تتسع لترانزستور واحد فقط قبل 15 سنة يمكنها أن تحمل حوالي 1000 ترانزستور في أيامنا هذه.

قانون مور الثاني يحمل أخباراً قد تكون غير مشجعة ؛ كنتيجة طبيعية للأول فهو يتنبأ بأن كلفة بناء خطوط تصنيع الشرائح تتزايد بمقدار الضعف كل 36 شهرا.

---

[211] سميت هذه النظرية بقانون "مور" ومنذ ذلك الحين اصبحت المعيار المتخذ في صناعة أشباة الموصلات.

[212] انظر على معلومات عن نظرية الكم

إن مصنعي الشرائح قلقون بشأن ما سيحدث عندما تبدأ مصانعهم بتصنيع شرائح تحمل خصائصاً نانوية . ليس بسبب إزدياد التكلفة الهائل فحسب ، بل لأن خصائص المادة على مقياس "النانو" تتغير مع الحجم ، ولا يوجد هناك سبب محدد يجعلنا نصدِّق أن الشرائح ستعمل كما هو مطلوب منها ، إلا إذا تم إعتماد طرق جديدة ثورية لتصميم الشرائح المتكاملة .

نظرية الكم[213]

- إن قدرة تكنولوجيا "النانو" على تكوين مواد من أسفل إلى أعلى ذرة بعد ذرة لا ترتبط فقط بنمنة الأجسام فصناعة أشباة الموصلات تحتاج إلى أدوات ومكونات صغيرة للغاية لكي تواصل إنتاج أجيال جديدة من الشرائح.
- وتكنولوجيا "النانو" هي من سيقوم بتصغير حجم المادة حتى المستوى الجزيئي. وتقسيم المادة إلى جسيمات نانو متناهية الحجم يؤدي إلى مضاعفة مساحة سطحها بشكل كبير، فكلما زادت مساحة السطح، كانت القدرة التفاعلية أكبر.
- تعتبر مواد "النانو" ذات قدرة عالية على الإنصهار والإشتعال والإمتصاص والتي تحدث بسرعة كبيرة، وعلى سبيل المثال " يعتبر خاتم الذهب عنصراً خاملا"[214] بينما يعتبر الذهب "النانو"ي مادة محفزة قوية.
- تصبح مواد "النانو" في بعض الأحيان شفافة، حيث يجري تصغيرها لتكون أصغر من الطول الموجي للضوء المرئي، وهذا بدوره يتيح للعلماء والمهندسين الفرصة لتحويل مواد غير شفافة مثل السليكون بحيث تكون قادرة على نفاذ الضوء.
- في بعض الأحيان تزداد قوة بعض مواد "النانو" بعد تصغيرها، إذ تصبح أنابيب "النانو" الكربونية التي تتسم بتشابة تركيبها الذري مع الماس أكثر قوة ومرونة في الوقت نفسه.
- تعنى نظرية الكم بكيفية إمتصاص الطاقة أو إنبعاثها بصفة مستمرة في هيئة تدفقات ومضاعفات لوحدات طاقة معين لا يمكن تقسيمها وتسمى الكمَات.
- تتعامل ميكانيكا الكم[215] مع سلوك المادة عند المستويات الذرية والنووية والجسيمية. فعند هذه المستويات لا تتغير الطاقة أو كمية الحركة أو الكتلة أو غيرها من الخواص بصفة مستمرة، على عكس ما يحدث في حالة الأجسام الكبيرة.
- تفسر قوانين "نيوتن" الفيزيائية حركة الأجسام بشكل كلاسيكي "الميكانيكا الكلاسيكية"، أما الميكانيكا الكمية فهي تتناول حركة الجزيئات عند مستوى "النانو"أو أصغر من ذلك.
- تعتبر نظرية الكم عماد البحث في مجال الإلكترونات وأشباة الموصلات.

---

[213] ليندا ويليامز، د.واد آدمز، مصدر سبق ذكرة ص.237.
[214] لا يتسم العنصر الخامل بخواص نشطة إلا فيما ندر، كما أنه لا يتفاعل مع الأجسام المحيطة به.
[215] مكياتيكا الكم هي أحد فروع علم الفيزياء

الليثوغرافيا[216]

- تشبة الليثوغرافيا (Lithography) عملية التصوير الفوتوغرافي العادية من حيث إنها تعتمد على الضوء في نقل الصور إلى طبقة تحتية، تستعين الكاميرا بالفيلم كطبقة تحتية، أما الإلكترونات فتعتمد على السليكون كطبقة تحتية.
- عند إنشاء نموذج دائرة متكاملة للميكروبروسيسور، يسلَط الضوء على قناع وهو عبارة عن لوح من الإستانسل تنقش عليه الحروف أو الرسوم له نموذج معين للدوائر المتكاملة.
- يخترق الضوء القناع ثم عدداً من العدسات البصرية التي تعمل على تصغير الصورة أكثر فأكثر، تسقط هذه الصورة الصغيرة على شريحة السيليكون أو أحد أشباة الموصلات.
- تحتوي هذه الشريحة (شريحة السيليكون) على طبقة لدائنية سائلة حساسة للضوء تسمى المقاوم الضوئي (Photoresist)[217].
- يوضع القناع فوق الشريحة، وحين تخترق الأشعة فوق البنفسجية (بأطوال موجية تصل تقريبا إلى 248 نانومتر) القناع وتصل إلى شريحة السيليكون، فإنها تقوم بتصليد ذلك الجزء من المقاوم الضوئي الذي لا يحمية القناع، أما المقاوم الضوئي المحمي (الذي لا يتعرض للضوء)، فإنه يبقى لزجاً ويزال كيميائياً، مخلفاً ورائة المقاوم الضوئي المتصلد المعالج وشريحة السيليكون.
- تتكرر هذه العملية عدة مرات حتى يصبح سطح السليكون بأكملة منمشاً بشكل الترانزستور المطلوب، فإذا إستخدمنا أطوال موجية للضوء تصل إلى 248 نانومتر، فسوف نحصل على دوائر متكاملة عرضها حوالي 200نانومتر، توضح ملايين الترنزستورات في المئات من وحدات الميكروبروسيسور اللازمة لكي يعمل الكمبيوتر بأقصى سرعة له. لذلك تحاول شركات الكمبيوتر تصميم الترانزستورات بأحجام متناهية الصغر حتى يتمكنوا من وضع المزيد منها على شرائح السيليكون.
- يعتبر حجم الطول الموجي للضوء أحد العوامل التي تؤثر على زيادة كفاءة الميكروبروسيسور، فكلما قصر الطول الموجي، أمكن تنميش المزيد من الترانزستورات على شريحة السليكون. وكلما زاد عدد الترانزستورات، زادت كفاءة وسرعة الميكروبروسيسور، لذلك فإن معالج Pentium 4 الذي أبتكرته شركة Intel للإلكترونيات ويحمل 42 مليون ترانزستور يعمل بسرعة أكبر من معالج Pentium3 والذي يحتوي على 28 مليون ترانزستور

---

[216] الليثوغرافيا هي عملية طباعة نماذج معينة على مواد شبة موصلة لاستخدامها في الدوائر المتكاملة

[217] ليندا ويليامز، د. واد آدمز، مصدر سبق ذكره ص.243

- تتحكم اليثوغرافيا التي تقوم بنسخ الدائرة المتكاملة رقاقة بعد رقاقة أو شريحة بعد شريحة أو طبقة بعد طبقة في سرعة نقل البيانات بالأنظمة الإلكترونية وتكلفته.
- يشتمل النظام القائم على اليثوغرافيا على أداة لتسليط الضوء وقناع ومقاوم وخطوات معينة للمعالجة لإتمام عملية النقل من القناع إلى المقاوم ومنه إلى أجهزة الدائرة المتكاملة، فإذا أمكن تقليص هذه المراحل أو رفع كفاءتها، إنخفضت التكلفة بالتبعية.
- تكتظ شرائح السليكون اليوم بالترانزستورات عن طريق عملية اليثوغرافيا بالأشعة فوق البنفسجية الفائقة، وهي طريقة أشبة بالتصوير الفوتوغرافي، حيث يسلط شعاع الضوء على عدة عدسات مكوناً نماذج للدوائر المتكاملة على شرائح السليكون، إلا أن الأطوال الموجية للضوء أو الفيزيائية تقيد مصممي الشرائح الإلكترونية بالنسبة لما يتعلق بحجم الشريحة وإلى أي مدى يمكنهم تصغيرها.
- إذا أستخدم المصممون الأشعة فوق البنفسجية الفائقة (التي يتراوح طولها الموجي بين 10 إلى 15 نانومتر) لوضع الترانزستورات في شرائح السليكون، لأمكنهم صناعة ميكروبروسيسور تزيد سرعة ادائة 100 مرة تقريباً عن شرائح التشغيل وشرائح الذاكرة المستخدمة اليوم، كما ستكون سعة تخزين الذاكرة أكبر لهذا السبب تحاول العديد من المصانع المتخصصة في صناعة الشرائح الإلكترونية إستخدام الليثوغرافيا الأشعة فوق البنفسجية الفائقة كي تمتد فائدة شرائح السليكون حتى عام 2010م.

تأثيرات تقنية "النانو"

إن لتأثيرات تقنية "النانو" سيلٌ من التطبيقات البشرية والطبية والأخلاقية والنفسية والقانونية والبيئية، والمرتبطة بالعديد من المجالات ومنها الهندسة، وعلم الأحياء، والكيمياء، والحوسبة، وعلوم المواد، والتطبيقات العسكرية، والإتصالات بل إن تأثيراتها يصعب حصرها.

وتشمل فوائد تقنية "النانو" تحسين أساليب التصنيع، وأنظمة تنقية المياه، وشبكات الطاقة، وتعزيز الصحة البدنية، الطب النانوي، وتحسين طرق إنتاج الأغذية والتغذية على نطاق واسع والبنية التحتية لصناعة السيارات. المنتجات المصنوعة مع تقنية "النانو" قد تتطلب العمل قليلاً، والأرض، أو الصيانة، وتكون ذات إنتاجية عالية، وإنخفاض في التكلفة، ولها متطلبات متواضعة للمواد والطاقة.

إلا أن المخاطر قد تكون مرتبطةً بكلٍ من المجالات البيئية والصحية، وقضايا السلامة والآثار السلبية للجسيمات الدقيقة التي يتم دراستها ؛ الآثار الإنتقالية مثل النزوح من الصناعات التقليدية ومنتجات تكنولوجيا "النانو" أصبحت مهيمنة ؛ التطبيقات العسكرية مثل الأسلحة البيولوجية، والمراقبة

من خلال مجسَات "النانو"، والتي تثير قلق المدافعين عن حقوق الخصوصية.

هناك جدل حول ما إذا كان موضوع تقنية "النانو" خاصا بالتنظيمات الحكومية، والهيئات التنظيمية، كوكالة حماية البيئة الأمريكية ومديرية الصحة وحماية المستهلك التابعة للمفوضية الأوروبية والتي قد بدأت التعامل مع المخاطر المحتملة لهذه التقنية. ومن الجدير بالذكر أن العالم العربي يفتقر إلى هذه المؤسسات. كما كان لقطاع الأغذية العضوية السبق في التعامل مع الإستبعاد المنظم للجسيات النانوية من عملية الإنتاج العضوية المعتمدة في كلٍ من أستراليا والمملكة البريطانية المتحدة[218]

المخاطر المحتملة

يمكن إجمال مخاطر تطبيقات تقانة الصغائر بشكلٍ واسعٍ ضمن المجالات التالية:

- **قضايا صحية** : تأثيرات المواد النانوية على حيوية الجسم البشري.
- **قضايا بيئية** : تأثيرات المواد النانوية على البيئة.
- **قضايا إجتماعية**: التأثيرات الناجمة عن إمكانية إستخدام الأجهزة النانوية على الشؤون السياسية والتفاعل البشري.

الآثار الصحية والسلامة من الجسيمات النانوية[219]

لا يمثل التواجد البحت للمواد النانوية (وهي المواد التي تحتوي على جسيم نانوي) أي تهديدٍ في حد ذاته. إلا أن هناك سماتٍ معينةٍ تجعل منها محفوفةً بالمخاطر، وعلى الأخص حركة تفاعلها المتزايدة. ولو تبين بأنه في حالة أن خصائص معينةً لبعض الجزئيات النانوية كانت ضارة للكائنات الحية أو البيئة فإن ذلك سيسفر عن مواجهتنا لخطرٍ جلٍ. وفي هذه الحالة يمكن أن نطلق علي ما يسمى الناتج بالتلوث النانوي.

كما أننا في حاجةٍ إلى التمييز بين نوعين للبنية النانوية وذلك عند مواجهة التأثير البيئي والصحي للمواد النانوية ويتمثلان في:

1. مركبات "النانو" والأسطح النانوية ومكونات "النانو" (سواءً الإلكترونية أو البصرية أو الحساسة...إلخ)، حيث تدمج الجزئيات على صعيد "النانو" ضمن خلاصة المادة أو المادة نفسها أو حتى الأجهزة (الجزئيات النانوية "الثابتة")
2. الجزئيات النانوية "الحرة"، حيث تتواجد جزئيات "النانو" الفردية لمادةٍ ما ضمن بعض مراحل عملية الإنتاج والإستخدام. وقد تندرج جزئيات "النانو" تلك ضمن أحد أصناف نطاق "النانو" للعناصر أو المركبات البسيطة وكذلك

---

[218] Nanotechnology: No Free Lunch, Platter, 1(1) 8-17،Paull, John (2010)

[219] www.ar.wikipedia.com

المركبات المعقدة حيث يكون الجسيم النانوي مطليّاً بمادةٍ أخرى (جسيم نانوي "مطليّ" أو جسيم نانوي "جوهري القشرة").

وهناك إجماعٍ للرأي أنه: على الرغم من أنه يجب على المرء أن يكون واعياً بالمواد المحتوية على جزئياتٍ نانويةٍ ثابتةٍ، إلا أن القلق الحالي يتمثل في الجزئيات النانوية الحرة.

هذا بالإضافة إلى أن الجزئيات النانوية مختلفةً بصورةٍ كبيرةٍ عن نظرائها الحاليين، ومن ثم لا يمكن اشتقاق تأثيراتها المتنوعة والمتعددة من السمية المعروفة للمواد دقيقة- الحجم. وتسفر تلك النقطة عن إثارة قضايا هامة لمواجهة التأثيرات الصحية والبيئية للجزئيات النانوية الحرة.

ولتعقيد الأمور أبعد من ذلك، فمن الضروري عند التحدث عن الجزئيات النانوية ألا يكون المسحوق أو السائل المحتوي على جزئيات نانوية أحادي التشتت أبداً[220]، ولكنه يحتوي بدلاً من ذلك مدىً متنوعاً من أحجام الجزيئات ويسفر ذلك عن تعقيدٍ للتحليل التجريبي حيث أن الجزئيات النانوية الأكبر في الحجم قد يكون لها خصائص مختلفةٍ عن تلك الأصغر في الحجم. هذا بالإضافة إلى أن الجزئيات النانوية تظهر توجهاً للتجمع، ومثل تلك التجمعات غالباً ما يكون أداؤها مختلفاً عن الجزئيات المتفردة.

وقد تميزت جرعة الإيثيل والمشتملة على أنواعٍ مختلفةٍ من الجزئيات النانوية والتي كان يتم إعطائها لفئران المعامل على مدى ستة أشهرٍ، بمؤشر سكوفكجائير، تيمناً باسم العالم كاسبر سكوفكجائير[221]

ويجري المعهد القومي للسلامة المهنية والصحة العديد من الأبحاث حول كيفية تفاعل الجزئيات النانوية مع أنظمة الجسم وكيفية إحتمالية تعرض العاملين في المصانع أو أثناء الإستخدام الصناعي للمواد النانوية للجزئيات النانوية الحجم. حيث يُصدر المعهد القومي للسلامة المهنية والصحة الإرشادات المتوافقة مع أفضل المعرفة العلمية والهادفة للتعامل مع المواد النانوية.

وقد اقترحت إ. مارلا فلتشر من "لجنة سلامة المنتجات الاستهلاكية وتقانة النانو[222] أن: لجنة سلامة المنتجات الاستهلاكية، والتي تعد مسؤولةً عن حماية الجمهور من أية مخاطرٍ غير مبررةٍ للإصابة أو الموت المصاحب لمنتجات المستهلك، غير مجهزةٍ بشكلٍ جيدٍ للإشراف على سلامة المنتجات المعقدة عالية التقنية والمنتجة بواسطة تقانة ‘‘النانو’’.

---

[220] www.chemicool.com/definition/monodipers

[221] http://library.kiwix.org

[222] http://library.kiwix.org

كما تركز أهتمامات المدى الأطول على التأثيرات الخاصة بالتقنيات الجديدة على المجتمع بقطاعاته العريضة، وكذلك على ما إذا كان من الممكن لتلك التأثيرات أن تؤدي إلى ظهور إقتصاد ما بعد الندرة، أو قد تؤدي إلى تفاقم فجوة الثروة فيما بين الأمم المتطورة والنامية. هذا بالإضافة إلى أن تأثيرات تقانة "النانو" على المجتمع ككل وعلى صحة البشر والبيئة كذلك، بالإضافة إلى تأثيراتها على التجارة والأمن وأنظمة الغذاء، بل حتى على تعرف مصطلح "البشري" لم يتم تحديد ملامحها بعد أو تسييسها كذلك.

علم السموم النانوي

يقصد بالحجم متناهي الصغر للمواد النانوية بأنها أكثر قدرة على القابلية للإمتصاص داخل الجسم البشري عن الجزيئات كبيرة الحجم. وتمثل قضية كيفية التعامل مع تلك الجزيئات النانوية داخل الجسم البشري إحدى تلك القضايا التي تتطلب التوصل لحلٍ لها. ويتمثل سلوك الجزيئات النانوية في وظيفة حجمها وشكلها وتفاعلها السطحي مع النسيج المحيط بها. حيث قد يكون لها حملاً زائداً على البلاعم أو الخلايا البالعة وهي تلك الخلايا التي لديها القدرة على إبتلاع وتدمير الأجسام الغريبة، ومن ثم تثير ردود فعل مجهدةٍ والتي يسفر عنها إلتهاباً وتضعف من مقاومة الجسم ضد مسببات الأمراض الأخرى. هذا بالإضافة إلى أن ملمحاً آخراً مما قد يحدث في حالة تجمع الجزيئات النانوية الغير قابلة للتحلل أو تلك التي تتحلل ببطءٍ داخل الأعضاء البشرية يتمثل في إثارة مخاوفٍ أخرى مرتبطةٍ بقدرتها على التفاعل مع العمليات الحيوية داخل الجسم: حيث أنه بسبب مساحة سطحها الضخمة، ففي حالة تعرض سطح الأنسجة والسوائل للجزيئات النانوية، سيتم إمتصاص تلك الأسطح لبعضاً من جزيئاتها الدقيقة والتي تحتويها الجزيئات النانوية في التو واللحظة. وقد يؤثر ذلك وبشكلٍ لحظيٍ على الآليات التنظيمية للإنزيمات والبروتينات الأخرى.

وتتضمن بعضاً من الخصائص الأخرى للمواد النانوية المؤثرة على علم السموم في: التركيب الكيميائي، الشكل، البنية السطحية، التغير السطحي، التجمع والذوبان [223] وكذلك الحضور والغياب للمجموعات الوظيفية الخاصة بالمواد الكيميائية الأخرى.[224] ويقصد من العدد الكبير للمتغيرات المؤثرة على علم السموم أنه من الصعب تعميم المخاطر الصحية المصاحبة للتعرض للمواد النانوية – حيث يجب تقييم كل مادة نانوية جديدة بصورةٍ فرديةٍ بالإضافة إلى أنه يجب أن يوضع في الاعتبار الخصائص النانوية جميعها.

علم السموم النانوي (Nanotoxicology) هو دراسة سمَّية المواد النانوية[225] بسبب تأثيرات الحجم الكمي والمساحة السطحية الكبيرة. ويعتبر

---

[223] www.wikipedia.com

[224] http://library.kiwix.org

[225] المواد النانوية لها خصائص فريدة من نوعها مقارنة مع نظرائها من المواد الكبيرة

علم السموم النانوي فرع من فروع علم الأحياء النانوي الذي يتناول دراسة وتطبيق سميَة المواد النانوية. كما أن المواد النانوية (أو تسمى المواد المتناهية الصغر)، حتى عندما تكون مصنوعة من العناصر الخاملة مثل الذهب، فأنها تصبح نشطة للغاية في الأبعاد النانومترية. وتهدف دراسات علم السموم النانوي إلى تحديد ما إذا كانت وإلى أي مدى هذه الخصائص قد تشكل خطراً على البيئة والبشر.

على سبيل المثال، الجسيمات النانوية بالديبزل تبين أنها تسبب الضرر في نظام القلب والأوعية الدموية في الفئران

مخاطر تقنيات "النانو" على صحة الإنسان[226]

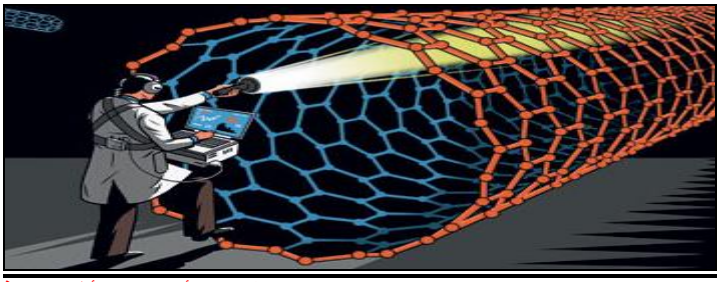
أهم المخاطر التي تواجه الإنسان في تعامله مع تقنية "النانو" المخاطر المتعلقة بجسيمات "النانو" فنحن نعلم مدى صغر هذه الجسيمات وكيف أن بعض هذه الجسيمات تقارب في حجمها كريات الدم الحمراء، وبالرغم من المميزات الرائعة لهذه الجسيمات بناءاً على حجمها إلا أن لهذا الحجم مخاطر محتملة حيث أن جسيمات "النانو" لها القدرة على الدخول في جسم الإنسان بكل سهولة خلال مسامات الجسم وبدون إي مقاومة وتستطيع الإنتشار داخل الجسم مما قد يلحق الضرر بجسم الإنسان .

