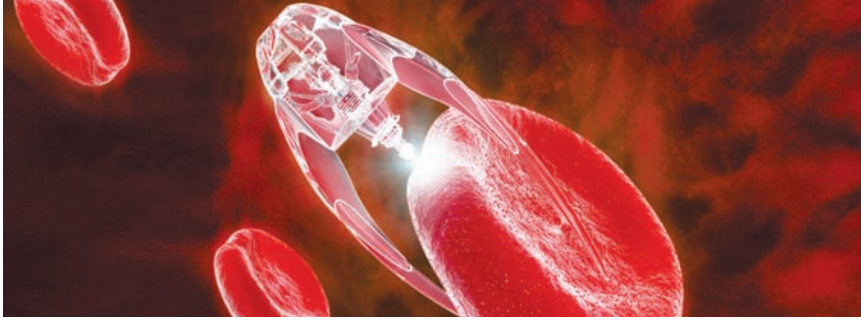


16 நனோ தொழில்நுட்பமும் அதன் பிரயோகமும்

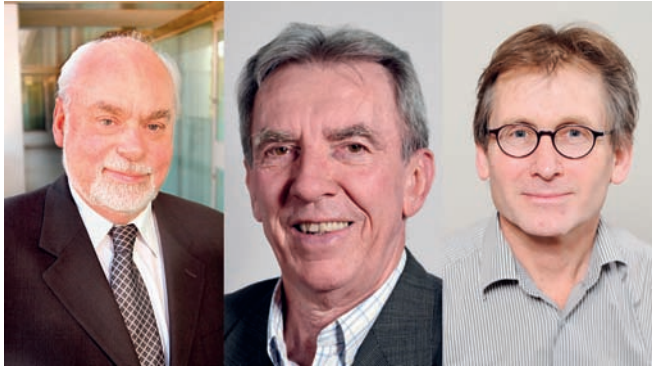
கீழே தரப்பட்ட உரு 1.1 ஐ நன்கு அவதானியுங்கள்.



உரு 16.1 ▲ நுண்ணிய ரொபோ இயந்திரமொன்று செங்குருதிக் கலத்தினுள் நுழைந்து சிகிச்சை செய்யும் முறை

நீங்கள் அவதானிப்பது நுண்ணிய ரோபோ இயந்திரத்தின் மூலம் மனிதனின் செங்குருதிக் கலத்திற்கு சிகிச்சை செய்யும் முறையை காட்டும் உருப்பெருக்கிய படத்தை ஆகும். உண்மையில் இந்த நுண்ணிய இயந்திரத்தை எவ்வாறு அமைக்கலாம்? இதற்காக எந்தத் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தியிருக்கலாம்? என இனி ஆராய்வோம்.

இவ்வாறானதொரு நுண்ணிய இயந்திரத்தை அமைத்தமைக்காக 2016 ஆண்டில் இரசாயனவியலுக்கான நோபல் பரிசு ஜீன் பியர் சாவேஜ், சேர் ஜே. பிரஸர் ஸ்டொடர்ட் மற்றும் பேர்னார்ட் பெரிங்கா (Jean Pierre Sauvage, Sir J. Fraser, Stoddart and Bernard Feringa) ஆகிய மூன்று விஞ்ஞானிகளுக்கும் வழங்கப்பட்டது. இச் செயற் பாடானது விஞ்ஞானம் மற்றும்மொரு புதிய அத்தியாயத்திற்குத் தடம் பதிக்க உதவியது. அன்று தொடக்கம் நுண்ணிய ரொபோக்கள் விஞ்ஞான துறைக்குப் புதியவைகள் அல்ல.



சேர். ஜே. ஸ்டொடர்ட் ஜீன் பியரே சேவேஜ் பேர்னார்ட் பேரின்கா

உரு 16.2 ▲ 2016 ஆம் ஆண்டில் இரசாயனவியலிற்கான நோபல் பரிசை வென்றெடுத்த விஞ்ஞானிகள்

இனி நாம் அவ்வாறான அற்புதங்களை நிகழ்த்தக் கூடிய நுண்ணிய பொருள்கள் தொடர்பான உலகத்தைப் பற்றி விளங்கிக் கொள்ள முயற்சிப்போம்.

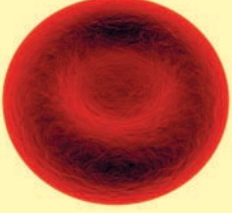
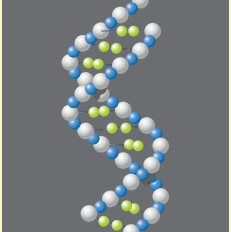
16.1 நனோ மீற்றர்

“நனோ” என்றால் என்ன?

“நனோ” என்கின்ற ஆங்கிலச் சொல் dwarf (குள்ளம்) எனப் பொருள்படும் கிரேக்க மொழிச் சொல்லில் இருந்து தோன்றியதாகும். எனவே, “நனோ” என்றால் மிகச் சிறிய பொருள்களைக் குறிப்பிடுகின்றது எனலாம். இம்மாய அளவுத்திட்டத்தில் உண்மையில் நீங்கள் அனைத்துப் பொருள்களும் ஆக்கப்பட்டுள்ள அணுக்களைக் காண்பது மட்டுமல்லாது உங்களால் அவற்றை அசைக்கவும் முடியும்.

“நனோ” எவ்வளவு சிறியது?

அது மிகவும் சிறிய உலகம். கண்களால் காண முடியாத மிகச் சிறிய உலகம் ஒன்று காணப்படுகின்றது எனக் கற்பனை செய்வது கூட சற்றுக் கடினமானது தான். நாங்கள் மீற்றர், கிலோ மீற்றர் போன்ற அளவுத்திட்டங்களைப் பயன்படுத்துகின்றோம். நனோ என்றால் “பில்லியனின் ஒரு பங்கு”, அதாவது, ஒரு மீற்றரின் பில்லியன் பங்கு நனோ மீற்றர் ஆகும். அதாவது, 10^{-9} m ஆகும்.

	இரண்டு மீற்றர் உயரமான மனிதனின் உயரம் இரண்டு பில்லியன் நனோ மீற்றர் ஆகும்.	குண்டுசிக்கும் தலையின் அளவு ஊசியின் முனையின் புள்ளியின் விட்டம் பில்லியன் நனோ மீற்றர் ஆகும்.	
1 மீற்றர் - 1 பில்லியன் நனோ மீற்றர்			
	செங்குருதிச் சிறு துணிக்கையின் விட்டம் 10000 நனோ மீற்றர் ஆகும்	DNA ‘மூலக்கூறு ஒன்றின் அகலம் 2.5 நனோ மீற்றர் ஆகும்.	
1 மைக்கிரோ மீற்றர் - 1000 நனோ மீற்றர்			
1 நனோ மீற்றர்			

“நனோ” எவ்வளவு சிறியது?

1 மில்லி மீற்றர் - 1 பில்லியன் நனோ மீற்றர்

உரு 16.3 ▲ சில பொருள்களின் பருமன் நனோ மீற்றர் அளவுத் திட்டத்தில்

ஐதரசன் போன்ற மூலகங்கள் தனித்த அணுவொன்றின் விட்டம் நனோ மீற்றரின் பத்தில் ஒரு மடங்கு ஆகும்.