يتفق العلماء على أن جسيمات "النانو" وبسبب صغر حجمها لها القدرة على الدخول في جسم الإنسان، فلك أن تتخيل أن جسيم بحجم 300 نانومتر يستطيع وبكل سهولة الدخول في خلايا جسم الإنسان، والأخطر من ذلك أن جسيم بحجم 70 نانومتر يستطيع الدخول في نواة الخلية، مما يعني أن هذه الجسيمات قادرة على الدخول بسهولة إلى جسم الإنسان مما يعني الإحتمال الكبير لحدوث التفاعل بينها وبين خلايا الجسم مما قد يؤدي لتغير خصائصها أو تسميمها. وهذه المخاوف لها ما يبررها حيث أظهرت بعض الدراسات التي إجريت على الحيوانات في المختبر هذه الأثار السلبية لجسيمات "النانو" حيث وجد أن هذه الجسيمات وعند دخولها الجسم تتجمع في الدماغ وخلايا الدم والأعصاب، وهذا بالطبع يعني خطورة بالغة جدا، مما يعني أن جسيمات "النانو" يمكن أن تصنف على أنها مواد تدميرية لجسم الإنسان، ويتخوف بعض العلماء بأن تقنية "النانو" سوف تقود البشرية إلى طريق طويل مليء بالمشاكل الصحية والمادية

والجدير بالذكر، أن الدراسات التي أجريت لمعرفة مخاطر تقنية "النانو" لازلت محاولات فردية و قاصرة وتحتاج إلى دعم حكومي لفهم الطرق التي تتصرف بها جسيمات "النانو" داخل جسم الإنسان، ونذكر هنا إن معظم الدراسات أظهرت أن تقنية "النانو" آمنة ، ولكن من الضروري فهم مواد "النانو" ودراستها جيداً لمعرفة إمكانية خطرها على حياة الإنسان

---

[226] المركز السعودي لتقنية النانو http://www.saudicnt.org



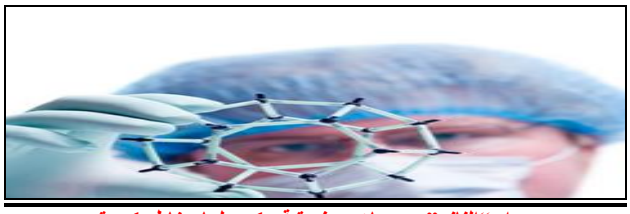
الشكل (113)جسيمات "النانو" عالم جديد من المواد يحتاج الكثير من الأبحاث لسبر أغوراها و فهم مخاطرها المحتملة

مخاطر تقنية "النانو" على البيئة[227]

بصرف النظر عن المخاطر المخيفة المحتملة لتقنية "النانو" على صحة الإنسان، فإن هناك مخاوف وقلق من أن مواد "النانو" لها تأثيرات سلبية كبيرة على البيئة، فنجد أن هناك نوعين رئيسين من المخاوف وهما التراكم البيولوجي الذي ينشأ من تراكم مواد "النانو" الغير مرغوب فيها، فبعض العلماء أشار إلى مخاوف من أن مواد "النانو" المتراكمة في البيئة قد تكون لها إمتصاصية عالية للمواد الملوثة عالية التركيز مثل الكادميوم والمبيدات، فإذا إستهلكتها الحيوانات فإن هذه المواد الملوثة سوف تدخل في السلاسل الغذائية مما يحدث عنه تلوث غذائي كبير. أما النوع الآخر من المخاوف فإنه يرجع لصغر حجم مواد "النانو" مما يصعب عمليا من طرق كشفها أو تنظيفها وإزالتها من البيئة .

مخاطر تقنية "النانو" في أماكن العمل

إضافة لما سبق من مخاطر على صحة الإنسان وعلى البيئة، فإن هناك خوف من أن مواد "النانو" قد تكون مواد عالية الإنفجار وذلك نظراً إلى كبر مساحة سطحها مقارنة بحجمها، فتخزين مواد "النانو" بكميات كبيرة في مكان واحد ولمدة كبيرة قد يعرضها للإنفجار، فمن المعروف تاريخياً إن الغبار عندما يتكون في أماكن العمل فإنه قد يتعرض للإنفجار لذلك فإن الخوف من إنفجار غبار مواد "النانو" الذي قد يتكدس في أماكن العمل أكبر وأشد.



مواد "النانو" جسيمات صغيرة قد يكون لها مخاطر كبيرة

[227] المركز السعودي لتقنية النانو http://www.saudicnt.org

جسيَّمات "النانو" ومدى سميتَّها[228]:

- أهتم العلماء كثيراً بخاصَية قابلية جسيَّمات "النانو" للذوبان، نظراً لإن الجزيئات القابلة للذوبات تستطيع إختراق الأجهزة الحيوية بجسم الكائن الحي في يسر وسهولة.
- لقد ثبت أن أول مجموعة من الفلورينات عام 1985م، جزيئات C_{60} كانت تتجمع على هيئة بلورات متناهية الصغر تنشط في البيئة الرطبة. إضافة إلى ذلك فقد أثبتت الأبحاث أن تجمعات جزيئات C_{60} القابلة للذوبان سامة بالنسبة للخلايا[229]
- إكتشف فريق من العلماء بجامعة "رايس" الأمريكية أن التصاق شطايا جزيئية صغيرة بسطح جزيئات C_{60} في عملية يطلق عليها التهيئة الوظيفية (Functionalization) يؤدي إلى إزالة التأثير السام الذي يضر بالخلايا. أما الفلورينات التي لا تمر بهذة العملية والمستخدمة في دراسة الأسماك ، فكانت سامة بالنسبة لـ 50% من الخلايا المستنبتة بتركيز يصل إلى 20 جزءاً من المليار.
- يمكن عن طريق إلصاق الكثير من شظايا الجزيئات إلى أسطح جزيئات C_{60} أن تتراجع سمَّية الخلية حتى يصبح سطح الفلورينات مغطى دون أن يتيح للكميات القليلة من جسيمات C_{60} متناهية الصغر تدمير نسبة 50% من الخلايا.
- قد أظهرت هذه الدراسة أن خطورة جسيمات "النانو" تكمن في شكل المادة وأن إستخدام أبسط الأساليب من شأنه أن يجنبنا هذه المخاطر.
- لذا، إستيعاب خصائص أسطح جزيئات "النانو" بشكل كامل يجعلنا نلجأ إلى طرق تعديل كيميائية بسيطة لتفادي المخاطر. ولكن، قد لا تفلح هذه الطريقة بالنسبة لجسيمات أو مواد نانو أخرى.
- تتطلب الخصائص الفريدة التي تميز مواد "النانو" (مثل كيمياء السطح، والمتانة، والتفاعلية، والقدرة على التوصيل الكهربي والحراري) حدوث تغيرات خاصة بتطبيقات معينة قبل استخدامها.
- تؤثر هذه التغيرات عادة على خصائص المادة، ففي بعض التطبيقات يؤدي تعديل خصائص الأسطح إلى القضاء على الخاصية المطلوبة.

---

[228] ليندا وليامز، د. وآد آدمز، تكنولوجيا النانو ، قابلية جسيمات النانو للذوبان ومدى سميتها، مكتبة الأسرة، 2008 ص. 352

[229] أي تقضي عليها في البيئة الصناعية خارج جسم الكائن الحي (أي في المعمل) ، وأنها السبب في تلف أنسجة المخ لدى الأسماك

الإشتقاق[230]:

- لا يعدَّ الحجم هو العامل الوحيد الذي يبيِّن لنا مدى سمَّية جسيَّمات "النانو"، فالتركيب الكيميائي وتجمع الجسيَّمات وشحنات السطح وشكل الجسيَّم وبنيته وخصائص وطبقات السطح من العوامل الأخرى التي يجب أن نأخذها بالإعتبار.
- أثبتت نتيجة إختبارات مدى تسمم الخلايا الجلدية نتيجة التعرض لجزئ C_{60} أن سمَّية هذا الجزئ بصورته النانوية في حالة الخلايا المستنبته تصل إلى 20 جزءا من المليار. وعلى الرغم من أن تلك نسبة سامة مقارنة بالمواد الكيميائية الأخرى السامة بالنسبة للخلايا، فإن سمَّية جزئ C_{60} النانوي وغيره من الفلورينات القابلة للذوبان في الماء ترتبط إرتباطاً وثيقاً بمستوى الإشتقاق[231].
- في الغالب تنتج المجموعة الوظيفية للمركب الكيميائي في أثناء عملية التفاعل، مما يؤدي إلى تغير المركب الأصلي ليتحول إلى منتج جديد مع تغير الخواص التفاعلية ودرجة الغليان ودرجة الإنصهار والقابلية للذوبان والتركيب الكيميائي.
- تمثل عملية الإشتقاق أهمية كبيرة في تعديل الخصائص غير المرغوب فيها مثل (السمَّية) في أثناء العمليات البيولوجية أو عمليات التركيب والتخليق.
- تؤثر سميَّة الفلورينات على إغشية الخلايا بإفراز شق أحادي الأكسجين، وقد أثبتت التجارب إمكانية التخلص من هذة السمَّية عن طريق إشتقاق جزئ C_{60}.

[230] ليندا ويليامز، د. وآد آدمز، تكنولوجيا النانو، مكتبة الأسرة 2008 . ص. 354

[231] تحدث عملية الإشتقاق حين يتحول المركب الكيماني إلى مادة جديدة لها تركيب متشابه وتسمى في هذه الحالة بالمشتق

الفصل الحادي عشر

تجربة بعض الدول في تقنيات "النانو"

الفصل الحادي عشر- تجربة بعض الدول في تقنيات "النانو"

التجربة الصينية[232]

تعتبر الصين قوة عالمية في الصناعات المتعلقة بتقنية "النانو"، فالصين تعتقد بأن إستثمارها المطرَد في تقنية "النانو" وعلومه سوف يساعدها في الحصول على النصيب الأكبر لما يقدر بثلاثة تريليون دولار أمريكي من السوق الإجمالي للبضائع المنتجة بالتقنية في الوقت القريب.

إن تقنية "النانو" أصبحت تقنية علمية تنافسية مثلما حدث في العصر الذي وضعت فيه أول دولة واحداً منها على سطح القمر. يعتبر كلاً من الصين والولايات المتحدة من أكبر اللاعبين في عصر تقنية "النانو". ولكن كلاً منهما يحتاج إلى العمل سوياً والإتفاق على تطبيقات طويلة الأمد. ولكن يبدو أن الصين قط قطعت شوطاً كبيرا مقارنة بالولايات المتحدة في عصر التقنية لتكون القوة العالمية في مجال تقنية "النانو"، هذا القطاع الذي يتوقع في القريب أن يحصل على نصيب الأسد (ثلاثة تريليون دولار أمريكي) من الصناعة العالمية الإجمالية.

إن المؤشرات البحثية الصينية على هذه التقنية قد جعلتها من أكبر الدول العالمية في مجال السيطرة على هذه التقنية مثلما الحال مع الولايات المتحدة الأمريكية، اليابان وألمانيا. فالجهود التي تبذلها الصين في مجال هذه التقنية سيكون لها التأثير الأكبر فيما يتعلق بالتقنية والتي تشمل الإستقلالية في مجال الطاقة، القدرات العسكرية وتطوير قطاع التقنية العالية المحلية.

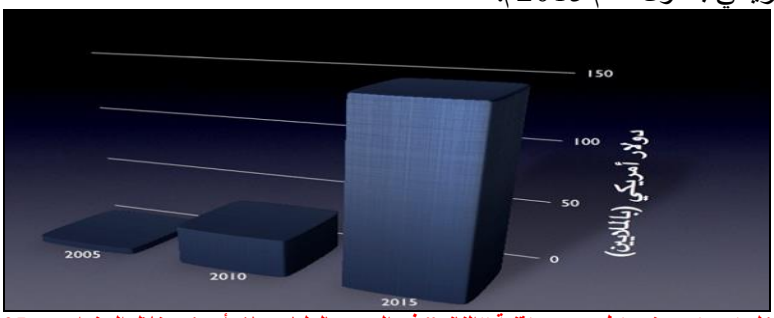
يعود الجزء الأكبر من التطور السريع للصين في مجال صناعة "النانو" إلى دعم الحكومة المركزية. وقد أضيفت صناعة "النانو" إلى قائمة التقنيات ذات الأولوية في نهاية التسعينات ، كما وضعت خطة تسمى الخطة الوطنية 863 للبحث والتطوير في التقنية العالية (National 863 Hi-Tech R&D Plan) حيث تنص الخطة على إستثمارات ضخمة لمشاريع في مجال صناعة "النانو" من قبل الحكومة المركزية والحكومات المحلية. ومن الواضح أن القيادة الصينية قد خططت لتكون الصين رائدة في مجال صناعة "النانو" بحلول عام 2010م مع الأمل لجعلها تنافس الصناعات الصينية الأخرى مثل الإلكترونات الدقيقة والإتصالات وغيرها من الصناعات ذات التقنية العالية.

---

[232] د. سلمان بن عبدالعزيز الركيان، الصين تولي اهتماما فائقا بتكنولوجيا النانو، موقع افاق علمية وتربوية، نوفمبر2011، http://al3loom.com

الصين تملك تقنية "النانو"

من المتوقع خلال العشرين سنة المقبلة أن تواجه تقنية "النانو" تغيرات واسعة في مجال علاجات الأعصاب، الصيدلانيات، تقنية المعلومات، التحكم في التلوث. وفقاً للتقرير الصادر عن آر إن سي أو إس **RNCOS report** "سوق تقنية "النانو" العالمي The World Nanotechnology Market 2006م والذي أفاد بأن تقنية "النانو" ومنتجاتها في الأسواق بالصين وصل إلى 5.4 مليار دولار أمريكي في عام 2005م ومن المتوقع أن يزيد على 31.4 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2010م وإلى 144.9 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2015م.



الشكل (114) يوضح تطور سوق تقنية "النانو" في الصين بالمليار دولار أمريكي خلال السنوات من 2005 وحتى 2015م.

إن تقنية "النانو" الآن أصبحت مستخدمة في الكثير من القطاعات ، الصيدلية، التقنيات الحيوية، المواد العلمية والهندسية والجميع يتعاون في إستخدام أدوات "النانو" وتطوير فهمها المشترك للخصائص الفيزيائية والكيميائية.

الصين تحتل المرتبة الثالثة بعد الولايات المتحدة واليابان، في حالة عدم الأخذ في الإعتبار النشرات الغير علمية، والصين الآن تسعى لأن تصبح قوة كبرى في مجال تقنية "النانو" كما تسعى لزيادة إنفاقها في المجالات البحثية خاصة في مجال تقنية "النانو" وإعادة علمائها من الخارج.

إن الإتجاه السريع للصين نحو التصنيع قد أصبح كبيراً جداً في مجالات الصادرات قليلة التكلفة، مستفيدة في ذلك من إمتلاكها للأيدي الإنتاجية ذات الكفاءات العالية وقليلة التكلفة .في نفس الوقت فإن الصين تقوم على الإستثمار بشكل مكثف في التقنيات العالية ، تدريب عشرات الآلاف من المهندسين في شتى المجالات مثل تصميم الشرائح المتقدمة. وحديثا ًأهتمت الصين بتقنية "النانو" على أنها الخطوة المقبلة للتقدم، وتقوم على إستثمار الأموال العامة المتزايدة في مجال التطوير والأبحاث.

لقد تم حصر المبيعات بشكل كبير في الصين على السوق المحلي، ولكن التطور العام والإهتمام المتزايد بتقنية "النانو" وتطويرها وإستخدام وسائل الإتصالات الحديثة، من المتوقع أن يعود على هذا القطاع بالأرباح المرتفعة للمستثمرين.

الجدول رقم (11) أكبر الهيئات الإنتاجية العشرة طبقاً للإبحاث والمواقع في عام 2004

	الهيئة	عدد المواقع	عدد الأبحاث	الأبحاث/المواقع
1	الأكاديمية الصينية للعلوم	1873	3081	6.08
2	جامعة العلوم والتقنية الصينية	6135	1019	6.02
3	جامعة تسينغوا	6181	972	6.36
4	جامعة نانجينج	4162	710	5.86
5	جامعة بكين	6444	706	9.13
6	جامعة جيلين	2136	454	4.7
7	جامعة زيجيانج	1241	346	3.59
8	جامعة شاندونج	94	329	2.86
9	جامعة فوندان	1610	273	5.90
10	جامعة شانغهاي جياو تونج	940	271	3.47

إن الصين تستمر في تقنية "النانو" من خلال العديد من الدوافع الهادفة إلى جعل الدولة أكبر لاعب على المستوى العالمي خلال العشر سنوات القادمة.

يمكن أن تعطي تقنية "النانو" الدول النامية الفرصة السانحة مثلما حدث مع الصين في الإستثمار في الأبحاث والتطوير، دعم البرامج الجامعية الهادفة إلى إيجاد العلماء والمهندسين المتخصصين في تقنية "النانو" وإبتعاثهم للدراسة في معاهد تقنية "النانو".

بينما تتطلب بعض أشكال التقنية إستخدام بعض التطبيقات والمعدات المكلفة (على سبيل المثال إستخدام المكبرات أو بعض المواد المصممة خصيصاً والتي تسمح بتصوير، إستحداث بعض الهياكل الخاصة بمواد "النانو") بينما بعض الأشكال من التقنية غير مكلفة، مثل المواد الحيوية الخاصة ب"النانو" والتي تقل تكلفتها دون الحاجة لإستثمار مليارات الدولارات في المرحلة القادمة.

الصين وتطور تقنية "النانو"

إن التطوير المتسارع في مجال صناعات تقنية "النانو" في الصين يرجع بشكل أكبر إلى إستحداث الحكومة الوسطية، تمثل بكين، شنغهاي، شينيانج، هانجزهو وهونج كونج 90% من كافة الأبحاث والتطوير في مجال تقنية "النانو".

على الرغم من أن الولايات المتحدة، اليابان، ألمانيا وكوريا الجنوبية لا زالت المصادر الرئيسية في مجال تطوير وأبحاث تقنية "النانو"، ولكن الصين وتايوان يضيقان الفجوة بسرعة، وذلك يعود بشكل كبير إلى الاستثمارات العامة في مجال التطوير والأبحاث، بالإضافة إلى الاستثمار في التعليم العلمي.

لم يكن الإعلام الصيني قبل عام 2000م يتحدث عن نظرية "تقنية النانو" أو أي من مظاهرها وعلاقتها بالصناعة عالية التقنية. ولكن اليوم هناك العشرات من مراكز الأبحاث الصينية والمئات من الشركات التي تداخلت في إنتاج التقنيات والتي وصلت إلى صناعة بمليارات اليوان. وبالتركيز على المراكز الاقتصادية الصينية الكبيرة، نجد أن هذه المراكز المحلية تصل إلى ما يقارب 90% من أبحاث وتطوير تقنية "النانو".

الصين والنمو في الصناعات المتعلقة بتقنية "النانو"

إن الجهود التي تبذلها الصين في مجال تقنية "النانو" تتعلق بعملائنا في الشركات المتعددة الجنسيات وإستثمارات المنشآت، "نائب رئيس لوكس للأبحاث، رئيس الأبحاث "ماثيو إم نوردان".

إن شركات مثل شنغهاي وكانجيو للصناعة كانت أكثر نجاحاً من منافسيها الغربيين في الحصول على مواد "النانو" في منتجاتهم التجارية والأبحاث الأكاديمية.

بينما ظلت تقنية "النانو" في الصين (مثلما في غيرها) مرتكزة بشكل كبير على مرحلة البحث والتطوير، هناك أكثر من 30 منتج يقوم بإستخدام مواد "النانو" في الصين، والذي يشمل قطاعات الأقمشة، البلاستيك، البورسلين، الشحوم والمطاط. بالإضافة إلى إستخدام التقنية في قطاع أنابيب كربون "النانو"، والذي بدأ البحث فيه في بداية عام 1992م، من خلال الجهود التي بذلتها الأكاديمية الصينية للعلوم، والتي بدأت في 1996م بتطوير تطبيقاتها التجارية. وكانت أحد الشركات الناجحة في هذا المجال هي شركة شينزين لتقنية "النانو" المحدودة، والتي قامت بتطوير دهانات مضادة للصدأ تستخدم مع براميل الزيت.

إن الصين قوية خاصة في مجال الفيزياء، الكيمياء والرياضيات ولكنها أضعف في مجال الكمبيوتر والهندسة الكهربائية. على الرغم من أن تايون الآن من أكبر دول العالم في إنتاج الشرائح الكترونية، إلا أن الصين تسعى سريعاً للدخول في هذه المنطقة (تصميم الشرائح ومكوناتها) على الرغم من

أن سياسة الصين الحالية تظهر في إحتكار المنتجات الرخيصة والتقنية الأقل في سوق الشرائح الكترونية والذي أظهر ربحيته.

إن نصيب الصين من النشرات الأكاديمية عن تقنية "النانو" وعلومه والمواضيع الهندسية قد إرتفع من 7.5% في عام 1995م إلى 18.3% في عام 2004م، مما وصل بالدولة من المرتبة الخامسة إلى المرتبة الثانية عالمياً. كما إرتفع نصيبها من النشرات بإزدياد مطرَد خلال الخمس سنوات الماضية بينما إنخفض نصيب المانيا واليابان بإطراد.

قدرت الحكومة الصينية أن يتم صرف مبلغ 250 مليون دولار على تقنية "النانو" في عام 2005م بالمقارنة بدول مثل المانيا واليابان. ولكن بعد تعديل هذه النفقات والبنية التحتية للصين وتكاليف العمالة، فإن نفقات الصين تعد الثانية بعد الولايات المتحدة، إن جهود الصين نحو تحويل التقنية إلى التجارة قد تضاعفت بشدة، وتم تخصيصها نحو تطبيقات أساسية لمواد "النانو"، الإلكترونيات وتطبيقات العلوم الحياتية.

التخطيط المتوقع في مجال صناعات "النانو"

لقد وضعت الخطة أهدافاً على المدى القصير (لتطوير مواد "النانو")، على المدى المتوسط (تطوير تقنية "النانو" الحيوية والتقنيات الطبية) وعلى المدى الطويل (تطوير الكترونيات وشرائح "النانو"). أصبحت تقنية "النانو" في عام 2006م واحدة من النقاط الهامة في مجال التطوير والبحث العلمي كما إنعكس من خلال المؤشرات العلمية المحلية وبرنامج التطوير التكنولوجي للأعوام 2006م – 2020م.

هناك تخطيط على المستوى المحلي منذ عام 2000م، وتعاون وإستراتيجية نحو تقنية "النانو" وهي تعد المسؤولية الكاملة للهيئات الوطنية لعلوم "النانو" وتقنية "النانو".

فالخطة الوطنية 863 آنفة الذكر (يشار إليها ببرنامج 863)، والذي تم تنفيذه من قبل وزارة العلوم والتكنولوجيا، والذي تم إعتماده في 1986م من أجل تحسين فرص منافسة المنتجات الصينية للمنتجات العالمية في مجال التقنيات المرتفعة، قد أصبح هذا البرنامج خطوة الدفع الرئيسية لتطوير تقنية "النانو" في الصين. فالبرنامج خاصة مع الخطة الخمسية العاشرة للصين (2001-2005م) يعد المحرك الرئيسي الأول والأكثر تقدماً في مجال تصنيع التكنولوجيا لرفع مستوى تنافسية المنتجات والصناعات. إن الإستثمار العام السنوي على تقنية "النانو" وصل إلى خمس ما يتم إنفاقه في الولايات المتحدة الأمريكية.

فالبرنامج قد قام بتحديد المواد المتقدمة كأحد المجالات الست الأكثر أولوية، بالإضافة إلى "تشكيل حقوق الملكية الفكرية" بالإضافة إلى المشاريع "التي تم المسارعة فيها نظراً لطلبات السوق والتطبيقات العملية، والتي سيتم

تنفيذها بالإشتراك مع التقنيات العالية أو الهندسية". فالخطة تسعى لإنفاق 2.5% من الناتج المحلي للصين على الأبحاث والتطوير.

كما أعطى برنامج الأكاديمية العلمية الصينية للتطوير المعرفي والذي بدأ في 1998م وتم تنفيذه بالكامل في عام 2001م الأولوية الكاملة للأبحاث في مجال تقنية "النانو" بالإضافة إلى مجالات التقنية العالية مثل معلومات الكوانتوم، والفيزياء الحيوية، والجينات البشرية.

كما تم إنشاء الهيئة الفنية الوطنية لمواصفات "النانو" من قبل منظمة التخطيط والتطوير الصينية، ووزارة التعليم، والأكاديميات العلمية الصينية والهندسية، منظمة العلوم الطبيعية الوطنية بالصين بالإضافة إلى منظمات أخرى. كما قامت اللجنة الفنية الوطنية لمواصفات "النانو" بإصدار المواصفات المحلية لمواد "النانو" في عام 2005م.

أنظمة التطوير والبحث

هذه المعاهد متداخلة في الأبحاث التطبيقية والأساسية في أربع مجالات هي مواد ومعدات وهياكل والتقنيات الحيوية للنانو. فالصين تنظر إلى الأجيال المستقبلية هناك خططاً لإيجاد الوعي نحو أهمية تقنية "النانو" في المدارس الإعدادية والثانوية بالإضافة إلى تقديم التدريبات الهادفة إلى تجهيز جيل جديد من العلماء والمهندسين في هذا المجال.

معظم الأبحاث المتعلقة بالنانو يتم تنفيذها من خلال الأكاديمية الصينية العلمية،فعلى سبيل المثال يوجد على الأقل 20 من المعاهد المتداخلة حالياً في هذه الأبحاث، منها عشرة معاهد يعمل بها من 1000 إلى 1200 عالم في مجالات البحث، وربما هناك 2000 أو أكثر من الطلبة الخريجين والمتقدمين لدرجة الدكتوراه. إن هذه المعاهد تقدم عنصرين مختلفين من التمويل على المدى الطويل والمدى الأطول للمشروعات الرئيسية، والتي تعكس خصائصها والناتجة عن الأبحاث التي تقوم بها.

كما أن الصين تملك ثلاثة مراكز وطنية لتقنية "النانو" وهي، بكين، شنغهاي وتيانجين .ويعد المركز الوطني لعلوم وتقنيات "النانو" والذي يقع في بكين، المركز الرئيسي لأكاديمية علوم النانومتر ومركز الأبحاث التكنولوجية. ويتعاون مركز شنغهاي الوطني لتطوير وتسويق تقنية "النانو" مع سبعة جامعات وبعض المعاهد، وتسعة شركات خاصة ويتم تمويله من قبل الجهات الحكومية، ولجنة تطوير وإصلاح الدولة، والشركات الخاصة. والذي يهدف إلى إيجاد منتجات نانو جديدة للأسواق. يبحث مركز تيانجين الوطني لمنتجات "النانو" التجارية والذي يتم تمويله من قبل تيانجين للتطوير التكنولوجي والاقتصادي بالتعاون مع الأكاديمية الصينية للعلوم، الجامعات، الشركات الخاصة. كما يعنى خصيصاً بتصنيع وتجارة منتجات "النانو".

كما أعلنت حكومة مدينة شانغهاى في عام 2001م أنها سوف تنشأ قاعدة أبحاث في مجال صناعة ‘‘النانو’’ تضم إتحاد ثلاثة مراكز بحثية كبيرة ، وعدة مختبرات بحثية في مجال ‘‘النانو’’ وإحدى عشر شركة متخصصه في البحث والتطوير. وقد تم الإنتهاء من المرحلة الأولى من البناء الذي أنشأ بالقرب من جامعة شرق الصين للعلوم والتكنولوجيا في غضون شهر ، وأصبحت76000 متر مربع على الفور متاحة للشركات لعمل الابحاث في مجال صناعة ‘‘النانو’’. ثم وضعت خطط لإضافة 2000000 متر مربع في المرفق نفسه ، و في آب من نفس السنة، أعلنت لجنة العلوم والتكنولوجيا ببلدية مدينة شنغهاي أن المدينة ستركز مواردها على الأبحاث والتصنيع في مجال صناعة ‘‘النانو’’ على مدى السنوات الأربع المقبلة 2001-2005م . يهدف المشروع الى تطوير الصين في البحث والتسويق ، وبخاصه في مجال صناعة مواد ‘‘النانو’’ (المكونات الإلكترونية و الإستخدمات الطبية والحيوية للنانو .(وذكرت لجنة العلوم والتكنولوجيا ببلدية مدينة شنغهاي أنها أنشأت أيضاً حاضنه لتطوير البرامج في مجال صناعة النانو . في (تموز 2001م) ، كانت هناك بالفعل عشرين شركة تعمل في مجال التنمية في صناعة ‘‘النانو’’ في مدينة شنغهاي.

وفي أقل من سنة ، في آيار / مايو 2002م ، أعلنت لجنة العلوم والتكنولوجيا ببلدية مدينة شنغهاي عزمها على تقديم المزيد من الفرص الإستثمارية في مجال صناعة ‘‘النانو’’، وبحلول منتصف عام 2002م وضعت بلدية مدينة شانغهاى البنية التحتية لصناعة ‘‘النانو’’ ، مما أدى إلى سرعة تطور تقنيات صناعة ‘‘النانو’’ طوال عامي 2003م و 2004م.

وفى نفس الوقت الذي تشهد فيه شانغهاى إزدهاراً في مجال صناعة ‘‘النانو’’ ، كانت مدينة بكين تشهد أيضاً نشاطاً مكثفاً في مجال الإستثمار في هذه الصناعة الجديدة. فقد أفتتح فى بكين فى عام2000 مركز تقنيات ‘‘النانو’’ في أكاديميه العلوم الصينية Chinese Academy of Science (CAS) وتم إتحاد أكثر من إثنى عشر مركزاً وعدة معاهد إستراتيجية ومختبرات جامعية بهدف تطوير التعاون العلمى وتسريع التنمية الصناعية فى بكين مجال صناعة ‘‘النانو’’ . وبعد سنة واحدة فقط، في كانون الأول / ديسمبر 2001م ، أعلنت جامعة بكين تطويرها طريقة جديدة لإنتاج أنابيب الكربون النانوية. كما أن هناك عدد من المراكز الجامعية والمحلية المتداخلة في الأبحاث الخاصة بالنانو وتطويرها في الصين، كما تم الإشارة إلى وجود أكثر من 800 شركة تعمل بتقنية ‘‘النانو’’.

التعاون الدولي

الهدف الرئيسي من إقامة المعاهد والمراكز هو التركيز على التعاون الدولي، فالصين والولايات المتحدة على وجه الخصوص. أقامت مثل هذا التعاون سواء بين المجتمعات العلمية والمنشآت الأجنبية أو الجامعات، وهو مركز لتطوير الإستراتيجيات التقنية في الصين. فهذه الشراكات بالإضافة إلى الشركات المشتركة سوف تؤدي إلى جلب التقنيات الحديثة وتساهم في توزيع شبكات عالمية، وفي تداخل الأسواق وتنمية المهارات الإدارية.

فالمشاركة في الأبحاث والتناقل العلمي بين جامعة كاليفورنيا، سانتا باربرا ومعهد داليان للفيزياء الكيميائية على سبيل المثال يعد أحد الأمثلة على هذا التعاون القائم بين المعاهد في المشاريع المتعلقة بتقنية "النانو". كما أن هناك تعاوناً غير رسمي مستمراً ويتزايد بشكل كبير في العدد، مما يسمح بشراكات ونتائج إيجابية. فالتعاون الرسمي الدولي بالإضافة إلى العلاقات الشخصية بين الباحثين المستقلين وتناقل المعلومات بإستخدام الإنترنت يؤكد أيضاً على أنها من العوامل الهامة للتحديث في مجال الحصول على تقنية "النانو".

تهدف الشراكة الإستراتيجية بين أكاديميه العلوم الصينية والشركة الأمريكية Veeco Instruments Inc ، إلى توفير سهولة وصول الباحثين الصينيين إلى المعلومات والتجهيزات في مجال صناعة "النانو". وأدت هذه الشراكه الإستراتيجية بين أكاديمية العلوم الصينية والشركة الأمريكية Veeco Instruments Inc بين عامي 2003م و 2007م إلى إنشاء أكثر من 300 مؤسسة تعمل في البحث والتطوير في مجال صناعة "النانو" وأكثر من 7000 عالم يعملون في هذا المجال الآن ، مما أدى الى وصول الصين إلى مستويات أكثر تقدماً في مجال صناعة النانوعالمياً ، وتنافس حتى قدرات الولايات المتحدة.

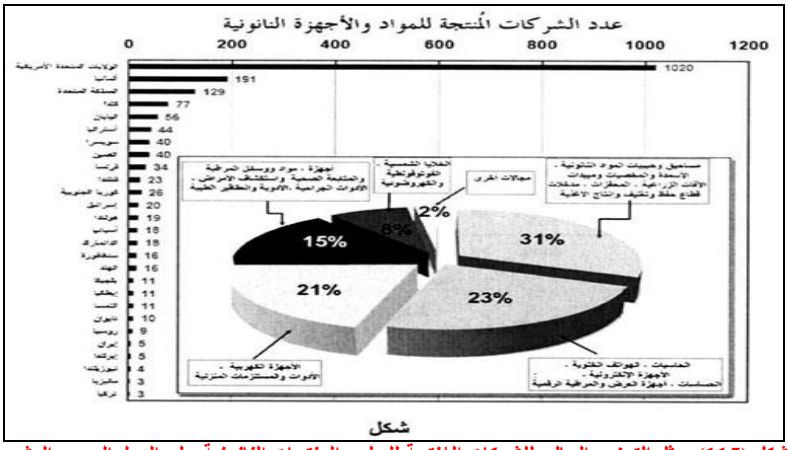
الخلاصة:

أصبحت الصين الآن واحدة من رواد العالم من حيث عدد الشركات المسجله حديثًا في مجال صناعة النانو وعدد براءات الإختراع المتعلقة بها. وعلى مدى السنوات الثلاث الماضية زاد عدد الشركات في مجال صناعة "النانو" فى الصين إلى أكثر من 800 شركة . وللصين ميزات فريدة عن باقي الدول الصناعية الأخرى ، منها إنخفاض تكاليف الأيدي العاملة وعدم وجود حواجز للتقنيات الجديدة والمبالغ الكبيرة من رؤوس الأموال الإستثمارية الأجنبية وإنخفاض سعر العملة وإنخفاض الضرائب ودعم الحكومة والسوق المحلية الكبيرة حيث يوجد أكثر من 1.3 مليار مستهلك، كل هذه الأسباب مجتمعة تؤدي إلى إزدهار الصناعة في الصين ومنها صناعة "النانو"

السوق العالمية والمنتجات النانونية[233]

تلعب تكنولوجيا "النانو" بعالمنا اليوم، دورًا مهما في إنعاش سوق التجارة العالمي، وذلك من خلال طرحها لسلع ومنتجات فريدة غزت كل المجالات. وقد أضحت المُنتجات النانونية ترتبط بمعاني الإبداع والتميز. ومن منا لم يلاحظ هذا الرواج التجاري الضخم والمتزايد، الذي تحققه مبيعات الأجهزة المحمولة، مثل أجهزة الحواسب، والهواتف المحمولة، وأجهزة تسجيل وتشغيل الموسيقى، والأغاني والأفلام، القادرة على تخزين كم هائل من تلك الملفات في أحجام صغيرة جداً؟ وتقوم اليوم أكثر من 1860 شركة تنتمي لسبع وعشرين دولة من دول العالم بإنتاج سلع ومنتجات نانونية مختلفة، بلغ حجم مبيعاتها في عام 2007م نحو 146 مليار دولار.

إحتكار السلع النانونية



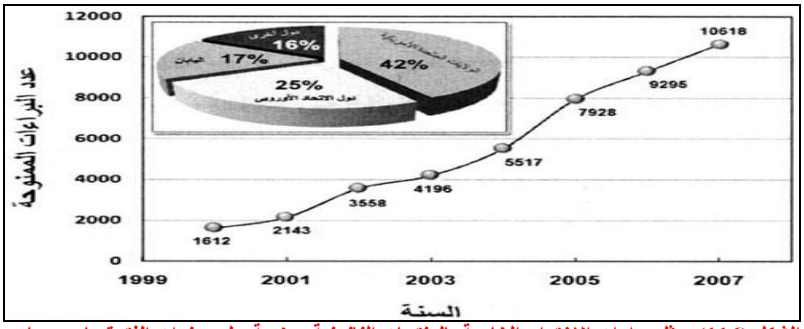
الشكل (115) يمثل التوزيع الحالي للشركات المُنتجة للسلع والمنتجات النانونية على الدول السبع والعشرين المالكة لتلك الشركات. ويبين الشكل الداخلي النسب المئوية لحجم مبيعات الأنواع المختلفة من تلك المنتجات وذلك لعام 2008

في ظل هذه المنافسة الشرسة القائمة بين الشركات والمؤسسات العلمية المهتمة بمجال تكنولوجيا "النانو"، فقد كان من البديهي أن تقوم تلك الهيئات بحماية منتجاتها الإبتكارية عن طريق براءات الإختراع، لتحتكر بها التفاصيل التقنية الدقيقة المتعلقة بعمليات الإنتاج والتصنيع. وقد وصل عدد براءات الإختراع التي حصلت عليها تلك الجهات في المواضيع المتعلقة بتكنولوجيا "النانو" وحدها في الفترة مابين عامي 2000 - 2007م إلى 44867 براءة، وذلك بواقع زيادة سنوية وصلت إلى نحو 18%.

وهذا في حد ذاته يعكس حجم النمو في قطاع الإنتاج «النانو تكنولوجي» وازدياد حجم المنتجات النانونية التي يتم ضخها للأسواق سنويًا. وجدير

[233] محمد شريف الإسكندراني ،تكنولوجيا النانو.. وآثارها الاقتصادية والاجتماعية على المجتمع العالمي

بالذكر هنا، أن تلك الهيمنة على مخرجات تكنولوجيا "النانو" كانت نتيجة مباشرة لحجم الإنفاق العالمي على برامج ومراكز التميز لعلم وتكنولوجيا "النانو" الموجودة في 52 دولة حول العالم، والذي بلغ خلال الفترة ما بين عامي 2000- 2008م نحو خمسة وثلاثين مليار دولار.



الشكل (116) يمثل براءات الاختراع الخاصة بالمنتجات النانوية موزعة على سنوات الفترة ما بين عامي 2000 و 2007. ويبين الشكل الداخلي النسب المئوية لتوزيع تلك البراءات على دول العالم المختلفة خلال الفترة المذكورة نفسها

الأنشطة البحثية والأكاديمية

تتربع تكنولوجيا "النانو" على قائمة الاهتمامات العلمية والبحثية بجميع دول العالم، حيث قامت 52 دولة خلال السنوات العشر الماضية بتأسيس برامج ووحدات بحثية وأكاديمية، معاهد بحوث ومراكز تميز وبرامج ومعامل، وصل عددها مع نهاية عام 2009م إلى 24468. وتتنافس الآن دور النشر العالمية في إصدار دوريات جديدة متخصصة في علم وتكنولوجيا "النانو"، تستقطب بها العلماء والباحثين العاملين في هذا المجال من كل أنحاء العالم. هذا بالإضافة إلى ما يشهده العالم اليوم من سباق حول تنظيم المؤتمرات الدولية، والندوات وورش العمل الخاصة بتكنولوجيا "النانو"، بما يقرب من ندوة أو مؤتمر يتم تنظيمه يوميًا! وقد بلغ عدد تلك الدوريات العلمية والمحافل الدولية والمؤتمرات حتى ديسمبر 2009م نحو 4175 حفلاً علمياً. وفي خلال تلك الفترة، تم نشر نحو 193475 ورقة بحثية من مختلف أرجاء العالم. وفي إطار ما أُتيح لي من معلومات خاصة بالنشر العلمي العالمي بمجال علم وتكنولوجيا "النانو" خلال تلك الفترة، يمكننا ترتيب تلك الأبحاث المنشورة وفقًا لما حظيت به من إهتمام وتنافس بحثي على مستوى العالم.

تكنولوجيا الفقراء

على الرغم من أن تكنولوجيا "النانو" ترتكز في الأساس على العلوم الحديثة والأساليب التقنية المتقدمة شديدة الصعوبة والتعقيد، فإن تكلفة البنية التحتية المطلوبة لإنشاء المصانع الخاصة بإنتاج المواد والأجهزة النانونية، وعلى العكس مما يتصوره الكثيرون، تقل بكثير عن نظيرتها المطلوب توافرها للصناعات الثقيلة مثل صناعة الحديد والصلب. بالإضافة إلى أن تلك الصناعات قد تم احتكارها بالفعل من قبل الدول الصناعية الكبرى، أو من بعض الدول النامية التي في طريقها للتحول إلى مصاف الدول العظمى، مما يُصعب من مهمة الدول الناشئة في المنافسة بتلك الصناعات التقليدية. وتتفوق تكنولوجيا "النانو" في كونها التكنولوجيا الوحيدة ذات الوظائف والإستخدامات المتعددة، حيث يمكن توظيف منتج واحد من منتجاتها النانونية في أكثر من مجال تطبيقي. وبطبيعة الحال، فإن هذا يؤدي إلى تخفيض تكلفة الإنتاج. لذا، فمن المرجح أن تضاعف تكنولوجيا "النانو" من القدرة الإنتاجية في البلدان النامية والفقيرة، وذلك من خلال تقديمها لسبل جديدة من عمليات تصنيعية مُبتكرة ورخيصة، مما يضمن الحصول على منتجات تكنولوجية عالية القيمة، منخفضة السعر، تُستخدم في تطبيقات متنوعة، لا يتخلف عنها إلا قدر هامشي من الملوثات البيئية التي يمكن السيطرة عليها ومعالجتها.

ورجوعًا للدور الحيوي الكبير المُنتظر أن تقوم به تكنولوجيا "النانو" في حل المشكلات المستعصية بدول العالم النامي، فقد إنتزعت لقب "تكنولوجيا الفقراء"، وذلك للأسباب التالية:

1. إنخفاض تكلفة البنية الأساسية المطلوب توافرها لتأسيس الصناعات النانونية.
2. إتاحة فرص كبيرة لخريجي الكليات والمعاهد العلمية والتكنولوجية، بالإضافة إلى المهنيين من خريجى المعاهد المتوسطة، تلك الفئة التي تعاني في بلادها النامية عدم توافر فرص توظيف مناسبة.
3. توفير حلول عملية وفعالة لمشاكل العالم النامي المتمثلة في المجالات الآتية:
   - ✓ **مجال البيئة**
   - ✓ **معالجة المياه الجوفية والتربة الملوثة**، تقليل مستوى الإنبعاثات الغازية الملوثة للهواء.
   - ✓ **مياه الشرب**: توفير مياه شرب نظيفة خالية من الملوثات، ورفع قدرات التقنيات الخاصة بمعالجة وتحلية المياه المالحة، وتطوير التقنيات الخاصة بعمليات تدوير المياه ورفع قدراتها من أجل الحصول على ماء نظيف صالح للإستخدام الآدمي.
   - ✓ **مجال الموارد الغذائية**: زيادة خصوبة الأراضي غير الصالحة للزراعة وإستصلاحها، وتخفيض مستوى ملوحة التربة الزراعية،

ورفع القيمة الغذائية للمنتجات الغذائية من الأطعمة والمشروبات، وإبتكار طرق مستحدثة لحفظ وتغليف الأطعمة وضمان عدم تلفها، وزيادة مدة صلاحية العبوات الغذائية حتى بعد فتحها.