மேலதிக அறிவிற்கு

மனிதத் தலைமயிரின் தடிப்பு ஏறத்தாள 80 000 nm ஆகும்.

சாதாரண கடதாசியின் தடிப்பு 100 000 nm நனோ மீற்றர் ஆகும்.

16.2 நனோ தொழில்நுட்பம்

நனோ விஞ்ஞானத்தில் 1-100 nm அளவுத்திட்ட வீச்சிலுள்ள பதார்த்தங்கள் தொடர்பாக ஆராயப்படும். நம்புவதற்கரிய மிகச்சிறிய அளவுத் திட்டத்திலுள்ள இத் துணிக்கைகளைப் பயன்படுத்தி புதிய பதார்த்தங்களை ஆக்குதல் நனோ தொழில்நுட்பம் எனப்படுகின்றது. நவீன விஞ்ஞான யுகத்தில் துரிதமாக வளர்ந்து வரும் நீடித்து நிற்கக்கூடிய ஒரு துறையாக நனோ தொழில்நுட்பம் காணப்படுகின்றது. உயிரியல் விஞ்ஞானத் துறை தொடக்கம் விண்கலங்கள் உருவாக்கும் தொழில்நுட்பம் வரை பல்வேறு துறைகளில் நனோ தொழில்நுட்பத்தின் பிரயோகம் பரந்து காணப்படுகின்றது.

நனோ தொழில்நுட்பத்தின் வரலாறு

இயற்கையைப் பொறுத்தவரை நனோ விஞ்ஞானமும் தொழில்நுட்பமும் புதிய எண்ணக்கருக்கள் அல்ல. பல இயற்கை தோற்றப்பாடுகள் நனோ தொழில்நுட்பத்துடன் பின்னிப்பிணைந்து காணப்படுகின்றன. எனினும், நவீன நனோ தொழில்நுட்பம் தொடர்பான அடித்தளத்தை இட்ட பெருமை அமெரிக்கப் பெளதிகவியலாளர் ரிச்சர்ட் பேர்மன் (Richard Feynman (1918 - 1988)) அவர்களையே சாரும். 1959 ஆம் ஆண்டில் “கீழே அதிக இடம் காணப்படுகின்றது” என்கின்ற அவரது உரையில் அவர், பல்வேறு பதார்த்தங்களை ஆக்குவதற்காக அணுக்களையும் மூலக்கூறுகளையும் பயன்படுத்தலாம் என நம்புவதற்கரிய நுண்ணிய உலகம் ஒன்று தொடர்பாகத் தனது உத்தேச கருத்தைத் தெரிவித்தார். 1974 ஆம் ஆண்டில் ஜப்பானிய பொறியியல் துறை பேராசிரியர் நோரியோ தனிக்குசி (Norio Taniguchi) என்பவர் இத்துறைக்கு “நனோ தொழில்நுட்பம்” எனப் பெயரிட்டார்.

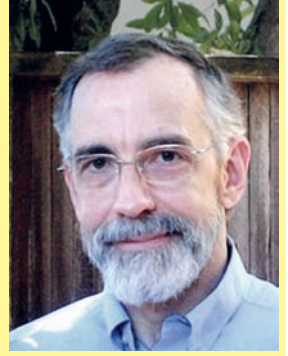
உண்மையில் நனோ தொழில்நுட்பம் 1980 ஆம் ஆண்டில் தான் அறிமுகப்படுத்தப் படுத்தப்பட்டது. நனோ தொழில்நுட்பத்தின் தந்தை கலா. கே. எரிக் ரெக்ஸ்லர் என்பவர் (Dr. K. Eric Drexler) “ஆக்கங்களின் என்ஜின் : நனோ தொழில்நுட்பத்தின் எதிர்காலம்” (Engines of Creation: The coming Era of Nanotechnology) என்கின்ற தலைப்பில் முதன்முதலில் வெளியிட்ட நூல் நனோ தொழில்நுட்ப துறையில் பாரிய மாற்றத்தை ஏற்படுத்தியது. இலத்திரனியல் நுணுக்குக்காட்டி பிரபல்யமடையும் வரை நனோ தொழில்நுட்பம் முன்னகரவில்லை. நனோ அளவுத்திட்டத்திலுள்ள அணுக்களையும் மூலக்கூறுகளையும் கையாளக்கூடிய நுணுக்குக்காட்டி கண்டுபிடிக்கப்பட்டது இந்த தசாப்தத்திலாகும்.



உரு 16.4 ▲ ரிச்சர்ட் பேர்மான்

நனோ தொழில்நுட்பம் உரிய பாதையில் அடியெடுத்து வைத்ததன் பின்பு அது அதுவரையில் எமக்குரிய உபகரணங்கள் மற்றும் அவற்றின் பயன்பாடுகளும் தொடர்பான எம்முடைய ஆற்றலின் மீதன்றி நாம் அவ்விடத்தை நெருங்கிய பாதையின் அடிச்சுவடுகளின் மீது தங்கியிருக்கவில்லை.

- கே. எரிக் ரெக்ஸ்லர்



உரு 16.5 ▲ எரிக் ரெக்ஸ்லர்

இயற்கையில் நனோ - எண்ணக்கரு

நனோ அளவுத்திட்டத்திலுள்ள பல பொருள்களை இயற்கை எமக்கு அளித்துள்ளது. செயற்பாடு 16.1 இல் ஈடுபடுவதன் மூலம் அவ்வாறான சில பொருள்களையும் அவற்றின் செயற்பாடுகளையும் ஆராய்வோம்.



செயற்பாடு 16.1

தேவையான பொருள்கள் : கிழிந்து போகாத தாமரை இலை அல்லது சேம்பு இலை.

செய்முறை :

- இலையின் மீது சிறிது நீர்த்துளிகளை இட்டு அவதானியுங்கள்.
- உங்கள் அவதானங்களைக் குறித்துக் கொள்ளுங்கள்.

நீர்த்துளிகள் இலையின் மீது பரவாது உருளுவதனை அவதானித்தீர்களா? இதற்கான காரணம் யாது?

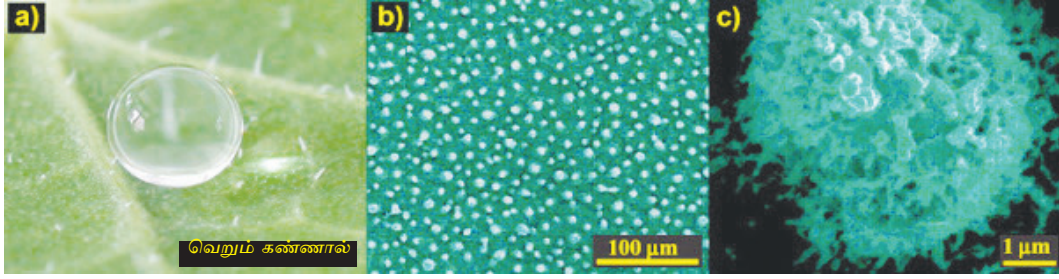


உரு 16.6 ▲ தாமரை இலை / சேம்பு இலை மீது நீர்த்துளி தேங்கியுள்ள முறை

லோட்டஸ் விளைவு

தாமரைஇலையின் மேற்பரப்பின் நீர்நாட்டம் காரணமாக சுயாதீன

மாகவே சுத்தமாகும் இயல்பானது லோட்டஸ் விளைவு எனப்படும். தாமரை இலையின் மேற்பரப்பின் மீது நனோ துணிக்கைகள் பரவி இருப்பதால் இலை மீது விழுகின்ற நீர், தூசு, நுண்ணங்கிகள் போன்ற அழுக்குத் துணிக்கைகள் நீர்த் துணிக்கைகளினூடாக மேற்பரப்பின் மீது தங்காமல் சுயாதீனமாகவே அகற்றப்படுகின்றன.