- ✓ **مجال الطب والدواء:** رفع كفاءة وقوة الأدوية والعقاقير الطبية، وإبتكار أساليب متقدمة تستخدم في علاج الأمراض المزمنة مثل مرض السكري، وإتباع أساليب طب "النانو"، وزيادة كفاءة ومصداقية التشخيص الطبي والكشف المبكر عن الأورام والأمراض.
- ✓ **مجال الطاقة والإتصالات:** رفع كفاءة الخلايا الشمسية - الفوتوفولطية وتخفيض تكاليف إنتاجها، وإبتكار أنواع حديثة من الخلايا الفوتوفولطية غير المعتمدة على تكنولوجيا السيليكون التقليدية باهظة التكاليف، ورفع كفاءة شبكات الإتصالات والربط، وزيادة سعتها وقدراتها.

تكنولوجيا "النانو" والعالم النامي:

تشير الأمثلة التطبيقية لتكنولوجيا "النانو" الموضحَة في المجالات أعلاه، إلى أنها تطبيقات تخصَ بالقدر الأكبر الدول النامية والفقيرة التي تعاني ضعف أوضاعها الإقتصادية وتردَي بنَيتها التحتية .

لذا فلم يكن من المستغرب أن يضع البرنامج الإنـمائي للألفية الثالثة التابع لهيئة الأمم المتحدة United Nations Millennium Development Goals MDGs في تقريره لعام 2005م تكنولوجيا "النانو" كتقنية أولى ومعوَل أساسي من معاول تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية الثالثة الخاصة بالتنمية والتعمير والتخفيف من حدة المشكلات الناجمة عن الفقر والمرض.

وقد إستقطبت تكنولوجيا "النانو" ونتائجها الواعدة في حل القضايا المتعلقة بمشكلات دول العالم النامي الكثير من الإهتمام من قبل حكومات تلك الدول، مثل الصين، كوريا الجنوبية، والهند، وإسرائيل، والبرازيل، والأرجنتين، وإيران، وتركيا، وتايوان، وجنوب إفريقيا، وسنغافورة، والمكسيك، وأندونيسيا، وماليزيا، وغيرها من الدول التي تجاوز عددها في عام 2009م الثلاثين دولة. وعلى الرغم من الفقر المدقع، ونقص التعليم، وإنتشار الأوبئة والأمراض، وعدم توافر المياه الصالحة للشرب وإلى غير ذلك من مشكلات قائمة في معظم تلك البلدان النامية، فإنها لم تتردد في أن تُطلق مبادراتها الوطنية لإنشاء مراكز تميَز بحثية لتكنولوجيا "النانو"، وأن تخصص لهذه المراكز المتاح وأيضاً غير المتاح من مخصصات مالية، وذلك إيمانًا منها بأهمية العلوم والتكنولوجيا المتقدمة في حل المشكلات المستعصية التي تُعاني منها تلك الدول. وقد ألفت تكنولوجيا "النانو" بين الإهتمامات البحثية بالدول الغنية والفقيرة، المُتقدم منها والنامي، وعززَت معاني

الإستثمار القائم على العلم والمعرفة، كما أنها رسخَت أهمية الملكية الفكرية وبراءات الإختراع، وحق الفرد في أن يحتكر نتاج أنشطته الإبداعية، وأن يجني ثمرات كفاحه ومثابرته في تحصيل وإنتاج العلم

ماء زمزم يحير العلماء (غير المسلمين) تقنية "النانو" تفشل في تغييره[234]

أكد عالم ياباني، أن ماء زمزم يمتاز بخاصية علمية لا توجد في الماء العادي، مشيراً إلى أن الدراسات والبحوث العلمية التي أجراها على الماء بتقنية "النانو" لم تستطع تغيير أي من خواصه، وأن قطرة من ماء زمزم حين إضافتها إلى ألف قطرة من الماء العادي تجعله يكتسب خصائص ماء زمزم.

وأوضح الدكتور" مسارو إيموتو" الباحث العالمي الياباني رئيس معهد هادو للبحوث العلمية في طوكيو ، أنه أجرى العديد من البحوث والدراسات على ماء زمزم حصل عليه من شخص عربي كان يقيم في اليابان، مبيناً أن ماء زمزم فريد ومتميز ولا يشبه في بلوراته أي نوع من المياه في العالم أياً كان مصدرها.

ولفت النظر إلى أن "كل الدراسات في المختبرات والمعامل لم تستطع أن تغيَر خاصية هذا الماء، وهو أمر لم نستطع معرفته حتى الآن وأن بلورات الماء الناتجة بعد التكرير تعطي أشكالاً رائعة لذلك لا يمكن أن يكون ماء زمزم عادياً."

وأشار الباحث الياباني مؤسس نظرية تبلورات ذرَات الماء التي تعد إختراقاً علمياً جديداً في مجال أبحاث الماء ومؤلف كتاب" رسائل من الماء"، إلى أن البسملة في القرآن الكريم، التي يستخدمها المسلمون في بداية أعمالهم وعند تناول الطعام أو الخلود إلى النوم لها تأثير عجيب على بلورات الماء .وأضاف "عندما تعرضَت بلورات الماء للبسَملة عن طريق القراءة أحدثت فيه تأثيراً عجيباً وكونَت بلورات فائقة الجمال في تشكيل الماء." وأشار الدكتور "مسارو إيموتو" إلى أن من أبرز تجاربه، إسماع الماء شريطاً يتلى فيه القرآن الكريم فتكونَت بلورات من الماء لها تصميم رمزي غاية في الصفاء والنقاء.

وأبان العالم الياباني، أن الأشكال الهندسية المختلفة التي تتشكل بها بلورات الماء الذي قرئ عليه القرآن أو الدعاء تكوَن إهتزازات ناتجة عن القراءة على هيئة صورة من صور الطاقة، مشيراً إلى أن ذاكرة الماء هي صورة من صَور الطاقة الكامنة التي تمكنَه من السمع والرؤية والشعور والإنفعال وإختزان المعلومات ونقلها والتأثر بها، إلى جانب تأثيرها في تقوية مناعة الإنسان وربما علاجه أيضا من الأمراض العضوية والنفسية

---

[234] مقال بعنوان ماء زمزم يحير العلماء من موقع الإقتصادية الإلكترونية،العدد5286، 2008/4/1، http://www.aleqt.com

أسرع معالج للهاتف الجوال في العالم من سامسونج بتقنية 45 نانومتر يعالج 2 مليار عملية في الثانية

أعلنت شركة سامسونج رسمياً عن الإنتهاء من تطوير أسرع معالج للهاتف الجوال في العالم يعمل بسرعة 1 غيغاهيرتز (1024 ميغاهرتز)، وذلك بالتعاون مع شركة إنترنسيتي intrinsity الأمريكية، وقد تم ذلك إعتماداً على البنية الهندسية أو التصميم الذي يسمى Cortex A8 الخاص بشركة إي آر إم ARM المختصَة في تطوير المعالجات للأجهزة المحمولة.

يعتمد المعالج الجديد على تقنية 45 نانومتر في التصنِيع التي تمتاز بإستهلاكها القليل للطاقة الكهربائية للحفاظ على عمر أطول لبطارية الهاتف، كما أنه يتيح معالجة ما يصل إلى 2 مليار عملية في الثانية!! فضلاً عن ذاكرة كاش الكبيرة من نوع L1 التي تبلغ سعتها 32 كيلوبايت، في حين تختلف سعة الذاكرة كاش من نوع L2 بين وحدة وأخرى.

وقد أطلق على المعالج الجديد الإسم الرمزي هيومنج بيرد (Hummingbird) والذي يشير إلى نوع من أنواع الطيور في بداية الأمر، وهو يدعم تقنية NEON من ARM للتعامل مع الوسائط المتعددة، وبهذه السرعة الكبيرة فإن الجيل الجديد من الهواتف المحمولة التي ستستخدم المعالج الجديد ستتفوق في أدائها على أي من الهواتف المحمولة الحالية، بما فيها هاتف آي فون iPhone بالإصدار الأخير3GS

وعن إطلاق المعالج الجديد يقول أحد الخبراء في سامسونج: "إن أبرز التحديات التي نواجهها في تطوير معالج للهاتف الجوال هي الجمع بين الأداء العالي مع الحفاظ على معدل إستهلاك منخفض للطاقة الكهربائية، وقد تمكنَا من خلال التعاون مع شركة إنترنسيتي من التوصل إلى أفضل تصميم مع الإستفادة من أفضل التقنيات المتوفرة لتحقيق معادلة الأداء العالي مع الإستهلاك المنخفض للطاقة الكهربائية .

أحدث أختراعات تقنيات "النانو" في روسيا:

تقوم روسيا حالياً بدعَم تطوير تقنيَات "النانو" التي من المتوقع أن تحدث تغيراً كبيراً في حياة الإنسان. حيث يستخدم طلاب معهد التقنيات الحديثة في مدينة بطرسبورغ أحد أحدث الأنجازات في هذا المجال في دراستهم وتحاليلهم العلمية ويشكل جهاز "Nanoeducator" خلاصة لتطور ما يعرف بـتقنيات "النانو" في روسيا وهو عبارة عن ميكروسكَوب مطورَ للغاية وقد توحدت جهود 3 معاهد متخصصة في مدينة بطرسبورغ من أجل صناعته وشارك في هذا الإنجاز العلمي أساتذة وطلاب وخبراء وتقنيون.

ولهذا الميكروسكوب وظائف وخصائص متعددة ومتنوعة يكفي القول أن بأستطاعته تكبير شعرة الإنسان ألف مرة إضافة إلى تحديد حجمها ووزنها وطولها وتحديد قطرها أيضاً. ومن خصائص هذا الجهاز أيضا أنه يستطيع

أن يقوم بكافة تحاليل الدم بما فيها تحليل الحمض النووي المعروف بـ "DNA" إضافة إلى تحاليل طبية كثيرة ومتنوعة.

روسيا تصنع دايودات ضوئية اقتصادية أكثر من المصابيح العادية 7 مرات:

أعلن ذلك رئيسها "اناتولي تشوبايس" أمام الصحفيين في موسكو اليوم . فقال إن "أحد المشاريع يتمثَّل في صنع "ديودات ضوئية" في مصنَع الأورال للبصريات والميكانيكا. وإن إستهلاك هذه الديودات للطاقة الكهربائية أقل 7 مرات من المصابيح العادية وفترة خدمتها تزيد 5 مرات ."

كما يوجد حسب قول رئيس المؤسسة مشروع يتعلق بالطاقة الشمسية . وقال تشوبايس إن مشروع إنتاج المونوسيلان (أحادي السيليكون) الوطني الأول في مقاطعة ايركوتسك بطاقة إنتاجية 3 آلاف و400 طن من هذه المادة في السنة سيخلَص البلاد كلياً في حقيقة الأمر من الحاجة إلى الإستيراد لأغراض تطوير كل قطاع الطاقة الشمسية في روسيا ."وقد أستحدثت مؤسسة "روس نانو" الوطنية في عام 2007م. وأعتمدت الدولة ميزانيه لها في عام 2007م 130 مليار روبل

بطاريات جديدة من الليثيوم كربيد تدوم 3 أضعاف من البطاريات الحالية بفضل تقنية "النانو"[235]

توصل فريق علَمى من جامعة واترلو إلى أكتشاف بطاريات جديدة من الليثيوم كربيد تدوم ل3 أضعاف فترة التشغيل لبطارية الليثيوم أيون الحالية والمستخدمة فى كل الأجهزة التقنية حالياً بدءاً من مشغلاَت الوسائط المتعددة وحتى السيارات الكهربائية وهذا الأكتشاف كان نتيجة عكوف الفريق العلمى على تفعَيل تقنيات "النانو" على تغيير البنية الداخلية لبطارية الليثيوم. وبشكل مبسَط سيصَبح من الممكن لنا أستخدام بطارية الليثيوم كربيد فى أجهزتنا الحالية مستبدلين بذلك البطاريات التقليدية فقط دون المساس بتكَوين الأجهزة نفسها فمثلاً سيصبح من الممكن أستخدام الحاسب المحمول لمدة 20 ساعة فى المتوسط قبل فراغ البطارية وال ipod لمدة أسبوع وغير ذلك من الأستخدامات مما يعنى نقله كبيرة فى حياتنا اليومية. العلماء صَرحوا بأن أستخدام الكبريت المذاب لملىء فراغ يقدر بنانومترات معدودة بين قضبان الكربون ذات قطر 50 نانومتر على الأكثر مستخدمين خاصَية الأنابيب الشعرية مما أدى لرفع المساحة الجانبية المستخدمة والملاصقة للقضبان وبالتالى مضاعفة آداء البطارية ثلاث مرات دون زيادة في حجمها ولا تكلفة أنتاجها الحالية ولكن الوزن سيقل كثيراً بكل تأكيد.

[235] أحمد يوسف أحمد علي بكر، http://nano-products.blogspot.com

بناء أوعيه دمويه بالنانو تكنولوجي لعلاج تصلب الشرايين

أبحاث يقودها عالم مصري بأميركا لبناء أوعيه دمويه بالنانوتكنولوجي لعلاج تصلب الشرايين:

تغير ‘‘النانو’’تكنولوجي الكثير من الطرق العلمية في كثير من المجالات ومنها ما يقوم به الفريق البحثي حالياً ببناء أوعية دموية جديدة بجسم الإنسان لتقوم بعمل الأوعية المتصلبة بالدورة الدموية وبالتالي ضمان تغذية الأنسجة الحيوية بالدم وعدم تعرضها للتلف عند أنسداد الشرايين المغذية لها والعالم المصري الأميركي الدكتور شاكر موسى رئيس مركز بحوث التطوير الصيدلي بكليتي طب وصيدلة ألبني بنيويورك يقود حالياً فريقاً علمياً للتوصل للمواد المنشطة لتكوين أوعية دموية جديدة وأستكمال نضوجها والحيلولة دون أضمحلالها (كما يحدث لها طبيعياً بالجسم) مما سيمثَّل ثورة مستقبلية في علاج تصلب وأنسداد الشرايين وخلال العام الماضي جرت الأبحاث علي الإنسان بعد نجاحها علي الحيوان .

ويقول العالم المصري إنه في حالات السكر والضغط وزيادة الدهون تتعرض الأوعية الدموية للتصلب والأنسداد ويضعف تغذية القلب والمخ والأطراف وعند أنقطاع التغذية الدموية تموت الأنسجة فتحدث مشكلات كبيرة في الجسم وفي السنوات الأخيرة حاول العلماء إعادة تغذية هذه الأنسجة المحرومة من الدم لذا، بدأت الأبحاث العلمية علي تنشيط تكوين أوعية دموية جديدة تكون قادرة علي الأستمرار لتكون بديلة وتقوم بضخ الدم للأنسجة المحروم لكن كانت المشكلة أن الأوعية الجديدة تنشأ من الأوعية الرئيسية لمدة أيام محدودة ثم تختفي فكان لابد من إجراء أبحاث لمحاولة منع إختفائها مع تنشيط ظهورها وبدأت التجارب السابقة في جامعة هارفارد الأميركية بأستخدام مادة منشطة طبيعية في الجسم هي هرمون (VEGF) أو بأستخدام جين لتنشيط هذه المواد ولم تنجح هذه الأبحاث لأن الأوعية الدموية تتكون ذاتياً وتختفي وبالتالي لاتواصل عملها وركزَت الأبحاث علي زيادة نضوج الأوعية الدموية الفرعية دون تعرضها للزوال فتم أكتشاف مادة جديدة في الوريد والشريان تسمي (جاج) وهي من الأحماض السكرية حاملة لشحنة سالبه علي يد الفريق الذي يقوده الدكتور موسى وتعمل علي نضوج الأوعية الدموية الجديدة ومنع أختفائها لأن هناك عملية مستمرة للبناء والهدم في الجسم وهذا سبب فشل أبحاث هارفارد التي بدأها الدكتور جيف إيزنر.

وقد قابلت الفريق عدَة صعوبات في إستخدام المادة عند إكتشافها لأنه عند أستعداد المريض للإصابة بالسرطان تزيد ماده (جاج) من الإسراع بالسرطان وكان الحل في أستخدام ‘‘النانو’’تكنولوجي بتحمَيل المادة ثم زرعها بالنانو ويكون هذا بالحقن موضعياً مما يساعد علي نضوج الأوعية الدموية وأستمرارها ويجري حالياً تحميل هرمَون الغدَة الدرقَية علي سطح ‘‘النانو’’ وفي الداخل يتم تحمَيل الحامض السكري فالأول ينشط ظهور

الأوعية الدموية الفرعيه والثاني يعمل علي تثبيتها وأظهرت التجارب الأولية علي الحيوانات نجاحاً مبهراً وتم عرض الأبحاث في مؤتمرات دولية بأوروبا وأميركا وقريباً ستبدأ التجارب الحقيقية علي المتبرعين. وتأتي أهمية أستخدام النانوتكنولوجي كما يقول العالم المصري أنه يتم حقن العلاج مرة واحدة أو مرات محدودة علي فترات متباعدة فيكون حلاً جذرياً لمرضي الشرايين خاصة مرضى السكر.

وأضاف أنه بأستخدام هذا الأسلوب في القلب عند حدوث أزمات قلبية ووضع "النانو"تكنولوجي محملاً بالمواد المنشَطة والمنضجة فإنها ستساعد علي تكوين أوعية دموية جديدة ثابتة وتفتح طرق جديدة لتغذية القلب ويتوقع أن يكون العلاج مستقبلاً بهذا الأسلوب رخيصاً وسيؤثر علي شركات الأدوية في العالم لأن تناول الدواء سيكون مرَة واحدة وهناك مواد جديدة تم أكتشافها لتحميلها مع "النانو"تكنولوجي في مجال الأوعية الدموية.

مصنع "النانو" المستقبلي لإنتاج اللآب توب:

هذه الفكره الخياليه والتي يعمل عليها العلماء حالياً داخل معامل الأبحاث محاولين تنفيذها هي لجهاز صغير بحجم الشنطه السمسونايت والذي يعتبر مصنعاً لأنتاج لاب توب المستقبل بسهوله ويسر ويعمل هذا اللآب توب المنتج ببطاريه تعمل لمده 100 ساعه متواصله ويحتوي علي مليار معالج فالفكره تبدأ بتركيب مجموعه من الجزيئات التي تحتوي على ذرتين كربون وذرتين هيدروجين وتستخدم هذه الجزئيات كحجر الأساس في تصنيع مكعبات من ذرتين كربون لبناء بلورات تصف في طبقات وبعدها تجمع حسب خريطة البناء المعدة للتصميم وكل ذلك في مصنع بسمك 1 مليمتر يحتوي ملايين الآلآت التي تعمل مع بعضها البعض

ملابس "النانو" تكنولوجي تغيَر لونها في ضوء الشمس:

في خبر حديث أمس الجمعه الموافق 3 أبريل 2009م أعلن مجموعه من العلماء فى معهد "فراونهوفر الألماني" المعروف عن إنتاج أنسجة رقيقة يمكن للإنسان أن يغيِّر لونها حسب الطلب. وأوضح العلماء أنه يمكن لتقنية "النانو" تكنولوجى أن تحدث ثورة في عالم الأنسجة والملابس بعد أن أقتحمت في السابق عوالم صناعة الأجهزة والمعدات والمواد الدقيقة. وجاء في تقرير للمعهد لاقتصاد العمل والتنظيم أن أربعة معاهد تابعة له تهتم بأبحاث البوليمر والسيليكون والمواد والفيزياء شاركت في الإختراع. وتتكَون الأقمشة الرقيقة التي تصلح أيضاً لكسو الأقمشة والسطوح من الخارج من كريات نانوية بالغة الصغر تغيَر لونها حسب طول الموجات الضوئية التي تنعكس عليها. وذكر "فلوريان روتفوس" من معهد فراونهوفر أن العلماء توصلوا إلى صنع «ماتريكس» النسيج من خلال مزج الكريَات النانوية مع صبغة عديمة اللون. وأبدي صنَاع الأنسجة في كافة أنحاء العالم أهتمامهم بالإختراع بغيَة إحداث ثورة في عالم الموضة والأنسجة والملابس. كما

أعربت شركات أخرى في مجال البناء برغبتها في الإختراع لصناعة ورق جدران يغير لونه حسب الطلب. وأعتمد العلماء الألمان في أختراعهم على نتائج دراسة نشرها الأميريكي يادون ين عام 2007م من جامعة كاليفورنيا في مجلة «الكيمياء التطبيقية». وذكر «ين» حينها أنه نجح في التوصل إلى إنتاج بلورات من أكسيد الحديد تغير لونها بإستخدام مادة رابطة تتفاعل مع مجال مغناطيسي معين. وكانت مشكلة ين آنذاك هي أن النسيج المنتج من البلورات يعود إلى لونه الرمادي الأصلي حينما ينتهي مفعول المجال المغناطيسي وهي المشكلة التي تغلب عليها الألمان حالياً من خلال أستخدام الكريات النانوية محل البلورات والتخلي عن أكسيد الحديد لصالح إنتاج عجينة ما لم يكشف عن مكوناتها أو ماتريكس يربط الكريات ببعضها وبدلاً من الحقول المغناطيسية نجح علماء معهد فراونهوفر في تغيير لون النسيج المنتج بهذه الطريقة بإستخدام الأشعة فوق البنفسجية. وأكد روتفوس أن التقنية لا تشكل أي خطر على صحة الإنسان. وهذا يعني أنه من الممكن مستقبلاً شراء بدلة واحدة وتغير لونَها عدة مرات في الحفلة الواحدة أو الاحتفاظ بالبدلة وتغيير لون القميص وربطة العنق فقط. ويمكن أن يكون الإختراع مهما للعاملين في المواقع التي تتطلَب تغيير الملابس بإستمرار كما هو الحال مع مقدمَي برامج التلفزيون وممثلي السينما... إلخ. وعموماً سيحتاج المعهد حسب تصريح روتفوس إلى ثلاث سنوات أخرى كي يجعل الإختراع جاهزاً للسوق.

موبيل بتقنيه "النانو":

إنه هاتف المستقبل مورف فقد أعلنت شركة نوكيا عن فكرة جَوال جديد يدعى مورف Morph حيث قام الباحثون في جامعه كامبريدج بأنجلترا بتصميم فكره الموبيل الذي تسعي شركه نوكيا لإنتاجه. ويعتبر جهاز الموبيل هذا أكثر ذكاء من الأجهزه الأخري حيث ترتكز فكرة هذا الموبيل على تقنية النانوتكنولوجي وهو ينقسم إلى جزئين: الجزء الأول هو عباره عن سماعات يمكن وضعها على الأذن أو تثبيتها على الجوال كسماعات مكبرة والجزء الثاني هو الجوال نفسه والذي يستخدم تكنولوجيا "النانو" لتوفير شاشة بخاصية اللمس وفي نفس الوقت مرنة وشفافة. ومن خصائص الجوال المرونة بحيث يمكنه التمدد على شكل شاشة كبيرة لأغراض التصفح أو مشاهدة الوسائط أو التقلص إلى حجم أصبع الحلوى عند أستخدامه في المكالمات العادية . وقد بينت نوكيا أن الأبحاث تسير لإستخدام هذه التقنية لجعل الجوال ينظف نفسه من بصمات الاصابع التي تشوه شاشة اللمس . كما هو واضح أن جوال مورف لازال قيد التصميم والتطوير لكن نوكيا أكدت أنها بصدد إضافة بعض خصائصه إلى منتجاتها خلال السبع أعوام القادمة .

تقنيات كوريه جديده للكشف عن أمراض القلب:

تمكَن فريق علمي كوري من إبتكار تقنيات جديدة للكشف المبكر عن أمراض القلب. وتتركز تلك التقنيات التي أبتكرها الفريق العلمي برئاسة البروفيسور "لي جي وون" من جامعة يونغ كين ، على قياس مستوى بروتين في الدم يسمى "تروبونين" ، وذلك بإستخدام "النانو" تكنولوجي. وتعد تلك الطريقة أدق 10 ملايين مرة في قياس التروبونين مقارنة بالطرق التقليدية. وتم نشر نتائج الأبحاث التي قام بها الفريق العلمي الكوري في المجلة الدولية لعلوم "النانو" تكنولوجي.

تصنيع الورق المصري بالنانو تكنولوجي:

تمكَن فريق بحثي بالمركز القومي للبحوث في مصر من تحضير أنواع متطورة من الورق من ألياف نانو متريه تم إستخدامها من المخلفات الزراعية مثل قش الأرز والقصب. ويتميز هذا النوع من الورق المحضَر بالنانو تكنولوجي بمواصفات عالية الجودة والمتانة تفوق الورق المحضَر بالطرق التقليدية. و قد أشار الدكتور هاني الناظر رئيس المركز القومي للبحوث، أنه بإستخدام "النانو" تكنولوجي سوف تحدث طفرة في صناعة الورق في مصر، حيث يمكن الإستغناء نسبياً عن إستيراد لب الورق ذي الألياف الطويلة كما يمكن تصنيع ورق بمواصفات أعلى في الجودة بطرق ميكانيكية حديثة ومتطورة. ويؤكد الدكتور محمد لطفي حسن الأستاذ بمعمل المواد المتقدمة و"النانو" تكنولوجي بالمركز، بأن هذا البحث يأتي في إطار أول مشروع مصري لتحضير البلورات النانومترية السليلوزية والألياف النانومترية من المخلفات الزراعية مثل قش الأرز وقصب السكر والإستفادة من هذه المواد في مجالات صناعية وطبية مختلفة. وقد تم التوصل من خلال النتائج الأولية للأبحاث الي أنواع متطورة من الورق من الألياف النانومترية لقش الأرز وقصب السكر لها قوة شد تعادل من أربعة الي خمسة أضعاف قوة الشد للورق المحضَر صناعياً بالطرق التقليدية. وأظهرت النتائج كما يشير إليها الدكتور محمد لطفي كفاءة عالية للألياف الناموترية المحضَرة من المخلفات الزراعية في مجال زراعة الأنسجة الطبية حيث تميزَت بخواص ميكانيكية عالية ومتوافقة مع حيوية جسم الإنسان لكونها ذاتية التحلل.

"صدأ النانو" ينظف ماء الشرب من الزرنيخ (arsenic):

إن إكتشاف التفاعلات المغناطيسية غير المتوقعة بين نقاط الصدأ الصغيرة جداً تقود العلماء في مركز رايس لتقنية "النانو" الحيوية والبيئية (CBEN) إلى تطوير تقنية رخيصة وثورية لتنظيف الزرنيخ من مياه الشرب. فملايين الناس في الهند وبنغلادش ودول نامية أخرى لديهم مشكلة الزرنيخ الذي يسمم الآبار فالتعرَض المزمن له في مياه الشرب يؤدي لأمراض الجلد والسرطان والسكر والقلب.

باحثو جامعة رايس: Tomson, Colvin, Natelson ,and coworkers أكتشفوا أن جزيئات نانو أكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_2O_3) يمكنها أن تزيل الزرنيخ من الماء أكثر بمئتين مرة. و"النانو" البلوري لأكسيد الحديد المغناطيسي يمتصَ الزرنيخ ويرتبط به بقوة أكبر بسبب السطح الكبير لهذا النانوالمغناطيسي.

المملكة العربية السعودية وصناعة المياة[236]

تعالج المياه الملوثة في العادةً بطريقتين، تُدعى إحداهما بالطريقة التقليدية ويطلق على الثانية بطريقة الغشاء المدفوع بالضغط. وتحتوي طريقة المعالجة التقليدية على سبعة مراحل تبدأ بمرحلة المعالجة الأولية التمهيدية لإزالة المواد الصلبة العالقة، تليها مرحلتي تخثير وتلبيد الشوائب المذابة ثم مرحلة ترسيبها، وتنتهي بمرحلة الترشيح. ويعيب الطريقة التقليدية هذهِ عدم مقدرتها على إزالة الأملاح الذائبة وبعض المواد العضوية والصناعية القابلة للذوبان. وفي المقابل، تعتبر تقنية الغشاء المدفوع بالضغط طريقة مثالية لمعالجة المياه وبمواصفات جودة عالية وحسب الرغبة. ومن ضمن فوائد تقنية الغشاء المدفوع بالضغط أن عمليات التشغيل لا تتطلب مواد كيميائية، وتحتاج نسبياً إلى قدر أقل من الطاقة، وسهولة تشغيلها و صيانتها.

وتقسم فلتره الغشاء المدفوع بالضغط إلى أربعة عمليات:

- ✓ فلتره ميكرومترية (Microfiltration, MF)
- ✓ فلتره فوق المعتاد (Utrafiltration, UF)
- ✓ فلتره نانومترية (Nanofiltration, NF)
- ✓ التناضح العكسي (Reverse Osmosis, RO).

ويشيع إستخدام الفلترتين (الميكرومترية والفوق المعتاد في المعالجات الأولية للمياه)، أما الفلترتين (النانومترية والتناضح العكسي) فيكثر إستخدامها في المعالجة المتقدمة للمياه. ويعد المرشح في هذه العمليات العنصر الأهم والذي يعمل كحاجز يقوم بمهمة فصل نسبة عالية من المواد الذائبة عن الماء. ولعل أبرز ما يُميز كل عملية عن الأخرى هو مقاس مسامات المرشح، وآلية النقل، وضغط الماء المسلط، ونطاق التطبيقات. وتتراوح مقاسات مسامات تلك المرشحات على النحو التالي: MF بين 0,05 إلى 10 ميكرومتر، و UF بين 1 إلى 100 نانومتر، و NF و RO إلى أقل من 2 نانومتر[237].

---

[236] د. أسامة الدريهم، نحو استغلال تقنية النانو، تحديد التطبيقات الواعدة في المملكة العربية السعودية ، جامعة الملك سعود، كلية الهندسة

[237] Nanotechnology, Water & development, http:// www.merid.org/.

في هذا الشأن، إستفادت المؤسسة العامة لتحليه المياه المالحة في المملكة العربية السعودية من أغشية الترشيح متناهية الصغر (النانو) في المعالجة الأولية لمياه التغذية لمحطات تحليه مياه البحر سواء العاملة بالطرق الحرارية أو التناضح العكسي لتكون نظام مزدوج (النانو/ التناضح) أو نظام ثلاثي (نانو / التناضح / التقطير).

أثبتت نتائج التجارب إنخفاض ملوحة مياه التغذية بنسبة تتراوح من 30 إلى 60% من نسبة مجموع الأملاح الكلية الذائبة.

أزيلت المواد العسرة مثل الكبريتات بنسبة تصل إلى 98%

تم إزالة المواد العالقة والبكتريا، وبلغت نسبة إستخلاص الماء العذب (50-70%) مقارنة بالطرق التقليدية (35%).

أدى تطبيق هذا الأسلوب فعلياً بمحطة أملج للتناضح العكسي إلى إرتفاع إنتاجية المحطة بما نسبته 21% وبتكلفة لا تتجاوز 4% من التكلفة الرأسمالية لإنشاء المحطة.

نجح إستغلال وحدة أغشية "النانو" مع الطرق الحرارية في تهيئة ظروف تشغيل عند درجة حرارة قصوى للمحلول الملحي تصل إلى (130) درجة مئوية ودون تكون أي قشور ملحية وبنسبة إستخلاص تصل إلى (70%) مقارنة بالطريقة التقليدية (35%).

أثبت دمج وحدة أغشية ترشيح "النانو" مع عمليات التقطير المتعدد التأثير (MED) مقدرته على خفض تكاليف إنتاج المياه من خلال رفع درجة حرارة المحلول الملحي والتي تصل إلى (125) درجة مئوية وهي تفوق كثيراً درجات الحرارة المعمول بها حالياً والتي لا تتعدى (65) درجة مئوية وسينعكس ذلك على تحسين الكفاءة الحرارية بشكل ملحوظ[238].

المرشحات النانومترية:

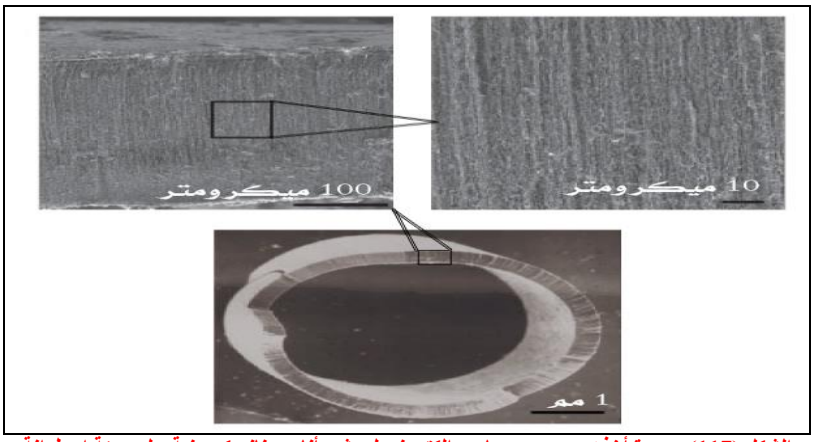
تستعمل أغشية الترشيح النانومترية على نطاق واسع لإزالة الأملاح الذائبة الموجودة في المياه المالحة، ولإبعاد الملوثات الميكرومترية مثل عنصري الزرنيخ والكادميوم، ولإزالة عسر الماء. وتصنع مرشحات "النانو" بأشكال متعددة وبكثافة وأبعاد مسامية مختلفة من أجسام نانومترية، مثل أنابيب "النانو" الكربونية وألياف أكسيد الألمنيوم (الألومينا).

وقد أستطاع كلٍ من معهد رينزلر التقني في الولايات المتحدة الأمريكية وجامعة بان راس هندو في الهند من ابتكار وسليه مبسطة لإنتاج مرشحات أنابيب "النانو" الكربونية والتي بإمكانها وبكفاءة عالية إزالة ملوثات بأحجام الميكرون والنانومتر من الماء، مثل فيروسات شلل الأطفال وبكتيريا الإيكولاي. وفي الحقيقة، وجد أن مرشحات أنابيب "النانو" الكربونية أكثر مرونة في إعادة إستخدامها من الأغشية التقليدية، وذلك بعملية تطهير أما بواسطة التسخين أو

---

[238] الدكتور خالد بن منصور العقيل، أساسيات الطاقة في المملكة العربية السعودية، مؤتمر الطاقة العربي الثامن، عمان- المملكة الأردنية الهاشمية، 16-19 ربيع الثاني 1427 هـ

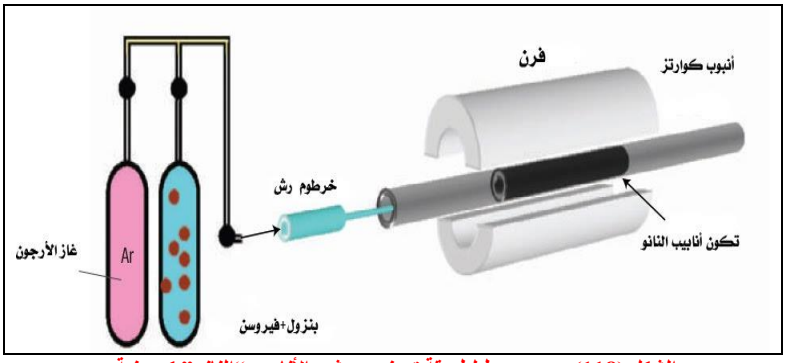
التعقيم. ويرتكز جوهر فكرة تصنيع مرشحات أنابيب "النانو" الكربونية ببساطة على أساس غرس أنابيب نانو كربونية بتزاحم شديد وبوضع متماثل ومتجاور لتشكيل هيكل متين وقوي يشبه الغشاء. ويوضح الشكل (119) لصورة أخذت من مجهر ماسح الكتروني لمرشح أنابيب نانو كربونية على هيئة إسطوانة مجوفة، ويلاحظ التماثل الإشعاعي في صف أنابيب "النانو" الكربونية والتي شكلت غابة كثيفة تحتوي على عدد مهول من أنابيب الكربون يقدر بالترليونات[239]. ويمكن وصف وظيفة الأنابيب على أنها مصفاة جزيئات، تسمح بمرور جزيئات الماء الصغيرة وتحتجز جزيئات الملوثات الكبيرة التي يصعب عبورها من خلال نفق الأنبوب.



الشكل (117) صورة أخذت من مجهر ماسح الكتروني لمرشح أنابيب نانو كربونية على هيئة اسطوانة مجوفة.

ويبين الشكل أدناه رسم مبسط لطريقة التصنيع المستخدمة في بناء مرشح أنابيب "النانو" الكربونية، والتي تتألف من خرطوم رش مرتبط بخزان مزود لمحلول البنزول والفيروسن والذي يحقن بمساعدة غاز الارجون فوق السطح الداخلي لأسطوانة من مادة الكوارتز المحاطة بفرن أسطواني للتحكم بدرجة الحرارة. ويتحكم في تشكيل الأنابيب عاملان (مقاس فوهة خرطوم الرش/ وسرعة انسيابية المحلول). وتتطلب خطوة فك المنتج النهائي ضخ سائل حمضي بعناية فائقة على طول الجدار الداخلي لأسطوانة الكوارتز.

[239] مجموعة باحثين، **"Carbon nanotube filters," *Nature Materials*, 2004, Vol. 3, pp. 610-614.**



الشكل (118) رسم مبسط لطريقة تصنيع مرشح الأنابيب "النانو" كربونية.

ويأتي مصدر إتقان صناعة مرشحات أنابيب "النانو" الكربونية من البراعة أولاً في بناء اللبنة الأساسية للمرشحات، أنابيب النانو، وهذا التمكن يتولى بدوره تمهيد الطريق لمعرفة الكيفية والطرق والأساليب والحيّل اللازمة لتشييد المرشحات الكاملة. وفي هذا الجانب، نجحت عدة مراكز بحثية في المملكة من تحقيق إنجازات علمية مشجعة إشتملت على بناء وتركيب جهاز إنتاج أنابيب الكربون متناهية الصغر. وفي بعض المراكز تم بالفعل إنتاج أنابيب الكربون وفحص العينَات المنتجة منها. ويمثل هذا النشاط العلمي الميل الأول في مشوار التطوير الفعلي لتقنية "النانو" في المجالات ذات الأهمية الكبيرة للمملكة.

وفي النوع الثاني من المرشحات، توصلت شركة أرجونيد[240] إلى إبتكار مرشح جديد صُنع بإستخدام ألياف بيضاء اللون من أكسيد الألمنيوم (الألومينا) رُشت على طبقة تحتية مكونة من نسيج زجاج. وتتوفر ألياف الألومينا بصورة بودرة سهله النثر وبمقاس قطري يقدر بحوالي 2 نانومتر وأطوال تتراوح بين 10 إلى 100 نانومتر. ويضمن المرشح نتائج تنقية عالية الجودة، بالرغم من أن فراغ تجاويف المرشح نسبياً كبيرة والمتكونة تلقائيا نتيجة عشوائية توزيع الألياف، ويعود الفضل في ذلك إلى العنصر الفعال في هذه العملية، ألياف الألومينا الموجبة الشحنة، والتي تعمل على جذب حبيبات الملوثات من الماء المتدفق خلالها، وليس احتجازها وحبسها فحسب.

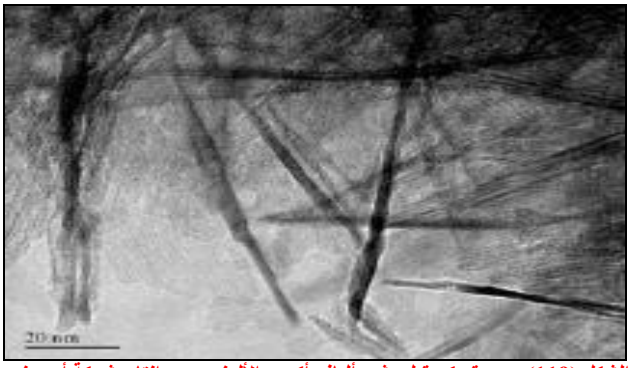
ويستمد مرشح ألياف الألومينا قوته من إستفادته في آن واحد لطريقتي النخل والكهرباء الساكنَة لإزالة الجراثيم من الماء، حيث تعمل فراغات النسيج الزجاجي على حجز الجراثيم ذات الأحجام واحد ميكرومتر والأكبر، وتتولى ألياف الألومينا مسؤولية القبض على الجراثيم ذات الأحجام الأصغر من واحد ميكرومتر ومنعها من تجاوز غشاء المرشح. وتتم مهمة القبض هذه بواسطة قوى الكهرباء الساكنة والتي تبدو على شكل تجاذب مغناطيسي بين ألياف الألومينا الموجبة الشحنة والبكتيريا والفيروسات وذرات الملوثات

---

[240] http:// www.argonide.com/.

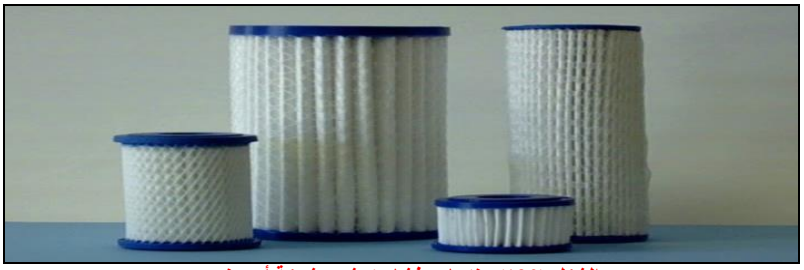
السالبة الشحنة. وتظهر الشحن الموجبة في ألياف المرشح بكثافة نتيجة سعة سطح المرشح والذي يقطنه مجموعات الهيدروكسيل الموزعة عبر كل ليفه من نسيج الألومينا، و في المقابل تحمل البكتيريا والفيروسات وحبيبات المواد العضوية والصناعية بطبيعتها شحنة موجبة[241]. ويستطيع غشاء مرشح أكسيد الألمنيوم حجز حتى 99,999 % من الفيروسات والبكتيريا والملوثات الأخرى.

ويعرض الشكل أدناه صورة مكبرة لمرشّح شركة أرجونيد، حيث تمثّل الخطوط الداكنة ألياف أكسيد الألمنيوم المنثورة على نسيج من الألياف البصرية، ويتضمن خليط المرشح ألياف من اللدائن والسليلوز لتقوية المرشح ولزيادة مرونتة استعدادا لطيه.



الشكل (119) صورة مكبرة لمرشح ألياف أكسيد الألمنيوم من إنتاج شركة أرجونيد.

ويوضح الشكل أدناه منتجات نهائية لغشاء ترشيح شركة أرجونيد يتضمن مرشح مموج وملفوف بشكل اسطواني.