உரு 16.7 ▲ தாமரை இலையின் மீது நீர்த்துளி ஒன்று காணப்படும் சந்தர்ப்பம் (பல்வேறு அளவுத்திட்டங்களில் காணப்படும் கட்டங்கள்)

இயற்கை கட்டமைப்பு நனோ பதார்த்தம்

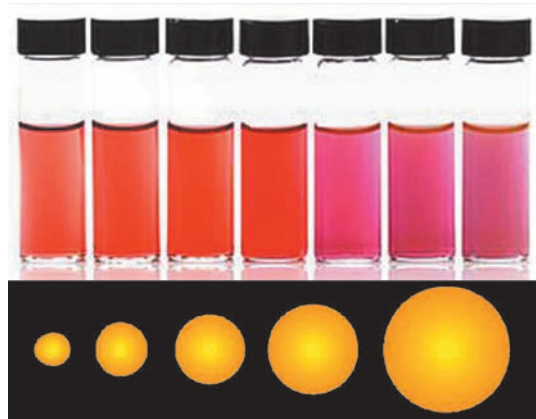
அங்கிகளின் கட்டமைப்பு தொழிற்பாட்டு அலகான உயிருள்ள கலங்கள் மிகச் சிறந்த இயற்கையான நனோ தொகுதி ஆகும். கலத்தினுள்ளே காணப்படுகின்ற பல்வேறு தொழிற்பாடுகளுக்காக இசைவாக்கமடைந்த புன்னங்கங்கள் நனோ பரிமாண இயந்திரங்களாகச் செயற்படுகின்றன. கலத்தினுள்ளே நிகழ்கின்ற சுவாசம், கழிவுகற்றல், போசணை, வளர்ச்சி, ஒளித்தொகுப்பு போன்ற அனைத்துச் செயற்பாடுகளுக்கும் இசைவாக்கமடைந்த புன்னங்கங்கள் நனோ இயந்திரங்களாகக் கருதப்படலாம்.

“நனோ” நடத்தைக்கு காரணமான அளவு மாற்றம்

அணு மற்றும் மூலக்கூறு மட்டத்தில் பதார்த்தங்கள் மாறுபட்ட நடத்தையைக் காட்டுகின்றன. ஒரே சடப்பொருளாயினும் அதன் அளவு 100 nm அல்லது அதனை விடக் குறைவடையும் போது அச்சடப்பொருளின் பெளதிக மற்றும் இரசாயன இயல்புகள் பெருமளவில் மாற்றங்களைக் காட்டுகின்றன. உதாரணமாக நனோ அளவான சடப்பொருள்களின் தோற்றம், பொறிமுறை, மின் மற்றும் காந்த இயல்புகள் மாறுபடுவதுடன் இரசாயன தாக்கங்களும் குறிப்பிடத்தக்களவு மாறுபடுகின்றன.

உதாரணம் :

- நனோ அளவில் செம்பானது ஊடுபுகவிடக்கூடியதாகக் காணப்படுவதுடன் பொன் உலோகம் நனோ அளவில் துணிக்கையின் அமைப்பும் வடிவத்திற்கும் ஏற்ப பல்வேறு வர்ணங்களில் காணப்படுகின்றது.
- இரசாயன ரீதியில் தாக்கமடையாத பொன் உலோகம் துணிக்கையின் அளவு 100 nm விடக் குறைவடையும் போது தாக்குதிறன் கூடியதாக மாறுகின்றது.

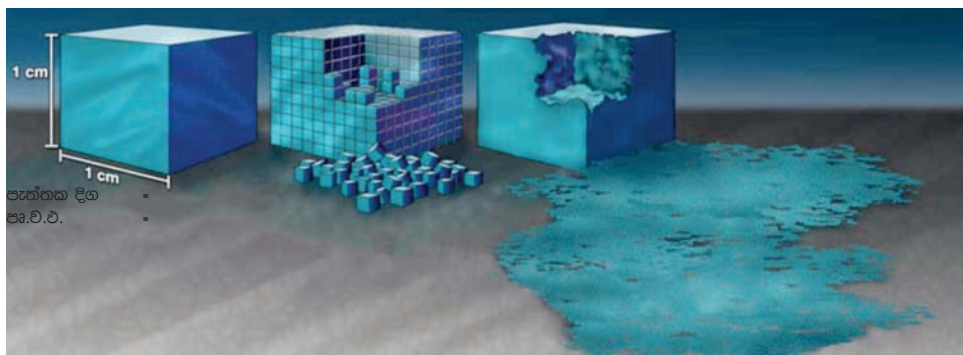


உரு 16.8 ▲ துணிக்கையின் அளவு 100 nm விடக் குறைவடையும் போது பல்வேறு வர்ணங்களை கொண்ட பொன் நனோ துணிக்கைகள்

- நனோ மட்டத்தில் காபனை தடை அற்ற பதார்த்தமாக மாற்றமுடியும்.
- காபன் நனோ பதார்த்தத்தின் வலிமை உருக்கின் வலிமையை விடப் பன் மடங்கு அதிகமாகும்.

நனோ துணிக்கையின் மேற்பரப்பளவு

நனோ அளவான துணிக்கைகள் கொண்டுள்ள சிறப்பான பௌதிக இரசாயன இயல்புக்கு பிரதான காரணம் அத்துணிக்கைகளின் அளவும் அப்பதார்த்தத்தின் அலகு திணிவின் பரப்பளவும் சார்பளவில் உயர் பெறுமானத்தைக் கொண்டிருப்பதாகும். உதாரணமாக ஒரு பக்க நீளம் 1 cm ஆன வெள்ளி உலோகத்தின் தடிப்பைக்கருதுவோம். அதன்கனவளவு 1 cm^3 ஆவதுடன் பரப்பளவு 6 cm^2 ஆகும். இப் பரப்பளவு சவ்வு மிட்டாய் (சுவிங்கம்) நாடாவின் பரப்பளவின் பாதிக்குச் சமனாகும். 1 cm^3 ஆன வெள்ளிக் கனவுருவின் ஒருபக்க நீளம் 1 mm கொண்ட வெள்ளிக் கனவுருக்களை உருவாக்குவோமாயின் அதன் மொத்தப் பரப்பளவு பயிற்சிப் புத்தகத்தின் ஒரு பக்க பரப்பளவிற்குச் சமனாகும். 1 cm^3 கனவளவு கொண்ட கனவுருவை உருவாக்குவோமாயின் அதன் பரப்பளவு காற்பந்து மைதானத்தின் பரப்பளவின் மூன்றில் ஒரு பங்கையும் விட அதிக பெறுமானத்தைக் கொண்டிருக்கும். இவ்வாறு சிறிய திணிவுப் பதார்த்தம் பற்றி மேற்பரப்பளவை உள்ளடக்கும் நனோ அளவான சிறிய துணிக்கையாகக் காணப்படும் போது மாத்திரமே முடியும். மேலும் பெரிய அலகுகளாகக் காணப்படும் போது இவை கொண்டுள்ள இரசாயன பௌதிக செயற்பாடுகளை விட மாறுபட்ட செயற்பாடுகளை இவை காட்டுகின்றன.