الشكل (120) منتجات غشاء ترشيح شركة أرجونيد.

[241] **فريد تيبر و ليونيد كالدين، "Nano Fiber Biological Filter," *Argonide Corp.*,**

وهناك مواد خام أخرى يمكن أن يستفاد منها في صناعة مرشحات "النانو"، مثل الزوليت والطين الصلصال واللدائن متناهية صغر المسامات. وفي هذا الخصوص، طَور معمل لوس ألاموس الوطنَي صنف جديد من اللدائن متناهية صغر المسامات بغرض إستعمالها في تخفيض تركيز الملوثات العضوية الموجودة في الماء.

الحبيبات النانومترية:

تقسم الحبيبات النانومترية بحسب وظيفتها إلى صنفين، فئة حبيبات حفازات لتفتيت وتحليل السموم والملوثات، وفئة حبيبات ماصة للسموم والملوثات.

والحبيبات المحفزة هي عبارة عن مركبَات مساعدة ومسرعة للتفاعلات الكيميائية لمواد أخرى تدخل في عملية معالجة المياه. وقد أستخدم الباحثون مادة ثاني أكسيد التيتانيوم وذرات الحديد النانومترية لتجريد المياه من الملوثات الصناعية والتخلص من الأملاح والمعادن الثقيلة. و تعكف حالياً عدد من المراكز البحثية العالمية على اختبار نوع خاص من ذرات الحديد النانومترية لنزع عنصر الزرنيخ من المياه الجوفية.

ويستفاد من الحفازات أما عن طريق خلط الحبيبات بتجانس مع الماء أو بترسيبها على غشاء الترشيح، وفي كلى الطريقتين يحصل تدمير كيميائي للملوثات ُيغني عن إزالة أو ترشيح الملوثات العالقة في الماء. ويمكن إشراك هذا الأسلوب من المعالجة مع التقنيات المتوفرة حالياً و التي تكون المعالجة فيها مكلفة أو تكون غير قادرة على نزع الملوثات من المياه.

وفي فئة الحبيبات الشافطة للعوالق الضارة، ُأنتجت حبيبات نانومترية مغناطيسية تستطيع مص المعادن والمركبات الصناعية الملوثة للمياه، حيث تتوفر خاصية الشفط والإمتصاص لدى هذه الحبيبات بعد تغليفها بمركبات جاذبه لعناصر التلوث، وكانت اللدائن من ضمن المركبات التي إستعملت لتغليف الحبيبات المغناطيسية. وتضمن حبيبات الإمتصاص هذه فعالية إمتصاص 100% تقريباً، وينسب الفضل في ذلك إلى صغر حجم الحبيبات وإلى شدة الجذب العالية فيها. ومن المزايا الجيدة، أيضاً، لهذه الطريقة أنه بالإمكان أعادة إستخدام الحبيبات، ويتم ذلك بواسطة استعادتها عن طريق مضخة مغناطيسية وتجميعها وتعقيمها ومن ثم تغليفها مرة أخرى[242].

---

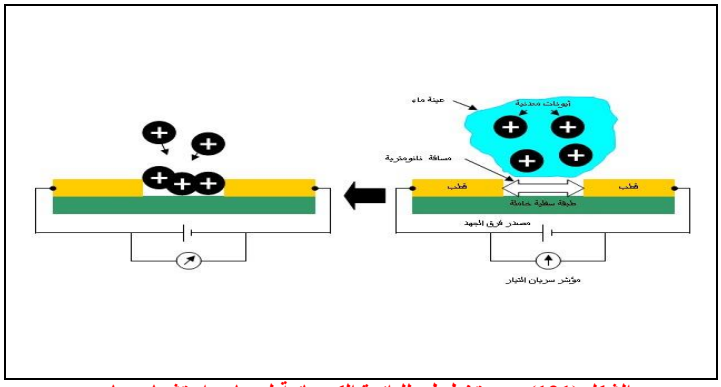
[242] ألين سمث، **"Nanotech-the way forward for clean water,"** ***Filtration+Separation*****, October 2006, pp. 32-33.**

أجهزة تحسس الجودة النوعية[243]:

تقاس جودة الماء، تقليدياً، بواسطة أخذ عينات من الماء المراد فحصه وإرسالها إلى مختبرات متخصصة لإجراء إختبارات فحص وتحليل للمحتوى الكيميائي والبيولوجي ووضع تقييم لدرجة الجودة من قبل أخصائيين، وتتطلب إختبارات الجودة هذه أدوات وتجهيزات ومواد يصعب تحريكها ونقلها لمكان مصدر الماء، فضلاً عن بطء مراحل القياس والشك أحياناً في دقة نتائجه مما يستدعي إجراء فحوصات متقدمة ومكلفة.

وحديثاً ظهرت، بفضل تقنية "النانو"، حساسات صغيرة جداً (ميكرومترية ونانومترية) تستطيع أن تكتشف جودة الماء والتعرف على الكائنات والأجسام العالقة فيه وإن كانت بحجم الخلية الحية أو حتى بحجم الذرة، كما توفر حساسات "النانو" خدمات آنية للفحص والتحليل وفي موقع الحدث. ولاشك أن هذه قدرات تحسس خارقة تفتقدها الأجهزة التقليدية.

وتندرج حساسات قياس جودة الماء تحت مظلة الحساسات الإحيائية-الكيميائية، والتي تعمل وفق مبدأ تحويل كمية من المادة الكيميائية أو الإحيائية إلى إشارة كهربائية يمكن إدراكها. وتصنف هذه الحساسات حسب مبدأ الاستشعار والذي من خلاله يتم إدراك المادة المراد تحسسها. فعلى سبيل المثال، يُصنف حساس على أنه مقياس المُوَصّلية عندما تؤدي ملامسة المادة للحساس إلى تغيير المُوَصّلية الكهربائية نتيجة تفاعل العنصر النشط في الحساس مع كمية المادة. و يعتمد اختيار صنف معين من الحساسات على طبيعة آلية التفاعل الحاصلة في العنصر النشط، ولكن يمكن القول أن صنف معين من حساس كيميائي يستجيب و يتأثر لنوع واحد من الكيميائيات بغض النظر عن الأنواع الأخرى الموجودة في الكمية الكيميائية.



الشكل (121) رسم تخطيطي للدائرة الكهربائية لحساس استشعار معادن

[243] www.knol.google.com

ولعلنا نستطيع تبسيط فكرة عمل أحد أصناف حساسات جودة الماء من خلال الشكل أعلاه، والذي يمثل رسم تخطيطي للدائرة الكهربائية لحساس إستشعار معادن:

- تتكون الأجزاء النانومترية للحساس من طبقة سفلية خاملة، وقطبين كهربائيين متباعدين بمسافة نانومترية وموصلين بمصدر لفرق الجهد
- قبل تشغيل الحساس تمنع الفجوة الفاصلة للقطبين حركة التيار الكهربائي ويكون مؤشر جهاز قياس التيار عند وضع الصفر
- عند تحميل الحساس بكمية من الماء المشبعة بأيونات معدنية، تترسَب الأيونات في حيَز الفجوة ونتيجة لذلك يكتمل توصيل الدائرة ويجري التيار بشدة متفاوتة يحددها نسبة الأيونات المعدنية الموجودة في عينة الماء[244].

ومن ضمن المنتجات التي رأت النور جهاز حساس "**البايوفنجر**" لإستشعار وتحليل المواد الكيميائية والبكتيريا في الماء، وقد ُطور الحساس بشكل جهاز كفي يضم جزء يستخدم لمرة واحده والذي يحتوي على عارضة نانومترية معلقة ومثبتة على شريحة الكترونية. كما طور باحثون من جامعة ولاية نيويورك في بفلو جهاز حساس كفي بمقدوره إكتشاف السموم والمواد الخطرة، ويتألف الحساس من ثلاثة قطع رئيسية هي :

1. ديود مشع للضوء
2. مصفوفة حساس من ُهلام تصويري
3. مكشاف من أشباه الموصلات مصنوع من أكسيد معدني[245].

وفي جامعة أريزونا أبتكر العلماء حساس مواد كيميائية يستعين في أداء مهامه على شوكة رنانة من مادة الكوارتز، ومربوط في طرفيها سلك بلاستيكي تتغير خواصه الميكانيكية عند تعرضه لمواد كيميائية، وعند أثارة أهتزازات الشوكة تتبدل ذبذبة الرنين بفعل تغير مرونة السلك البلاستيكي.

---

[244] Nanotechnology for Water Purification and Waste Treatment," Frontiers in nanotechnology US EPA Millennium Lecture Series, July 2005, Washington D.C.

[245] Nanotechnology, Water & development, http:// www.merid.org/.

المملكة العربية السعودية وتطبيقات ترشيد إستهلاك الطاقة

أثمر جهد الهيئة الأوربية في مجال "النانو" والطاقة إلى رسم خطة إستراتيجية تمثلت في خارطة الطريق والتي ركزت على تحديد مسار للنشاط البحثي والصناعي للتطبيقات "النانو" في مجال الطاقة وفق أربعة محاور هي[246]:

1. العزل الحراري.
2. الطاقة الشمسية.
3. الطاقة الكهربائية الحرارية.
4. البطاريات القابله للشحن و المكثفات الفائقة.

وعلى ضوء السياسة الوطنية للعلوم والتقنية، يأتي العزل الحراري بكافة جوانبه في مقدمة الاتجاهات الرئيسة للبحث العلمي والتطوير التقني التي تلبي أولويات الأمن الوطني الشامل والتنمية المستدامة بالنسبة للمملكة[247] وعلى هذا الاساس، سنعرض، فيما يلي، عدداً من التطبيقات الواعدة في ميدان العزل الحراري الهامة لبيئة وظروف المملكة المناخية:

العزل الحراري[248]

يستخدم العزل الحراري بقصد المحافظة على ثبات درجة الحرارة داخل فراغ الجسم المعزول سواءاً بقاءه ساخناً أو بارداً عن الجو المحيط به، ويتحقق ذلك بتغليف الجسم بمادة عازلة للحرارة تعمل على تبطيء تسرب الحرارة من والى البيئة الخارجية. وتشاهد فوائد العوازل في تطبيقات كثيرة مختلفة، ولكن تكتسب أهمية قصوى في تقليل أستهلاك الطاقة وزيادة الأداء في أستعمالات مثل عزل المباني ومكائن الإحتراق الداخلي ومحرَكات توليد الطاقة التربينية والأفران...الخ.

وتكمن أهمية العزل في أمرين جوهريين:

1. ترشيد إستهلاك الطاقة
2. المحافظة على البيئة من خلال تخفيض غازات العوادم المنبعثة من المكائن والمحركات المستهلكة للوقود النفطي.

---

[246] الجمعية الملكية و الاكاديمية الملكية للهندسة، Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties," Endeavour, 1997, Vol. 21, pp.52-55.

[247] وزارة الاقتصاد و التخطيط-مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية، السياسة الوطنية للعلوم و التقنية، الخطة الوطنية الشاملة للعلوم و التقنية بعيدة المدى، 1426/1425 هـ - 1446/1445 هـ.

[248] د. أسامة الدريهم، نحو استغلال تقنية النانو، تحديد التطبيقات الواعدة في المملكة العربية السعودية ، جامعة الملك سعود، كلية الهندسة

وُتعد قوة مقاومة سريان الحرارة في مواد العزل المطلب الاساس الذي يجب توفره في العزل الحراري والتي تكمن في مقدرة العازل على تقليل سرعة إنتقال الحرارة بآلياتها الثلاثة، التوصيليه والتصعيديه والاشعاعيه، سواء كانت متفرقة أو متحدة.

وتمتلك العوازل خاصية تبطيء سرعة إنتقال الحرارة من خلال نظامين للعزل:

1. النظام الأول تستعمل مواد مسامية تحتجز هواء أو غازات آخرى مثل عوازل الصوف الصخري
2. النظام الثاني يستخدم كساءات من طبقات عاكسه للحرارة مثل تلبيسات الزجاج الشفافة. ويصف التالي التشكيلات المختلفة لمواد العزل الحراري النانومترية:

الهلاميات الهوائية (Aerogels) والرغويات النانوية (Nanofoams):

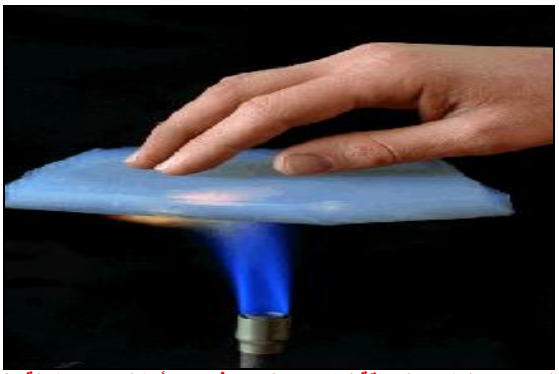
تمثل الرغويات النانوية والهلاميات الهوائية مواداً عالية المسامية ومتدنية الكثافة، والرغويات النانوية نسخة طبق الأصل من الهلاميات الهوائية، وعليه فأن وصف الهلاميات "الأصل" يفي بالغرض و يغني عن التكرار.

- ✓ تتألف الهلاميات الهوائية من 90 الى 99,8% هواء وكثافة بين 3 الى 150 ملجم لكل سم مكعب
- ✓ تكون بحالة جامدة مشابهه للهلام مع أختلاف أن الهواء حل محل السائل.
- ✓ بسبب طبيعتها الشبه شفافة،ُتلقب الهلاميات الهوائية بالدخان المثلج والدخان الجامد والدخان الازرق كما في الشكل أدناه

الشكل (122) الهلاميات الهوائية أو كما تلقب بالدخان المثلج

- ✓ وبالرغم من هشاشتها وعرضتها للتكسر، تستطيع الهلاميات تحمل أثقال تعادل ألفين ضعف أوزانها، ويرجع ذلك إلى البنية الهيكله لها والتي تضم حبيبات كروية الشكل ذات مقاس متوسط يساوي 2 الى 5 نانومتر وملتصقة ببعضها البعض في تشكيله عنقودية ممتده في أتجاهات الفراغ الثلاثة مكونةٍ هيكل شديد المسامية والتي يكون فيها المسام الواحد أصغر من مائة نانومتر.

- ✓ تعتبر الهلاميات الهوائية عوازل حرارية إستثنائية لما لديها من صفات خارقة للموجود في منع إنتقال الحرارة بطرقها الثلاث (التوصيليه والتصعيديه والاشعاعيه)، فإحتجاز الهواء الموجود في المسامات يجعله غير قادر على الحركة والدوران وينتج عن ذلك كبت لإنتقال الحرارة بالطريقة التصعيديه،
- ✓ وهلاميات السيليكا عازل جيد لسريان الحراره بالتوصيل لأن السيليكا موصل ضعيف للحرارة، وتمنع هلاميات الكربون أنتقال الحرارة الاشعاعية بسبب خاصية الكربون في أمتصاص الاشعة تحت الحمراء.
- ✓ وُتعد هلاميات خليط السليكا والكربون العوازل المثالية في وقف سريان الحرارة.
- ✓ بصفة عامة، تتميز الهلاميات بكفاءة عزل رائعة تعادل 2-8 مرات اكبر من المتاحة في مواد العزل التقليدية، وتثبت الصورة في الشكل أدناه المقدرة الخارقة لطبقة رقيقة من هلاميات الهواء في منع أنتقال حرارة شعلة ملتهبة.



الشكل (123) المقدرة الخارقة لهلاميات الهواء في منع أنتقال حرارة شعلة ملتهبة

المُركبات النانومترية والطبقات الرقيقة

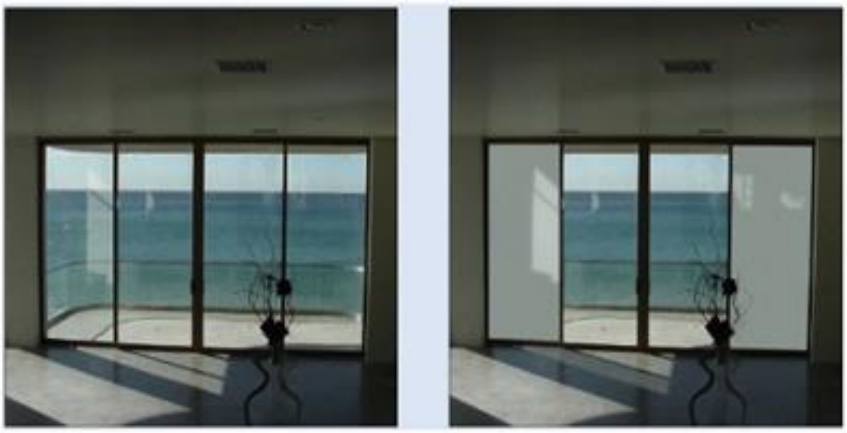
هناك عدد من التقنيات الحديثة طورت على هيئة طبقات رقيقة ومواد مركبة من خليط لعناصر نانومترية يمكن توظيفها للتحصين من فقدان الحرارة، خصوصاً من خلال الاسطح الزجاجية، فمن ضمن هذه التقنيات:-

- تقنية تغير اللون نتيجة تعرضه للضوء
- تقنية تغير اللون نتيجة تعرضه للحرارة
- تقنية تغيير اللون نتيجة تعرضه للكهرباء
- تقنية شاشات الحبيبات المعلقة
- تقنية السوائل البلورية
- تقنية العاكس الهيدروجيني.

ويستفاد من تقنية تغير اللون نتيجة تعرضه للضوء أو للحرارة بصنع طبقات شفافة تحتوي على ذرات متناهية الصغر ذات مقدرة على تغيير ألوانها من الحالة الشفافة الى لون داكن عند تعرضها لضوء أو حرارة الشمس، وتكسى الواجهات الزجاجية بهذه الطبقات لتحصينها من الحرارة الناتجة من الاشعة تحت الحمراء. ومن الواضح أن هذه التقنية عديمة الفائدة في حفظ الطاقة في الأجواء الباردة أو في فصل الشتاء، بل على العكس تعمل طبقات هذه التقنية على منع دخول أشعة الشمس الدافئة الى فناء الحيز المكسي بها مما يزيد من استهلاك طاقة التدفئة.

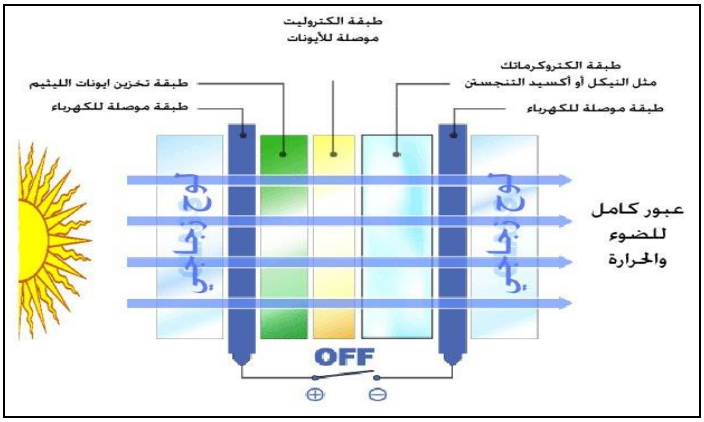
لا شك أن مصدر قلة كفاءة الطبقات المتبدل لونها نتيجة تعرضها للضوء أو للحرارة في فصل الشتاء نابع من عدم وجود وسيلة للسيطرة على شفافيتها، ولذلك أبتكر العلماء تقنيات أخرى مطورة على هيئة طبقات تحتوي على حبيبات يمكن تغيير لونها بالكهرباء، وشاشات تحتجز حبيبات معلقة أو سوائل بلورية يمكن تغيير لونها بالكهرباء. ويمكن التحكم بدرجة الظلام في الزجاج المعالج بهذه التقنيات المتضمنة لحبيبات أو سوائل بلورية تتغير ألوانها كهربائياً، بواسطة تيار كهربائي مسلط يمكن رفع درجة شدته للحصول على مستوى تعتيم أكبر. وأساس عمل هذه الأنواع من الطبقات والشاشات يعتمد على الخواص الفريدة لمواد الحبيبات والتي تتبدل خواص الامتصاص والانعكاس للضوء لديها عند تعرضها لتيار كهربائي.

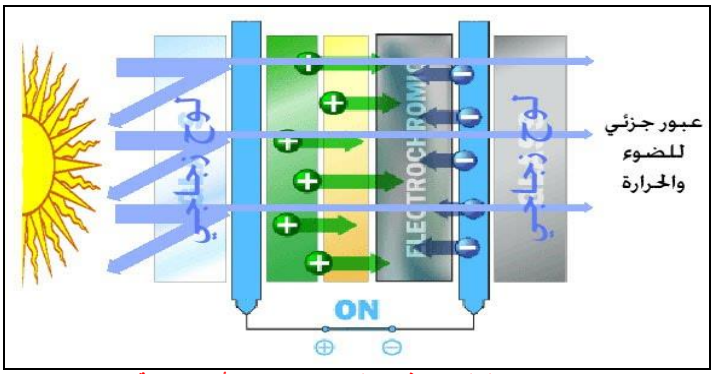
والشكل أدناه يبين صورة واضحة لتأثير هذه التقنية على تبديل الشفافية إلى عتمة ضبابية في درفتي الزجاج الجانبيتين للجدار الزجاجي.



الشكل (124) صورة تبين تأثير التقنيات المتضمنة لحبيبات أو سوائل بلورية تتغير الوانها كهربائياً على تبديل الشفافية الى عتمة ضبابية في درفتي الزجاج الجانبيتين للجدار الزجاجي.