உரு 16.9

நனோ அளவை எவ்வாறு அறிந்து கொள்வது?

உங்கள் விரலொன்று பல மில்லியன் நனோ மீற்றர் நீளமாகும். ஆகவே, உங்கள் திறந்த கைகளினால் அணுக்களை பெற்றுக் கொள்ளவோ அசைக்கவோ அல்லது கூரண ஒளி நுணுக்குக்காட்டியினால் பகீகவோ இயலா கறியமமும். இது 300 km நீளமான முள்ளுக்கரண்டியால் உணவை உட்கொள்ள முயற்சிக்கும் ஒருவருடைய பயனற்ற முயற்சிக்கு ஒப்பானதாகும்.

விஞ்ஞானிகள் நனோ அளவுத்திட்டத்திலுள்ள பொருள்களை “அவதானிப்பதற்கும்” அவற்றை ஒழுங்குபடுத்துவதற்கும் இலத்திரனியல் நுணுக்குக்காட்டிகளை அமைத்துள்ளனர். அணு விசை நுணுக்குக்காட்டி (Atomic Force Microscope - AFMs) அலகிலிடல் ஆய்வு நுணுக்குக்காட்டி (Scanning Probe Microscope - SPMs) அலகிலிடல் சுருங்கை நுணுக்குக்காட்டி (Scanning Tunnelling Microscope -STMs) என்பன அவற்றுள் சிலவாகும்.



உரு 16.10 ▲ இலத்திரன் நுணுக்குக்காட்டி



உரு 16.11 ▲ அணுசக்தி நுணுக்குக் காட்டி

நனோ பதார்த்தம்

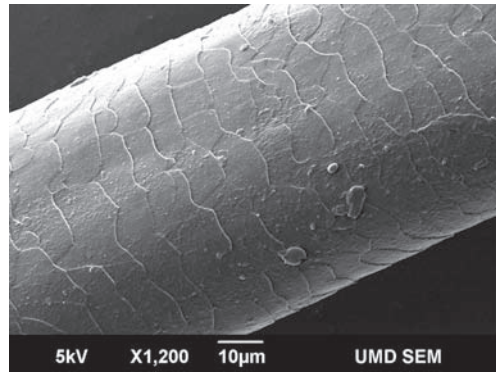
நனோ தொழில்நுட்பமும் அதனுடன் தொடர்பான புதிய உற்பத்திகளுக்கு மான அடிப்படை நனோ பதார்த்தங்களாகும்.

காபனை அடிப்படையாகக் கொண்ட நனோ பதார்த்தம்

பெற்றுக்கொள்ளக் கூடிய அநேக நனோ பதார்த்தங்களில் காபன் மூலகத்தை அடிப்படையாகக் கொண்ட நனோ பதார்த்தங்கள் பிரதான இடத்தைப் பெறுகின்றன. அவை கோல் வடிவம், பந்து வடிவம் அல்லது மெல்லிய தட்டு வடிவம் என்னும் வடிவங்களில் காணப்படுகின்றன.

காபனின் பிறதிருப்பங்கள்

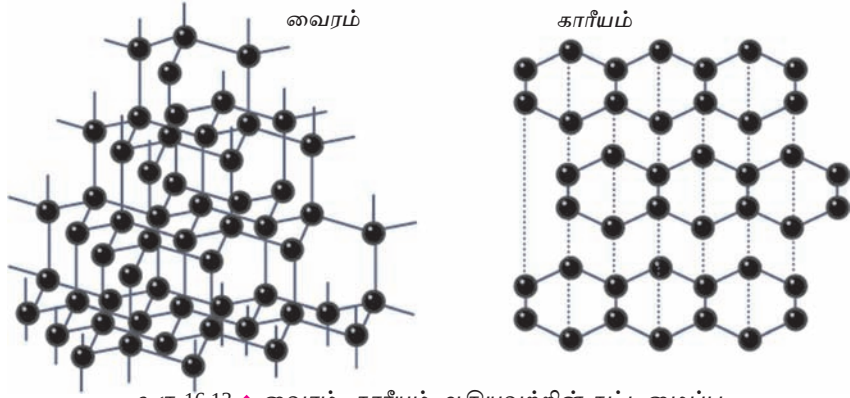
காபன் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று வேறுபட்ட பல்வேறு வகைகளில் காணப்படுகின்றது. காரீயம், வைரம் என்பவை அவற்றின் பிரதான இரு வகைகளாகும்.



உரு 16.12 ▲ இலத்திரனியல் நுணுக்குக்காட்டியினால் அவதானிக்கப்பட்ட மனித தலைமுடியின் விம்பம்

செயற்பாடு 16.2

- காபனின் பிறதிருப்பங்களான காரீயம், வைரம் என்பன தொடர்பான தகவல்களை சேகரியுங்கள். அத் தகவல்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு வகுப்பறையில் கலந்துரையாடல் ஒன்றை நடத்துங்கள்.



உரு 16.13 ▲ வைரம், காரீயம் ஆகியவற்றின் கட்டமைப்பு

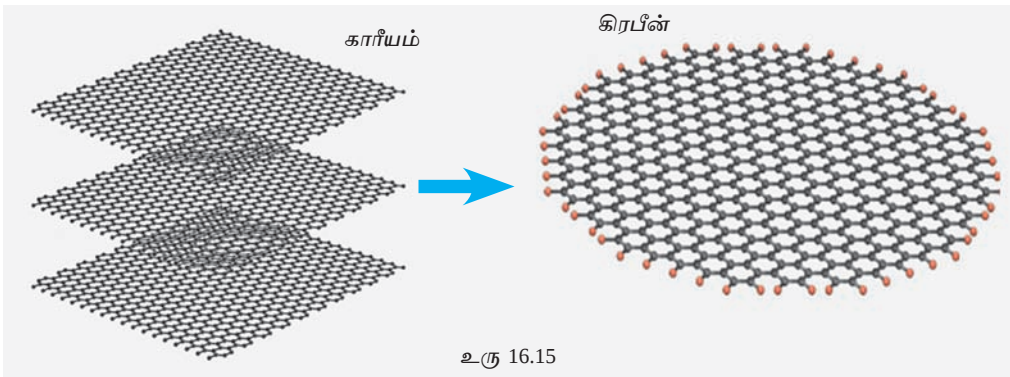
கிரபீன்

காரீயத்தின் படைநிலை அமைப்பைக் கொண்டது. இப்படைகளில் இருந்து படையொன்றை வேறு பிரித்தெடுப்பதற்கு விஞ்ஞானிகள் பல நூற்றாண்டுகளாக முயற்சி செய்துள்ளனர். மான்செஸ்டர் பல்கலைக் கழகத்தில் அன்ரி கெயிம் (Andri Geim) மற்றும் கொன்ஸ்ரன்டின நோவோசெலாவ் (Constantin Novoselov) ஆகிய விஞ்ஞானிகள் இருவர் காபனின் பல்படைக் கட்டமைப்பிலிருந்து ஒரு படையை வேறாக்குவதில் வெற்றி பெற்றனர்.



உரு 16.14 ▲ அன்ரிகெயிம், கொன்ஸ்ரன்டின நோவோசெலாவ் ஆகிய இரு விஞ்ஞானிகளும்

இது விஞ்ஞான துறையில் பெற்றுக் கொண்ட குறிப்பிடத்தக்க வெற்றியாகும். இப் புதிய கண்டுபிடிப்புக்காக 2011 ஆம் ஆண்டில் பௌதிகவியலுக்கான நோபல் பரிசு கிடைத்தது. இப்புதிய கண்டுபிடிப்புக்காக அவர்களுக்குத் தேவைப்பட்டது காரீயத்துண்டொன்றும் அழுக்க உணர்வு ஒட்டு நாடாவு (Scotch tape) மட்டும் தேவையானது. இது விஞ்ஞான வரலாற்றில் இன்னுமொரு விசேட நிகழ்வாகக் கருதப்படுகின்றது.

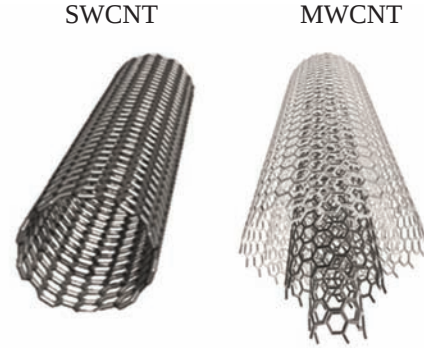


உரு 16.15

கிரபீன் என்பது 0.5 nm தனிப்படை கொண்ட காரீயத் தகடுகளாகும். அதிக மேற்பரப்பளவைக் கொண்டதன் காரணமாக அதற்கென சிறப்பான இயல்புகளைக் கொண்டுள்ளது. இது அதிக வாட்டத்தகு தன்மையையும் பொறிமுறை இயல்பையும் காட்டுகின்றது. மேலும் எதிர்வுகூற முடியாத இலத்திரனியல், மின் இயல்புகளையும் காட்டுகின்றது. அது தற்காலத்திலும் எதிர்காலத்திலும் இலத்திரனியல் துறையில் பரவலான பயன்பாட்டிற்கு உதவும் என எதிர்பார்க்கப்படுகின்றது.

காபன் நனோ குழாய்

கிரபீனின் தனிப்படை அல்லது பல படைகளை சுருட்டும்போது நனோ குழாய் பெறப்படுகின்றது. தனிப்படை கிரபீனைச் சுருட்டிப் பெறப்படும் குழாய் தனிச்சுவர் கொண்ட காபன் நனோகுழாய் (Single wall carbon nano Tube - SWCNT) என அழைக்கப்படும். பலபடைகளைச் சுருட்டிப் பெறப்படும் குழாய் பல்படைச் சுவர் காபன் நனோ குழாய் எனப்படும் (Multi wall carbon Nano Tube - MWCNT).



உரு 16.16

மேலதிக அறிவிற்காக

இலங்கையில் போகல, கஹடகஹ ஆகிய இடங்களில் உலகில் தரமான காரீயத் தாது கிடைக்கப்பெறுகின்றது. எனினும், இலங்கை அதற்கான பெறுமதிகளை நிர்ணயிக்காமல் மிகக் குறைந்த விலையில் பாரிய அளவான காரீயத்தை வருடாந்தம் ஏற்றுமதி செய்கின்றது. உலக சந்தையில் கிரபீன் கிராமொன்றின் விலை 100 அமெரிக்க டொலர்கள் ஆவதுடன் காபன் நனோ குழாயின் விலை 25 - 100 அமெரிக்க டொலர்கள் ஆகும்.

புளரீன்

மற்றுமொரு நனோ காபன் வடிவம் புளரீன் (Fullerene) ஆகும். காபன் அணுக்கள் ஏறத்தாள 60 அளவு கொண்ட காற்பந்து வடிவில் அமைக்கப்பட்ட மூலக்கூறாகும். அதன் விட்டம் 1 nm அளவானதாகும். புளரீன் மூலக்கூறின் மாதிரி ஒன்றை அமைப்பதற்கு செயற்பாடு 16.4 இல் ஈடுபடுவோம்.



உரு 16.17 ▲ தனி மற்றும் பல்படை நனோ குழாய்



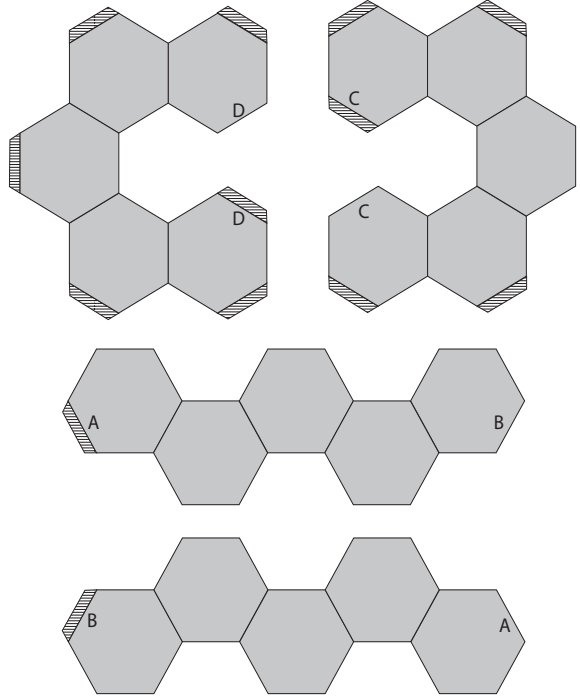
செயற்பாடு 16.4

தேவையான பொருள்கள் :

பசை, கடதாசி மட்டை (பிரிஸ்டல் போர்ட்)

செய்முறை :

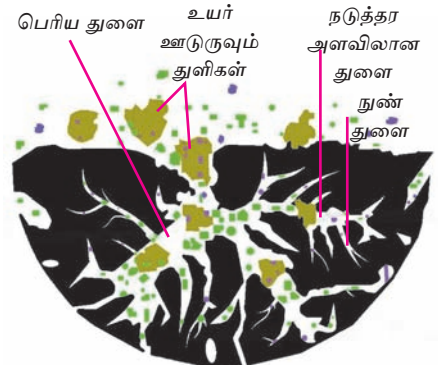
- உரு 16.19 இல் உள்ள ஒவ்வொரு உருவையும் பெரிதாக்கி நிழல் பிரதிகளைப் பெற்றுக் கொள்ளுங்கள். அதனை கடதாசி மட்டையின் மீது வைத்து வரைந்து வெட்டி உருக்களைப் பெற்றுக் கொள்ளுங்கள்.
- அவற்றை A - A, B - B, C - C, D - D ஆகிய விளிம்புகளை பசையைப் பயன்படுத்தி ஒட்டிக் கொள்ளுங்கள்.
- உங்களுக்கு சங்கிலி மற்றும் இரண்டு தகடுகள் கிடைக்கப் பெறும். ஒவ்வொரு தகட்டிலும் உள்ள 5 துண்டுகளும் சங்கிலியில் உள்ள ஐங்கோண விளிம்புகளுடன் ஒட்டிக் கொள்ளுங்கள்.
- நீங்கள் உருவாக்கியதன் மறுபக்கத்தையும் இவ்வாறே முழுமையாக்குங்கள்.