ولتشابه فكرة آلية عمل التقنيات أعلاه، المعتمدة على مواد تتغير ألوانها كهربائياً، يكفي هنا لتوضيح المراد تبيان طريقة عمل تقنية تغيير اللون نتيجة تعرضه للكهرباء. ولعله من المناسب الاستعانة بالشكل أدناه والذي يعرض رسم تخطيطي لنموذج سطح زجاجي مزدوج ُجهز بتقنية تغيير اللون





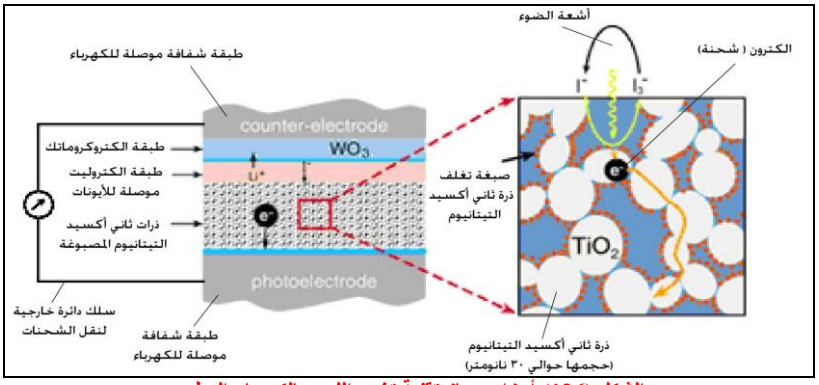
الشكل (125) رسم تخطيطي لنموذج سطح زجاجي شفاف ُجهز بتقنية تغيير اللون

- يلاحظ في الشكل أعلاه أن التجهيز يتألف من خمسة طبقات شفافة رقيقة ومتلاصقة لا تتعدى سماكة كل واحده منها واحد ميكرومتر
- يغطي أحد سطحي الطبقتين الطرفيتين غشاءين شفافين موصلان للكهرباء ويسمحان بعبور تام للضوء، وقد ُحبست هذه الطبقات بين لوحين الزجاج المعني بالمعالجة.
- في وضع الخمول، أي قبل تزويد قطبي الدائرة بالكهرباء، ينفذ الضوء والحرارة بالكامل من خلال التشكيلة الطبقية كما هو ظاهر بالشكل أعلاه، أما في حال تم توصيل القطبين بفرق للجهد يعمل القطب السالب على جذب الأيونات ذات الشحنة الموجب والمخزنة في طبقة تخزين الأيونات لتتحرك نحو طبقة الإلكتروكروماتك عبر الطبقة الموصلة للأيونات

محدثتاً تفاعلاً كهروكيميائي في طبقة الإكتروكروماتك ينتج عنه قتمة في طبقة الإلكتروكروماتك، وتتحدد درجة القتمة على مقدار فرق الجهد المسلط، ويمكن أعادة التشكيلة الطبقية إلى الوضع الشفاف بعكس الجهد الكهربائي.

- لابد من الإشارة هنا أن ما يميز هذه التقنية هو ترشيدها الفائق للطاقة التشغيلية، فبالإمكان تشغيل مبنى بالكامل مجهز بنوافذ زجاجية مزودة بهذه التقنية بما لا يتجاوز 75 واط!

وفي تقدم أخر، إستطاع العلماء تطوير تقنية تغيير اللون بالكهرباء، السابقة الذكر، لتعمل ذاتياً وبدون الحاجة الى مصدر خارجي لتزويد الكهرباء وذلك بابتكار فكرة تشابة تلك المستعملة في الخلايا الشمسية[249]. يوضح الشكل (128) أجزاء جهاز تقنية تغيير اللون بالكهرباء المطور، ويلاحظ فيه أن طبقة تخزين الأيونات المجودة في الجهاز السابق قد أستبدلت في الجهاز المطور بطبقة تحتضن ذرات نانومترية لثاني أكسيد التيتانيوم المغلفة بصبغة حساسة للضوء.



الشكل (126) أجزاء جهاز تقنية تغيير اللون بالكهرباء المطور

يرتكز عمل الجهاز على دور كل من الذرات والصبغة الحساسة في توليد ونقل الشحنات الكهربائية، فعند سقوط أشعة الشمس على الجهاز تقوم الصبغة بأمتصاص جزء من الضوء الساقط وتطلق بذلك إلكترونات والتي تُحقن في ذرات ثاني أكسيد التيتانيوم ليتم عن طريقها نقل الإلكترونات الى القطب الملاصق لطبقة ذرات ثاني أكسيد التيتانيوم، وتتولى الدائرة الخارجية مهمة توصيل الإلكترونات إلى القطب الملاصق لطبقة الالكتروكروماتك لتؤدي دورها المعتاد مع بقية الطبقات.

---

[249] براين جرج ، **"Photoelectrochromatic cells and their applications,"** ***Filtration+Separation*, October 2006, pp. 32-33.**

وفي تشكيل تقني مقارب للسابق، هناك الطبقات المتضمنة للحبيبات العاكسة للضوء والتي تتدرج تقنياً تحت تصنيف الطبقات المتغيرة اللون نتيجة تعرضها للكهرباء، الا أن أدائها وسلوكها مختلف تماماً عن تصنيفها. ففي الطبقات المتضمنة لحبيبات الهيدروجين العاكسة، تعمل الحبيبات على عكس الضوء وليس أمتصاصة، ويحصل ذلك بواسطة المقدرة الفذة لحبيبات سبائك النيكل والمغنسيوم على تبديل لونها من الحاله الشفافة الى الحالة العاكسة و العكس، عند ضخها بفرق جهد كهربائي.

المملكة العربية السعودية ودعم الإقتصاد المبني على المعرفة

تهدف الخطة الثامنة لوزارة الاقتصاد و التخطيط السعودية الى التوجه نحو الاقتصاد المبني على المعرفة[250] ، وفي سبيل المشاركة في دفع هذا التوجه، يقدم هذا الجزء تطبيقات هندسية محددة في مجال المواد النانومترية المركبة والتي يمكن أن تفتح أبواب فرص إستثمارية صناعية تُحسن إنتاجية الاقتصاد الوطني ويمكن الدخول فيها وتنميتها بالسرعة التنافسية المطلوبة.

مخدات تسكِّين الاهتزازات

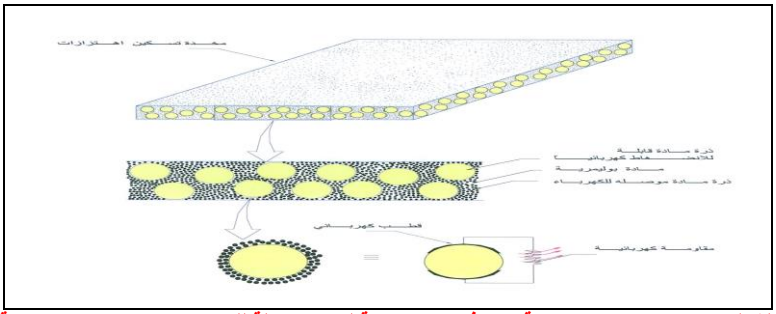
- تعتبر الإهتزازات الميكانيكية والضجيج المصاحب لها ظاهرة غير مرغوب فيها لأسباب عدة، أبرزها تقليل أداء وعمر الجسم المتعرض للأهتزازات. ويمكن تخميد الاهتزازات وتلافي عواقبها بأستخدام مخدات تسكِّين-اهتزازات، والتي تكون في العادة مصنعة من مواد تمتلك فعالية عالية في تهدئة الاهتزازات وتحويل طاقة الذبذبة الحركية الى طاقة حرارية.
- وُتعد اللدائن المطاطية من أشهر المواد المستخدمة على نطاق واسع في كبت الاهتزازات لما تتصف به من مميزات، أهمها، قلة أوزانها وكبر معاملها المسؤول عن فقدان الطاقة الحركية، ولكن يعيب اللدائن المطاطية شدة تأثر خواصها بتغير درجة الحرارة ومرونتها المُذعنة.
- وفي السنوات الأخيرة طور العلماء مخدات متقدمة من مواد مركبة لتسكين الاهتزازات ومنع الضجيج، وتتكون مخدات المواد المركبة من ذرات نانومترية لمواد موصلة للكهرباء وجسيمات ميكرومترية لمواد قابلة للانضغاط كهربائياً (Piezoelectric) مختلطة ومغمورة في مادة من بوليمر، كما هو موضح بالشكل (129)[252].

---

[250] جريدة الرياض اليومية، تصريح وزارة الاقتصاد و التخطيط: التوجه نحو الاقتصاد القائم على المعرفة، العدد 14105، صفحة 42.

[251] وزارة الاقتصاد و التخطيط، تقرير التنمية البشرية، 1424/1423 هـ.

[252] أسامة الدريهم و عمرو باز و تركي بن سعود، "Hybrid Composites with shunted piezoelectric particles for vibration damping ", Mechanics of Advanced Materials and Structures,2007, Vol. 14, pp. 413-426.

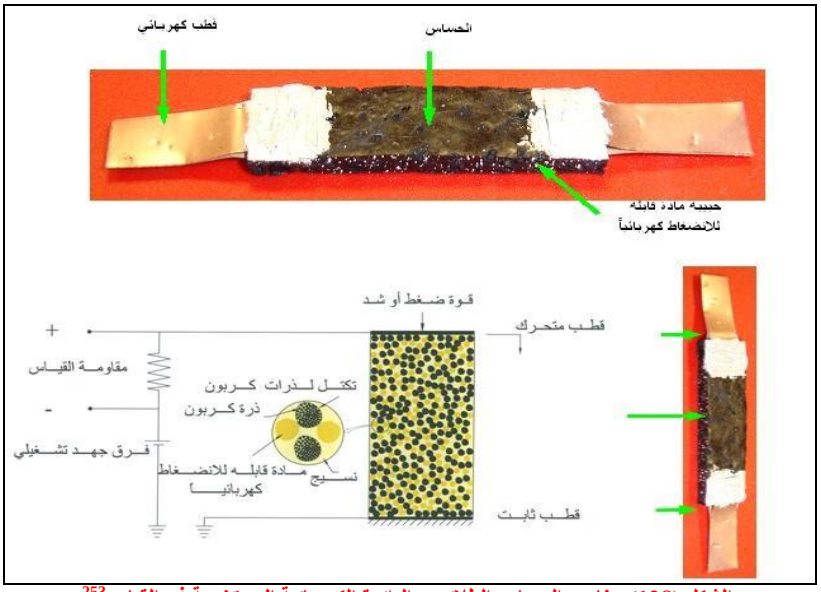


الشكل (127) مخدات مواد مركبة تضم ذرات نانومترية لمواد موصلة للكهرباء و جسيمات ميكرومترية لمواد قابلة للانضغاط كهربائياً مختلطة و مغمورة في مادة من بوليمر

وتقدم المخدات المتقدمة مزيج لمواصفات غير معهودة ولم يكن بالأمكان الحصول عليها من مواد الخليط منفردة، وتكمن أفضلية المزيج، عند مقارنته باللدائن المطاطية، في أرتفاع معامل فقدان الطاقة الحركية، وقلة تأثر خواصه بتغير درجة الحرارة، وأرتفاع صلابته، فضلاً عن أمكانية التحكم في مميزاته بتغيير نسب الخلط للعناصر المكونه له. ولاشك أن سهولة تشكيلها وتقطيعها بمقاسات وصور متنوعة تضيف ميزة أخرى لهذه المخدات.

الحسّاس الطلائي الذكي

- من المعروف أن الطلاءات تستخدم عادةً لأغراض الوقاية والتزيين والديكور، ويكفي دهن طبقة رقيقة منه على السطح المعني لتأمين الحماية والجمال له. ويصبح الطلاء ذكياً وصاحب مهمة وظيفية ديناميكية عندما يمتلك ُقدرات استشعار وتحسس وكشف.
- فقد ظهرت في الاعوام القليلة الماضية عدة أنواع من حساسات بهيئة طلاء ذكي بأستطاعتها الكشف عن المواد الكيميائية، وملاحظة الاهتزازات، وادراك الضجيج، ومراقبة الحالة الصحية للعديد من التطبيقات.
- تشترك الطلاءات الذكية في منشأ التكوين المبني على تركيب مزيج من المواد والتي من بينها جسيمات موصلة للكهرباء وعجينة ربط عديمة التوصيل، وتتضامن هذه التوليفة لتأسيس خواص كهربائية حساسة للمتغيرات الكيميائية والفيزيائية.
- في الطلاءات المستخدمة لاستكشاف المواد الكيميائية تمزج مواد الطلاء بأنسجة بوليمرات والتي بدورها تتمدد عند تعرضها للأبخرة الكيميائية وبذلك تباعد المسافة البينية بين الجسيمات الموصلة للكهرباء وتتغير المقاومة الكهربائية للطلاء والتي يمكن قياسها وربطها بنوع المادة الكيميائية.



الشكل (128) عناصر الحساس الطلائي و الدائرة الكهربائية المستخدمة في القياس[253]

- الشكل (128) أعلاه يمثل صورة لحساس طلائي ذكي لمراقبة الاهتزازات والضجيج ، والذي يتكون من حبيبات نانومترية متكتلة من مادة الكربون الأسود الموصلة للكهرباء وحبيبات لمادة قابلة للإنضغاط كهربائياً وعجينة ربط بوليمرية،
- ويبين الشكل أيضاً بساطة الدائرة الكهربائية التي يمكن تسخيرها في قياس التغيرات التي تحصل في فرق الجهد والتيار المار عبر الحساس، فعند تعرض الحساس للاهتزازات او الضوضاء، يعتري منطقة الطلاء تشوهات ديناميكية على هيئة أستطالة وانكماش، وكنتيجة طبيعية لذلك فأن هذه التشوهات تعمل على تباعد وتقارب المسافة بين تكتلات الكربون وحدوث تغير في مقاومة الحساس الكهربائية، وينعكس ذلك في التيار الجاري وفرق الجهد المتولد في مقاومة القياس والتي تتناسب مباشرة مع الاهتزازات والضوضاء.
- لابد من التوضيح أن وجود حبيبات المادة قابلة للانضغاط كهربائياً في خليط الحساس هو لتيسير القياس الديناميكي للذبذبات.

[253] أسامة الدريهم و وائل عقل و عمرو باز، **"Nanocomposite functional paint sensor for vibration and noise monitoring," Sensors and Actuators A: Physical , 2009, Vol. 149, pp. 233-240.**

تقنية "النانو" لتحلية المياه بأستراليا

تتم حالياً أبحاث مشتركة في عدة جامعات أسترالية وتهدف هذه الدراسات إلى حد كبير لزيادة الكفاءة وخفض التكاليف المالية والبيئية لإنتاج المياه المحلاة بأستخدام تقنية "النانو". وسوف تساعد هذه الأبحاث على تقديم تحلية المياه ومعالجتها كبديل امثل للتزود بالمياه النقية بالنسبة لاستراليا.

تتناول هذه الدراسات واحداً من أكبر التحديات التي تواجهها حالياً أستراليا والعالم عموماً، وهي إيجاد مصادر دائمة للمياه الصالحة للشرب. وستكون هذه الأبحاث مركزَة على معالجة وتحليَة المياه بكفاءة عاليه وتكلفة إقتصاديه أقل وسليمة بيئياً. هذه الدراسات تتم على مستوى عالي حول إستخدام تقنية أغشية "النانو" المتقدمه في معاجة المياه وذلك بالتعاون بين مصلحة المياه بأستراليا وعدد من الجامعات الأستراليه لوضع أستراليا في طليعة الدول المهتمه في معاجلة وتحلية المياه بتقنية "النانو".

إن تحلية مياه البحر والعديد من برامج إعادة تدوير المياه يعتمد على عملية تسمى التناضح العكسي أو الخاصية الأسموزية العكسيه، وبها يتم توجيه الماء خلال أغشية شبه نفاذة ، لإزالة الأملاح وأي ملوثات أخرى عالقه بها.

وتقوم الدراسات حول تطوير أغشية ذكية مضادة للترسب بأستخدام أغشية "النانو" الكربونية، حيث تتمتع هذه الاغشية بخاصية التنظيف الذاتي. وهي عبارة عن أغشية تتميز بلزوجه منخفضة مما يقلل من التصاق الملوثات بها، مما تساعد إلى خفض بنسبة تصل إلى 50 في المائة من كمية الطاقة اللازمة لتحلية مياه البحر.

وتمكَن أيضاً فريقا من الباحثين في مجال النانوتكنولوجي في الجامعة الوطنية الأسترالية من إكتشاف وسيلة لإزالة الملح من مياه البحر بإستخدام أنابيب "النانو" المصنوعة من البورون وذرات النيتروجين والتي من شأنها جعل عملية إزالة الملح من الماء تصل الى خمس مرات أسرع.

وهناك أبحاث ودراسات عديدة تجرى على مستوى العالم من أجل تطوير تقنيات أخرى إلى جانب التقنيات السابقة حيث تعتمد على إستخدام تركيبات "النانو" لأكسيد الحديد وجسيمات "النانو" لأكسيد التيتانيوم، مما يعد بحلول جذريه تتميز بإنخفاض التكلفة وجودة الإنتاج.

تكنولوجيا "النانو" ودعم الإتحاد الأوروبى للمشاريع والدراسات

- رأت شركات التكنولوجيا الأوروبية عام 2004 مثل شركة "Philips وNokia وIBM وEricsson أنه كي يصبح لأوروبا دوراً في قيادة العالم فإنها بحاجة إلى إنفاق مبالغ كبيرة تتجاوز 6 مليار يورو في السنه للإنتقال من مرحلة الإلكترونيات بمقياس الميكرون إلى الإلكترونيات بمقياس "النانو".
- عقد أول إجتماع للمجلس الإستشاري الأوروبي لإلكترونيات "النانو" عام 2004م، والذي كانت أهدافه إعداد وتنفيذ أجندة لأبحاث إلكترونيات "النانو".
- تمثلت الأهداف فيما يلي:
  - دعم الأبحاث الخاصة والأوروبية ورفع مستوى الإستثمار في إلكترونيات "النانو"
  - الإسراع في إبتكار الإختراعات والإعتماد على التقنيات البحثية
  - تحسين مستوى التنافس والإنتاج بين دول الإتحاد الأوروبي في مجال إلكترونيات "النانو".
  - التخلص من العوائق التي تقف في طريق تحقيق التنسيق بين الدول والإسراع من دخول وسائل التكنولوجيا للأسواق.
  - إجراء أبحاث تخضع لسياسات معينة، وفي الوقت نفسه، تحقيق التوافق بين الأبحاث والتقنيات من ناحية، وبين السياسات الأوروبية وإطار العمل المنظم من ناحية أخرى.
  - جعَّل الإتحاد الأوروبي مركزاً لجذب الباحثين والشركات الصناعية
  - زيادة الوعي العام بمفهوم تكنولوجيا "النانو".

الفصل الثاني عشر
الشركات المصنّعة لمنتجات "النانو"

دخلت تكنولوجيا "النانو" في العديد من المجالات الصناعية، كصناعة الملابس والأدوات الرياضية والطبية والكهربائية وغيرها الكثير، لذا، أحببت أن أورد أسماء بعض الشركات التي قد تفيد القارئين بهذا المجال.

الجدول (12) يبين بعض المنتجات النانوية وفائدتها وإسم الشركة المنتجة[254].