உரு 16.18

நனோ அளவு துளைகொண்ட உயிர்ப்பான காபன்

தேங்காய்ச் சிரட்டை, மரக்கறி, நிலக்கரி, பீற் ஆகிய மூலப்பொருள்களைக் கொண்டு தொழில்நுட்ப முறைகளைப் பயன்படுத்தி உயிர்ப்பான காபன் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது. நனோ அளவான உயிர்ப்பான காபன் துணிக்கைகள் அமைந்திருப்பதே இதன் சிறப்பியல்பாகும். உயிர்ப்பான காபன் 1 g கொண்டுள்ள மேற்பரப்பளவு 3000 m² ஆகும் இவற்றுக்கு அகத்துறிஞ்சும் ஆற்றல் அதிகமாகும். இதனால் குடிநீரை



உரு 16.19 ▲ உயிர்ப்பான காபனில் நனோ அளவுத் துணிக்கைகள் அமைந்துள்ள முறை

தூய்மைப்படுத்துவதற்கும் மாசடைந்துள்ள நீரிலுள்ள கழிவுகளை அகற்றுவதற்கும் உயிர்ப்பான காபனைப் பயன்படுத்துவோம்.

மருத்துவத்துறை, விவசாயம், இலத்திரனியல், வாசனைத் திரவியத் தொழிற்சாலை, பல்பகுதிய மாக்கல், உணவு, துணி ஆகிய பல்வேறு துறைகளுக்கு நனோ தொழில்நுட்பம் பயன்படுகின்றது.

16.3 நனோ தொழில்நுட்பத்தின் பயன்பாடு

நீண்டகாலமாக மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆராய்ச்சியின் விளைவாக எதிர்பார்க்கப்பட்ட, எதிர்பார்க்கப்படாத பயன்கள் நனோ தொழில்நுட்பவியலின் மூலம் கிடைக்கப் பெற்றுள்ளன. பாதுகாப்பு, தொடர்பாடல், சக்தி, உணவு, மருத்துவம், போக்குவரத்து, விவசாயம், ஆடைத்தொழில், பல்பகுதியங்கள், வாசனைத் திரவியம், இலத்திரனியல் ஆகிய பல துறைகளில் பல புரட்சிகரமான முன்னேற்றத்தை ஏற்படுத்துவதற்கு நனோ தொழில்நுட்பம் பங்களிப்புச் செய்துள்ளது. தெரிவுசெய்யப்பட்ட அவ்வாறான சில துறைகள் கீழே விபரிக்கப்பட்டுள்ளன.

வைத்தியத்துறை

- நனோ தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி புதிய நோய் நிதானிப்பு உபகரணங்கள் (diagnostic tools) உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இதன் மூலம் சிகிச்சையளிக்கும் சந்தர்ப்பங்களை அதிகரித்துக் கொள்ளவும் நோய்தீர்க்கும் (therapeutic) ஆற்றலை அதிகரிக்கவும் வாய்ப்பு ஏற்பட்டுள்ளது.



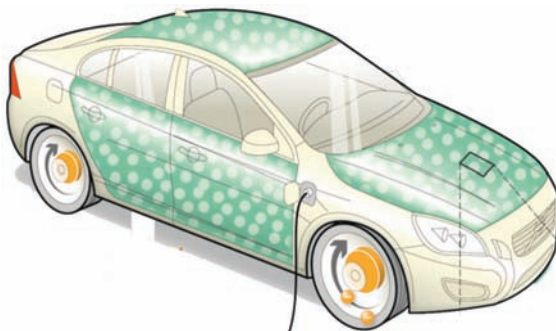
உரு 16.20 ▲ நோய்த்தாக்கத்தைக் குறைப்பதற்கும் சிகிச்சை அளிப்பதற்குமேன நனோ அளவிலான ரொபோ இயந்திரம்

- அத்தரோஸ்க்ளெரோஸிஸ் (Atherosclerosis) போன்ற நோய்களின் தாக்கங்களைக் சிகிச்சையளிப்பதற்கும் நனோத் தொழில்நுட்பம் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகிறது. அதில் ஒரு முறையாக உடலுக்கு நன்மை பயக்கும் கொலஸ்திரோல் வகையான HDL மூலக்கூறுகளுக்குச் சமனான நனோத் துணிக்கைகளை உடலகப்படுத்தி குருதிக் குழாய்களில் காணப்படும் கொழுப்புப் படைகள் அகற்றப்படுகின்றன.
- ஆரோக்கியமான இழையங்களுக்குச் சேதம் விளைவிக்காத வகையில் புற்று நோய்க் கலங்களுக்கு மாத்திரம் நேரடியாக சிகிச்சை அளிப்பதற்கான பல்வேறு கதிர்வீச்சு முறைகள் நனோ தொழில்நுட்பத்தினூடாக உருவாக்கப்பட்டு வருகிறது.
- நனோ தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி என்பு இழையங்கள் மற்றும் நரம்பு இழையங்கள் மீள உருவாக்கம் செய்யும் சிகிச்சை முறைகள் உருவாக்கப்பட்டு வருகின்றன.

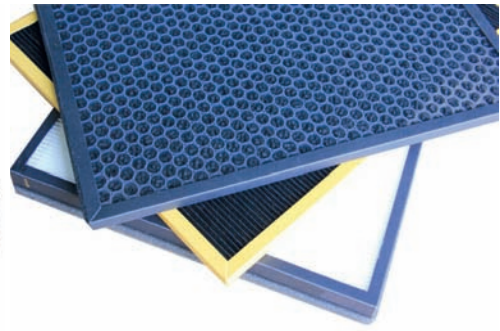
- ஊசிகளின்றி தடுப்பு மருந்துகளை உடலினுள் செலுத்துவதற்கும் தடிமன் போன்ற அடிக்கடி ஏற்படும் நோய்களுக்கான பொதுத் தடுப்பு மருந்துகளைப் பெற்றுக் கொடுப்பதற்கும் நனோ தொழில்நுட்பத்தின் உதவி பெறப்பட்டுள்ளது.
- தீங்கு விளைவிக்கும் சூரியக் கதிர்களிலிருந்து பாதுகாப்பைப் பெறுவதற்காக தோல் மீது பூசப்படும் களிம்புகளுடன் நனோ துணிக்கைகள் சேர்க்கப்பட்டு அதன் தரம் அதிகரிக்கப்பட்டுள்ளது.
- நோயாளிகளின் குருதியிற் காணப்படும் வெல்லத்தின் அளவையும் கொலஸ்திரோல் அளவையும் இலகுவாக அறிந்துகொள்வதற்காக நனோ தொழில்நுட்பம் பயன் படுத்தப்படுகிறது.

போக்குவரத்துத் துறை

- நனோ தொழில்நுட்பத்தின் மூலம் பாரமற்ற, எரிபொருள் சிக்கன, மோட்டார் வாகனம், ஆகாயவிமானம், படகு, அண்டவெளி இயந்திரங்கள் (விண்வெளி ஓடங்கள்) போன்றவற்றை உற்பத்தி செய்யலாம்.
- மோட்டர் வாகன தொழில் நுட்பத்தில் நனோ தொழில்நுட்பவியலைப் பயன்படுத்தி அதி சக்திகூடிய மின்னேற்றக் கூடிய மின்கலம், வெப்பநிலையைக் கட்டுப்படுத்தக்கூடிய உதிரிப்பாகங்கள், தேய்வடைதல் குறைவான ரயர், மெல்லிய சூரியப்படல், வினைத்திறன் கூடிய விலை குறைந்த உணரிகள் போன்றவை உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன.



உரு 16.21 ▲ உடற்பகுதி, நனோ மின்கலம் இணைக்கப்பட்ட மோட்டர் வாகனம்

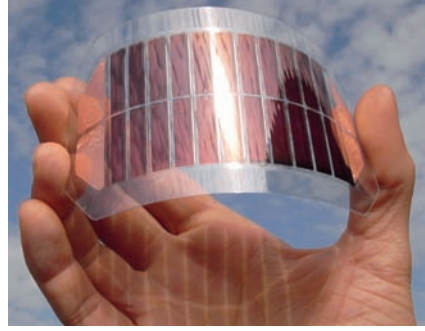


உரு 16.22 ▲ நனோ தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்ட மோட்டர் வாகன வளி பதனமாக்கி

சக்தி உற்பத்தி

- நனோ உயிரியல் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்ட நொதியங்களின் மூலம் மரத்தூள், சோளத்தண்டு, புல் போன்றவற்றிலுள்ள செல்லுலோசை எரிபொருளாகக் கொண்டு எதனோல் தயாரிக்கலாம்.
- மின்சக்தி ஊடுகடத்தப்படும் போது ஏற்படும் விரயத்தைக் குறைத்துக் கொள்வதற்கும் குறைந்த தடைப் பெறுமானங்களைக் கொண்டதும் இழுவைகளுக்குத் தாக்குப் பிடிக்கக்கூடியதுமான காபன் நனோ குழாய்களால் ஆக்கப்பட்ட மின் வடங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

- வினைத்திறன் கூடியதும் மலிவானதுமான சூரியப் படல்களை உற்பத்தி செய்வதற்காக நனோ தொழில்நுட்பம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எதிர்காலத்தில் சூரியப் படல்கள் வளைக்கக்கூடியவாறு அமைவதுடன் தாளொன்றில் அச்சிடக் கூடியவாறும் (paintable) வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன.



- நனோ தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி தயாரிக்கப்பட்ட கணினி உறைகள், ஆடைகள் என்பனவற்றில் பொருத்தக்கூடிய மிக நுண்ணிய சூரியப்படல்களை உருவாக்கி ஒளி, உராய்வு, உடல் வெப்பம் போன்ற விரயமாகும் சக்திகளிலிருந்து மின் சக்தியை உற்பத்திசெய்ய முடியும்.

உரு 16.23 ▲ அச்சிடப்பட்ட வளைக்கக்கூடிய சூரிய படல்கள்

இலத்திரனியல்

- கணினிகளுக்காகப் பயன்படுத்தப்படும் திரான்சிஸ்டர்களை உற்பத்தி செய்வதற்காக நனோத் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்துவதால் மிகவும் சிறியதும் விரைவாக இயங்கக்கூடியதுமான திரான்சிஸ்டர்களை உருவாக்கும் ஆற்றல் ஏற்பட்டுள்ளது. பொதுவாக திரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் அளவு 130 nm - 250 nm வரையானதுடன் 2014 இல் அதன் அளவு 14 nm ஆவதுடன் 2015 களில் 7 nm அளவிற்கு குறைந்து காணப்படுகின்றது.
- நனோ தொழில்நுட்பத்தினூடாக வளையக்கூடிய, சுருக்கக்கூடிய, சுற்றக்கூடிய மற்றும் இழுபடக்கூடிய, கழுவக்கூடிய, சூரிய சக்தியினால் இயங்கக்கூடிய இலத்திரனியல் துணைப்பாகங்களைத் தயாரிக்க முடியும். இதன்மூலம் மிக மெல்லிய பாரம்குறைந்த உடையாத் செயற்றிறன் கூடிய, கவர்ச்சிகரமான சூட்டிகை (smart) இலத்திரனியல் துணைப் பாகங்களைத் தயாரிக்கும் ஆற்றல் கிடைத்துள்ளது.
- நினைவகச் சில்லுகள் (memory chips) கேட்டல் உபகரணங்கள், பற்றீரியாவெதிர்ப்பு உறைகளுடனான விசைப் பலகைகள் (keyboards) மற்றும் செல்லிடப் பேசிகளுக்கான உறைகள் என்பன தயாரிப்பதற்காக நனோ தொழில்நுட்பம் பயன்படுத்தப்படும்.

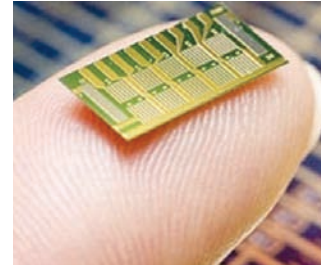


வளைக்கக்கூடிய சூட்டிகை தொலைபேசிகள்



செல்லிடப்பேசி உறை

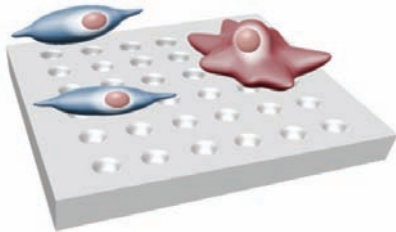
உரு 16.24



நினைவகச் சில்லு (memory chips)