المنتج	فائدته	الشركة المنتجة
IPod Nano	يتميز بوجود شريحة ذاكرة متنقلة ذات سعة تخزينية تصل إلى 4 جيجا بايت	Apple Computer
Canola Active	يزيد من درجة إمتصاص المواد الكيميائية النباتية ويقلل من كوليسترول البروتين الشحمي منخفض الكثافة	Nutral ease Shemen Company
علكة Choco'la		O'LaLa Foods
كريم النهار Fullerene c-60	له أثر مقاوم للتأكسد	Zelen
Easton Stealth CNT	مضرب كرة البيسبول	Easton Sports& Zyvex
Nanotex	قماش من الألياف المقاومة للبقع والماء يعتمد على تكنولوجيا "النانو"	Nanotex
Aretic Shield-E47	جوارب مقاومة للجراثيم والميكروبات	ARC Outdoor
Nano Guard Paint	طلاء قوي مقاوم للماء والعفن الفطري	Behr Paints
Activ Glass	طبقة توضع على الزجاج تنظف نفسها تلقائيا	Pilkington
NanoBreeze Air Purifier	يتمتع بخواص أكسدة تقضي على الجراثيم والملوثات	NanoTwin Technologies

[254] ليندا ويليامز. د. وآد آدمز، تكنولوجيا النانو، مكتبة الأسرة . 2008 ترجمة الدكتور خالد العامري، ص.392

الجدول (13) يبين أسماء بعض الشركات ومنتجاتها[255]:

الشركة	المنتج
Acadia Research	إكتشاف الجينات، وتحديد الصفات الجزيئية للأمراض
Advanced Nano Coatings	طبقات قوية التحمل، وطبقات إيبوكسية لدنة (من مركبات عضوية متطايرة)
Advanced Nano Products	مساحيق بلورية متناهية الصغر، وتبخر بالشعاع الإلكتروني
Altair Nanotechnologies	مواد نانوية قطبية من تيتنات الليثيوم المستخدمة في صناعة السبانيل (خام بلوري معدني)
Applied Nano fluorescence	أدوات بصرية لدراسة أنابيب "النانو"
Applied Nanoworks	محاليل مواد نانو والبلورات الكمية
Arryx	ملاقيط نانوية لإلتقاط جسيمات "النانو" ونقلها من مكان لآخر
Aspen Aerogels	آيروجل ذي المسام متناهية الصغر تدعم بها الأحذية لتستخدم في المجال العسكري والحماية من البرد
BASF	تخليق المواد وطبقات لا تألف الماء
California Molecualar Electronics	إختراعات ومواد مبتكرة تتمتع بجميع حقوق الملكية الفكرية في مجال الإلكترونات الجزيئية
Carbon Nanotechnologies	إنتاج أنابيب "النانو" الكربونية تجارياً
Cima Nanotech	مساحيق ناعمة أو شديدة النعومة لسبائك ومعادن متناهية الصغر
Dendritech	تصنيع البوليمرات الشجيرية وإنتاجها
Dendritic Nano Technologies	جزيئات متفرعة (بوليميرات شجيرية) متنوعة الإستخدامات كما في العقاقير
EnviroSystems	مطهرات مستحلبة متناهية الصغر مبيدة للجراثيم
eSpin Technologies	تكنولوجيا تصنيع ألياف "النانو" البوليميرية
Front Edge	بطاريات رفيعة للغاية يمكن إعادة شحنها
Helix Materidal Solutions	أنابيب "النانو" الكربونية وحيدة ومتعددة الطبقات
Hysitron	أدوات صناعية وبحثية لقياس متانة مواد "النانو" ومرونتها وإحتكاكها وتآكلها وألتصاقها
Intgran	فلزات بلورية متناهية الصغر، وطبقات نانوية، ومساحيق متناهية الصغر
Intematix	الفسفور
Intematix المتحدة	مواد إلكترونية، مواد محفِّزة لأغشية خلايا الوقود
International Carbon	تراكيب كربونية بالغة الصغر
Kereos	علامات تصوير أو جسيَّمات نانو علاجية للقضاء على الأمراض
Lumera	مواد ومنتجات بوليميرية
Luna Innovations	جزيئات مجوفة لذرات كربون تضم العديد من الفلزات وعناصر التربة النادرة
Melionum Technologies	مواد ذات إشعاع ضوئي(مثل السليكون وكبريتيد

[255] ليندا ويليامز. د. وآد آدمز، تكنولوجيا النانو، مكتبة الأسرة . 2008 ترجمة الدكتور خالد العامري، ص.462

	الفلزات والسليندات)، ومواد متناهية الصغر لسبائك فلزية أو للفلزات
Netal Nanopowders	مساحيق فلزية متناهية الصغر
MetaMateria Partners	مساحيق دقيقة ومكونات لاستخدامها في خلايا الوقود والبطاريات والأغشية وغيرها من الأجهزة الكهروكيميائية والمرشحات وفوهات الصواريخ ومدعم المحفزات
Molecular Electronics	تطبيقات إلكترونية وبصرية وإلكترونية
Molecular Imprints	مسجل علامات نانوية لإستخدامه في صناعة أشباه الموصلات والإلكترونات
Nano Electronics	مواد جديدة مثل عوازل البوابات والبوابات المعدنية والسليسيدات (مركبات السليكون مع المعادن)
Nano-C	تخليق فلورينات عالية النقاء وغيرها من المواد الفلورينية
Nanocor	طفَل متناهي الصغر ومركبات نانوية لإستخدامها في حالة المواد اللدائنية
Nanocs	أنابيب نانو كربونية وحيدة ومتعددة الطبقات تذوب في الماء، وطبقات وجسيَمات نانوية بيولوجية
NanoDynamics	جسيَمات دقيقة من الفضة والنحاس والنيكل، وأكاسيد "النانو"، وتراكيب كربونية متناهية الصغر.
Nanofilm	طبقات للنظارات الشمسية والنوافذ الأمامية للسيارات تطرد الماء وتحول دون التصاق القطران
Nanogate Technologies	طبقات لا تلتصق بها الميكروبات
NanoGram	مركبات كيميائية وملاط رقيق القوام لإستخدامه في صناعة شرائح الكمبيوتر
Nanohorizons	ترخيص من ولاية "بنسلفانيا" الأمريكية لصناعة تراكيب نانوية تتميز بغشائها الرقيق
NanoInk	إكتشاف مرض الجمرة الخبيثة
NanoOpto	تراكيب نانوية تستخدم في تكوين النظم البصرية
Nanophase Technologies	إنتاج مساحيق أكاسيد فلزية وطرحها في السوق
Nanopoint	إتاحة الفرصة أمام العلماء لدراسة الخلايا الحية بدقة وضوح تقل عن أو تساوي 50 نانومتر(باستخدام الأشعة تحت الحمراء والأشعة المرئية والأشعة فوق البنفسجية)
NanoProducts	مساحيق متناهية الصغر، وعمليات تشتت، ومنتجات تعتمد على المساحيق الدقيقة (فلزات منفردة وفلزات متعددة وأكاسيد معالجة)
Nanosize	مساحيق مساحة سطح معنية ومواد تشتيت متناهية الصغر
Nanospectra Biosciences	علاج طبي لا يتطلب تدخل جراحي أو حقن بالإبر وذلك بإستخدام طبقات "النانو"
Nanosphere	التحليل والرصد الفائق للأحماض والبروتينات النووية
Nanosys	إلكترونات رقيقة ومرنة، وطبقات تحتية بيولوجية وخلايا شمسية
Nano-Tex	طبقات وتحسينات ليفية تعتمد على تكنولوجيا لنانو

Nanotherapeutics	استخدام جسيمات "النانو" في المنتجات الدوائية
Nanova	مساحيق دقيقة لإستخدامها في صناعة مواد الطلاء والتغليف والبلاستيكيات والورق والغراء والأختام ومستحضرات التجميل والكابلات والأسلاك والمعدات الطبية
Nanox	محفزات بلورية بينية متناهية الصغر
NEI	تقنيات مسجل لها براءات اختراع وخاصة لتصنيع مساحيق دقيقة وسائل وسيطة نانوية التركيب
Neo-Photonics	تركيب مكونات بصرية متناهية الصغر
Novation Environmental Technologies	تصفية المياة وتطهيرها بالاعتماد على عنصر اليود لإبادة الجراثيم
Netra	حبر إلكتروني وورق رقمي
Nyacol Nano technologies	أكاسيد فلزية غير عضوية ومحاليل سليكا عضوية تعوق إنتشار النيران وتقاوم التآكل، عوامل ربط للمحفزات والمواد الصامدة للحراة والألياف الخزفية
Oxane Materials	أغشية خلايا الوقود المستقرة في درجات الحرارة العالية، بالإضافة إلى جسيمات "النانو" والمركبات والطبقات المطلية
Powdermet	مساحيق ودقائق ناعمة فلزية وخزفية معدلة ومتناهية الصغر
pSivida	تكوين السليكون البيولوجي لإستخدامه في مجال الرعاية الصحية
Q Chip	تطوير تكنولوجيا الموائع الدقيقة لتصنيع الجسيًمات عند مستوى الميكرو و"النانو" التي تعتمد عليها الصناعات الدوائية والغذائية والتجميلية
QuantumSphere	مساحيق فلزية متناهية الصغر لإستخدامها في مجال الفضاء والطيران والدفاع والطاقة والنقل وغيرها من التطبيقات
Sensicore	تصنيع شرائح المختبر النانوي متعددة المجسًات فختبار صلاحية المياة
Solaris Nanosciences	خلايا شمسية فلزًية حساسًة للأصباغ يمكن إعادة شحنها
Starfire Systems	بوليميرات وخزفيات كربيد السليكون التي تتميز بحجمها متناهي الصغر، كما أنها مقاومة للتآكل والبلى
Strapharma	ترخيص التطبيقات الدوائية المعتمدة على البوليميرات الشجيرية
Technology	إنتاج مساحيق دقيقة من الألمنيوم عالية الجودة والطاقة والنقاء
Therafuse	لصقة جلدية لمرضى السكر تعتمد على الماصات المجهرية
Wilson	إستخدام مواد "النانو" في مضارب وكرات الجولف ومضارب التنس
Zyvex	معالجة أنابيب "النانو"، ومواد "النانو"

المراجع باللغة العربية

1. موقع عبد الدائم الكحيل، الإعجاز العلمي في القرآن والسنة ، الذرة في القرآن الكريم www.kaheel7.com
2. الدكتور مروان شعبان، قانون الذرة بين العلم والقران، http://daralijaz.com
3. موسوعة الذرة ، د. يوسف يمين، ص115.
4. حسن يوسف شهاب الدين، موقع الدكتور خالد العبيدي، الذرة ومكنونها في القران الكريم، 2007
5. كيف يعمل مطياف الكتلة، موقع الفيزياء التعليمي،2009 www.hazemsakeek.info/magazine
6. د.محمد بن صالح الصالحي ، أستاذ جامعة الملك سعود- قسم الفيزياء والفلك ، الرياض، تقنية النانو
7. رامي النواب، الإنزيمات، شبكة العلوم العربية، شعبة الأحياء، http://bio.olom.info/enzymes1
8. التقنية النانوية بين الكفاءة والمخاطر (طوماس كيرن - swissinfo.ch) (Thomas Kern)) بقلم ستيفانيا سومّرماتر- swissinfo.ch
9. د.محمود محمد سليم صالح ،أستاذ مشارك بقسم العلوم الطبيعية والتطبيقية، كلية المجتمع بالأفلاج والباحث فى تقنية النانو، تقنية النانو وعصر علمي جديد، www.knol.com
10. د.محمد صبري عبد المطلب،مخاطر النانو تنبع من سوء استغلال هذه التقنية، 2010،http://arabic.rt.com
11. ليندا ويليامز، د.واد آدمز، تكنولوجيا النانو، ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008 ص.46
12. النظائر في البحوث والإنتاج، أنور محمود عبد الواحد، ص19، الكيمياء العامة وغير العضوية، د. سامي طوبيا، ود.نظير عريان، ص88، بنية المادة، اندري فيني ، ترجمة: علي بلحاج، ص21.
13. م. جهاد سعيد يوسف، النانو للمتبدئين، مجلة تقنية النانو، العدد الثالث، 2008، ص.16
14. رامي النواب، الإنزيمات، شبكة العلوم العربية، شعبة الأحياء، http://bio.olom.info/enzymes1
15. التقنية النانوية بين الكفاءة والمخاطر (طوماس كيرن - swissinfo.ch) (Thomas Kern)) بقلم ستيفانيا سومّرماتر- swissinfo.ch
16. د.محمود محمد سليم صالح ،أستاذ مشارك بقسم العلوم الطبيعية والتطبيقية، كلية المجتمع بالأفلاج والباحث فى تقنية النانو، تقنية النانو وعصر علمي جديد، www.knol.com
17. د. محمد صبري عبد المطلب،مخاطر النانو تنبع من سوء استغلال هذه التقنية، http://arabic.rt.com 2010

18. النظائر في البحوث والإنتاج، أنور محمود عبد الواحد، ص19، الكيمياء العامة وغير العضوية، د. سامي طوبيا، ود. نظير عريان، ص88، بنية المادة، اندري فيني ، ترجمة: علي بلحاج، ص21.
19. م. جهاد سعيد يوسف، النانو للمتبدئين، مجلة تقنية النانو، العدد الثالث، 2008، ص.16
20. جامعة الملك سعود، معهد الملك عبدالله لتقنية النانو، www.ksu.edu.sa
21. د. منصور بن صالح الحوشان، م. ماهر بن محمد الراشد، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو تصدر عن معهد الملك عبدالله لتقنية النانو، العدد الأول،نوفمبر 2008، ص14
22. صبح محمد شحادة، التكنولوجيا النانوية، ثورة صناعية جديدة، مجلة النانو ، العدد الثاني، 2009 .ص. 10
23. التقنية النانوية بين الكفاءة والمخاطر (طوماس كيرن - swissinfo.ch) (Thomas Kern)) بقلم ستيفانيا سومّرماتر، نوفمبر 2011
24. د. أسامة الدريهم، جامعة الملك سعود، نحو استغلال تقنية النانو www.knol.com
25. م.جهاد سعيد يوسف بحث بعنوان النانو للمبتدئين، مجلة النانو، العدد الثالث، مايو 2009 .ص.14
26. ليندا ويليامز، د. واد آدمز ، تكنولوجيا النانو ترجمة الدكتور خالد العامري، مكتبة الأسرة ، 2008 ص.18
27. أ.د. خالد بن مصطفى أبو صلاح، التقنية الحيوية النانوية، طرق التصميم والإنتاج النانوي، مجلة تقنية النانو، العدد الثالث، 2008 ، ص.19
28. سعد يوسف أبو عزيز، المجهر الإلكتروني في تطبيقات النانو، مجلة النانو ، العدد الثالث، 2009، تصدر عن معهد الملك عبدالله لتقنية النانو، جامعة الملك سعود
29. د. محمود محمد سليم صالح، مجلة النانو، العدد الثاني، فبراير 2009 مقال بعنوان أنابيب الكربون النانونية ص.36
30. موقع جامعة أم القرى، أنابيب الكربون فائقة الصغر، http://uqu.edu.sa
31. د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول،2008 ص.16
32. د.محمود محمد سليم صالح،تقنية النانو وعصرٌ علميٌ جديد ، أستاذ مشارك بقسم العلوم الطبيعية والتطبيقية - كلية المجتمع بالأفلاج والباحث فى تقنية النانو
33. عبد الإلة بن يوسف، طرق تحضير المواد المتناهية في الصغر، مجلة النانو، العدد الأول، 2008، ص.20
34. د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود، ماذا تعرف عن تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول،2008 ص.17

35. د.عبدالله بن صالح الضويان، تطبيقات تقنية النانو، جامعة الملك سعود، قسم الفيزياء والفلك، مجلة النانو، العدد الثاني،2008 ص.24
36. عبدالإلة بن يوسف، جامعة محمد الخامس،مجلة النانو، تصدر عن معهد الملك عبدالله لتقنية النانو، العدد الثالث، الرياض 2009 ص.47
37. رسالة الجامعة ، العدد1083، 2012/1/26 http://rs.ksu.edu.sa/24268.html
38. خلدون غسان سعيد،النانو تكنولوجي اعجوبة العالم الجديد دارات ضوئيّة بدل الكهربائيّة و«آي بي أم» تستعد لتطوير اول «حاسب ضوئي" http://www.aawsat.com
39. المركز السعودي لتقنية النانو، http://www.saudicnt.org
40. د. منصور بن صالح الحوشان/ م. ماهر بن محمد الراشد، تقنية النانو وخلايا الوقود، مجلة النانو، العدد الثالث، 2008 ص.26
41. تقنية النانو العسكري،http://ksu.edu.sa
42. محمد الاسكندراني، التغذية وتكنولوجيا النانو،مجلة العربي العدد ديسمبر2010
43. التغذية وتكنولوجيا النانو، الطعام على الطريقة النانوية - منتديات الهندسة نت http://www.alhandasa.net
44. فيصل عبدالله الحربي، تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الثالث، 2008 ص.22
45. صفات سلامة، الطلاء بالنانو ميزات متعددة وافاق واعدة، مجلة النانو ، العدد الثالث، 2008 .ص. 30
46. م. جمال فضل الكريم، تقنية النانو وصناعة كوابل الألياف البصرية، مجلة النانو، العدد الثالث، 2009 ص.35
47. منال علي، استخدامات تكنولوجيا النانو في زراعة الثدي، 2012،
48. د. عبدالله بن صالح الضويان، جامعة الملك سعود، تطبيقات تقنية النانو، مجلة النانو، العدد الأول، 2008 ، ص.24
49. د. حاتم العمري، النانو ليزر الأداة الرائدة في كشف الخلايا، المركز السعودي لتقنية النانو http://www.saudicnt.org
50. هوما خميس، عالمة أحياء مختصة في ملف تقنية النانو
51. مقال بجريدة الرأي الأردنية، العدد15099،الجزء الرابع، 2012/2/23
52. د. سلمان بن عبدالعزيز الركيان، الصين تولي اهتماما فائقا بتكنولوجيا النانو، موقع افاق علمية وتربوية، نوفمبر2011، http://al3loom.com
53. محمد شريف الإسكندراني ،تكنولوجيا النانو.. وآثارها الاقتصادية والاجتماعية على المجتمع العالمي
54. مقال بعنوان ماء زمزم يحير العلماء من موقع الإقتصادية الإلكترونية،العدد1،2008/4/5286،http://www.aleqt.com
55. د. أسامة الدريهم، نحو استغلال تقنية النانو، تحديد التطبيقات الواعدة في المملكة العربية السعودية ، جامعة الملك سعود، كلية الهندسة

56. الدكتور خالد بن منصور العقيل، أساسيات الطاقة في المملكة العربية السعودية، مؤتمر الطاقة العربي الثامن، عمان- المملكة الأردنية الهاشمية، 16-19 ربيع الثاني 1427 هـ
57. مجموعة باحثين، "Carbon nanotube filters," Nature Materials, 2004, Vol. 3, pp. 610-614.
58. وزارة الاقتصاد و التخطيط-مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية، السياسة الوطنية للعلوم و التقنية، الخطة الوطنية الشاملة للعلوم و التقنية بعيدة المدى، 1426/1425 هـ - 1446/1445 هـ.
59. د. أسامة الدريهم، نحو استغلال تقنية النانو، تحديد التطبيقات الواعدة في المملكة العربية السعودية ، جامعة الملك سعود، كلية الهندسة
60. راين جرج ، "Photoelectrochromatic cells and their applications," Filtration+Separation, October 2006, pp. 32-33.
61. جريدة الرياض اليومية، تصريح وزارة الاقتصاد و التخطيط: التوجه نحو الاقتصاد القائم على المعرفة، العدد 14105، صفحة 42.
62. وزارة الاقتصاد و التخطيط، تقرير التنمية البشرية، 1424/1423 هـ.
63. أسامة الدريهم و عمرو باز و تركي بن سعود، "Hybrid Composites with shunted piezoelectric particles for vibration damping ", Mechanics of Advanced Materials and Structures,2007, Vol. 14, pp. 413-426.

المراجع باللغة الإنجليزية

1. www.foe.org/camps/somm/nanotech/introductionnanotechnology/may2006.PDF
2. www. http://ar.wikipedia.org/wiki
3. http://spidey.yoo7.com
4. http://husam4.ahlamontada.com
5. http://ar.wikipedia.org
6. http://husam4.ahlamontada.com
7. http://www.kenanonline.com
8. http://ar.wikipedia.org
9. http://www.kenanonline.com
10. M.Al Hoshan, "Novel nanoarray structures formed by template based approach:characterization and electorchemistry" PhD Thesis, Minnesota University,2007
11. www.kfupm.edu.sa/dsr/research/Arabic Newsletter.pdf
12. Jhon Finston, Henry Ilot,Nanotechnology: A Technology Forecast, Texas State Technical College, April 2003
13. Stepanov, A. L.; Popok, V. N.; Hole, D. E. (2002). Glass Physics and Chemistry 28:
14. Magnetic antimicrobial nanocomposite based on bacterial cellulose and silver nanoparticles
15. www.ar.wikipedia.org
16. Taton TA, Mirkin CR, lestinger RL.Scanoetric DNA array detection with nanoparticle probes. Science 2000;289:1757-1760
17. HO KC, Tsai PJ, lin Ys. Chen Yc. Using biofunctionlized nanoparticles to probe photogenic bacteria. Anal.chem.2004;76:7162-7168
    http://www.tvtc.tc/vb/showthread.php?t=21170
18. Cao,G, NANOSTRUCTURE&NANOMATERIALS Synthesis, Properties, and Application", Ist edition, Imperial College Press, London, 2004
19. www.nanotechbc.ca/pdf/Nanotech_Nutshell.pdf
20. http://stst.yoo7.com/t1076-topic
21. http://rs.ksu.edu.sa/24268.html, 2012/1/26 ،1083رسالة الجامعة ، العدد
22. Khanna, A.S.,Nanotechnology in High Performance Paint Coatings, Asian J.Exp.Sci, Vol.21, No.2,2008,2532
23. Gartner, John, Nano coatings paing Green Future, Wired, 10 Feb, 2006 at www.wired.com
24. Daoud, W.&Xin, J.,Nucleation and Growth of Anatase Crystallites on cotton Fabrics at Low Temperatures, Journal of the American Society, May, vol.87, No.5,2006 pp.953955

25. Iogear GME227RW6 Wireless Laser Mouse with Nano coating Technology,Iogear'swireless at:www.iogear.com/product/GME227Rw6
26. Lansdown AB (2006). "Silver in health care: antimicrobial effects and safety in use". Current Problems in Dermatology 33: 17–34
27. http://nano-products.blogspot.com
28. www.islamonline.com و http://nano-products.blogspot.com
29. Nie, Shuming, Yun Xing, Gloria J. Kim, and Jonathan W. Simmons (2007). "Nanotechnology Applications in Cancer". Annual Review of Biomedical Engineering 9.
30. doi:10.1146/annurev.bioeng.9.060906.152025. PMID 17439359
31. Paull, John (2010)، Nanotechnology: No Free Lunch, Platter, 1(1) 8-17
32. www.chemicool.com/definition/monodipers
33. Nanotechnology, Water & development, http:// www.merid.org/.
34. "Nano Fiber Biological Filter," Argonide Corp., فريد تيبر و ليونيد كالدين،
35. "Nanotech-the way forward for clean water," Filtration+Separation, October 2006, pp. 32-33.، ألين سمث
36. "Carbon nanotube filters," Nature Materials, 2004, Vol. 3, pp. 610-614. مجموعة باحثين،
37. Nanotechnology for Water Purification and Waste Treatment," Frontiers in nanotechnology US EPA Millennium Lecture Series, July 2005, Washington D.C.
38. Nanotechnology, Water & development, http:// www.merid.org/.
39. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties," Endeavour, 1997, Vol. 21, pp.52-55.
40. Photoelectrochromatic cells and their applications," Filtration+Separation, October 2006, pp. 32-33.
41. "Hybrid Composites with shunted piezoelectric particles for vibration damping ", Mechanics of Advanced Materials and Structures,2007, Vol. 14, pp. 413-426.
42. Cristina Buzea,Ivan Pacheco, and Kevin Robbie "Nanomaterials and Nanoparticles;Sources and Toxicity" Bioninterphases 2 (1007)MR17-MR71