நுகர்வுப் பதார்த்தங்களின் உற்பத்தி

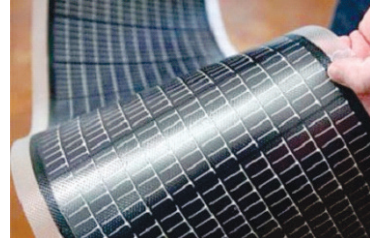
- நனோ தொழில்நுட்பத்துடன் கூடிய மூக்குக் கண்ணாடி, கணினி மற்றும் தொலைக்காட்சித் திரை, யன்னல், கதவுக் கண்ணாடிகள் போன்றவை கழிபூதா, செந்நிறக் கீழ் கதிர்கள் ஊடறுத்துச் செல்லாத, நீர் மற்றும் நுண்ணங்கிகள் தங்காத, சுயமாகத் தூய்மையடையும் ஆற்றலைக் கொண்டிருக்கும்.
- நனோ பல்பகுதியங்கள் இலேசான ஆனால் உறுதியான, நீடித்துழைக்கக் கூடிய விளையாட்டு உபகரணங்கள், தலைக்கவசம், மிதிவண்டி, வாகன உதிரிப்பாகங்கள், ஆயுதங்கள் என்பவற்றின் உற்பத்திக்கும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
- உயர்தரத்திலான அழுக்ககற்றிகள் மற்றும் வெளிற்றிகள், வளி வடிகட்டிகள், நீர் வடிகட்டிகள், பற்றீரியா நாசினிகள் மற்றும் கறைகளும் அழுக்குகளும் தேங்காத நிறப்பூச்சுகள் போன்ற மனை சார்ந்த பொருள்களை உற்பத்தி செய்வதற்கு வாய்ப்பு ஏற்பட்டுள்ளது.
- இயந்திரங்களுக்காகப் பயன்படுத்தப்படும் நனோ தொழில்நுட்பவியல் உராய்வு நீக்கி எண்ணெய், மேற்பரப்பின் மீதான பூச்சு (Nanostructured ceramic coatings) மூலம் அசையும் பகுதிகளின் தேய்வு, கீறல் என்பவற்றை குறைப்பதற்கும் ஆயுட்காலத்தை குறிப்பிடத்தக்களவு அதிகரிப்பதற்கும் முடியுமாக உள்ளது.
- குப்பைகள், தூசுகள், எண்ணெய்கள் போன்றன தேங்காத துணிகள் மற்றும் ஆடைகள் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன.
- நீர் சுத்திகரிக்கும் மத்திய நிலையங்களில் குறைந்த செலவில் விரைவாக நீரைச் சுத்திகரிப்பதற்காக நனோ தொழில்நுட்பம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதற்காக மிக மெல்லிய மென்சவ்வு உருவான வடிகட்டிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
- விமானத்தின் அறைகள் மற்றும் பிற இடங்களிலுள்ள தூசுகள், நுண்ணங்கிகள் போன்ற கழிவுகளை வடிகட்டி அகற்றுவதற்காக நனோத் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி தயாரிக்கப்பட்ட நனோ அளவிலான துவாரங்களைக் கொண்ட வளி வடிகட்டிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
- நனோ தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி சிறந்த தோற்றமுடைய, இழுபடக்கூடிய, மற்றும் நீடித்து உழைக்கக்கூடிய அலுமினியம், உருக்கு, தார், கொங்கிரீட் மற்றும் சீமெந்து போன்றன தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன.



நனோ பூச்சுடன் கூடிய
மேற்பரப்பு



நனோ தொழில்நுட்ப
கண்ணாடித் துண்டு



பற்றீரியா வெதிர்
உறைகளுடனான விசைப்பலகை

உரு 16.25



ஒப்படை 16.1

நனோ தொழில்நுட்பத்தின் பயன்பாடு தொடர்பான புத்தகங்கள், சஞ்சிகைகள், இணையம் என்பவற்றினூடாக தகவல்களைத் திரட்டி ஆக்கத்திறனுடைய சிற்றேடு ஒன்றைத் தயாரிக்க.

16.4 நனோ தொழில்நுட்பத்தினால் எதிர்காலத்தில் ஏற்படக்கூடிய நிலைமைகள்

எல்லாத் தொழில்நுட்பப் பிரயோகங்களின் போதும் ஏற்படுவது போன்று நனோ தொழில்நுட்பத்தின் போதும் பாதகமான விளைவுகள் ஏற்படக்கூடும்.

நனோ தொழில்நுட்பத்தின் விருத்தி மற்றும் பாவனை மலிந்து காணப்படும் நிலையில் இத்தகைய பாதிப்புகளும் படிப்படியாக அதிகரிக்கும். அத்தகைய சில பாதிப்புகள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன.

- நனோ தொழில்நுட்பத்தில் பயன்படுத்தப்படும் நனோ பரிமாணத் துணிக்கைகள் சூழலுடன் கலந்து வளி, நீர் மற்றும் மண்ணை மாசடையச் செய்தல். இது நனோ மாசடைதல் என அழைக்கப்படும்.
- நனோ துணிக்கைகள் மனிதர் மற்றும் விலங்குகளின் உடலினுட் செல்வதனால் சுகாதாரப் பிரச்சினைகள் தோன்றுதல்.
- நனோ பரிமாணத்துக்குரிய உபகரணங்கள் மலிந்து காணப்படும் போது சமூகச் சீர்கேடுகளும் அதிகரித்தல்.
- நனோ பரிமாணத்துக் குரிய இரசாயன அல்லது உயிரியல் யுத்தத் தளபாடங்களின் உற்பத்தி காரணமாக மோசமான அழிவுகள் ஏற்படலாம்.



உரு 16.26 ▲ நனோ கற்பனைப் போர்த் தளபாடங்கள்

நனோ தொழில்நுட்பம் மூலம் ஏற்படும் பாதிப்புகளைக் குறைத்துக் கொள்வதற்கான பல்வேறு விதிமுறைகள் சிபார்சு செய்யப்படலாம்.

- தகனத்தின் போது உருவாகும் பாதகமான வாயுக்கள் நனோ பரிமாண மென்றகட்டு வடிகட்டிகள் ஊடாக அனுப்பி புகைகளிலுள்ள நனோப் பரிமாண வளிமாசாக்கிகள் விடுவிக்கப்படுவதைத் தடுத்தல்.
- சூழல் மாசாக்கிகளுடன் இணையக்கூடிய நனோ பரிமாணத்துக்குரிய துணிக்கைகளைப் பயன்படுத்தி ஆசனிக் கு போன்ற நடுநிலை சூழல் மாசாக்கிகளை சூழலிலிருந்து அகற்றுதல்.

- பாதகமான வாயுக்களுக்கு உயர்திறனுடைய நனோ உணரிகளைப் பயன்படுத்தி அவ்வாயுக்களை அகற்றுதல்.
- நனோ தொழில்நுட்பத்தை தவறான நடவடிக்கைகளுக்காகப் பயன்படுத்தவதைத் தடுக்கும் வகையிலான சட்டதிட்டங்களை இயற்றி சட்டரீதியான பாதுகாப்பை வழங்குதல்.

நனோ தொழில்நுட்பம் தொடர்பான தகவல்களை இலங்கை நனோ தொழில் நுட்ப நிறுவனத்திலிருந்து (Sri Lanka Institute of Nano technology) பெற்றுக் கொள்ளலாம். இது மாஹேன்வத்தை, பிட்டிப்பனை, ஹோமாகமை எனுமிடத்தில் அமைந்துள்ளது.

தொலைபேசி இலக்கம். - 0114 650 500



உரு 16.27 ▲ இலங்கை நனோ தொழில்நுட்ப நிறுவனம்



பொழிப்பு

- ஒரு மீற்றரின் பில்லியனில் ஒரு பகுதி நனோமீற்றர் (nm) ஆகும்.
- நனோ அளவிலான துணிக்கைகளைப் பயன்படுத்தி பதார்த்தங்களையும் துணைப்பாகங்களை உற்பத்தி செய்தலும் அவற்றைப் பயன்படுத்தலும் நனோ தொழில்நுட்பம் என அழைக்கப்படும்.
- அங்கிகளின் கட்டமைப்பு, தொழிற்பாட்டு அலகான கலங்கள் சிறந்த இயற்கையான நனோ தொகுதியாகும்.
- தாமரை இலையில் நீர் ஒட்டாமல் இருப்பதன் காரணமாக சுயமாக தூய்மையாகும் ஆற்றலானது லோட்டஸ் விளைவு எனப்படும். இது நனோ தொழில்நுட்பத்தில் காணப்படும் ஓர் இயற்கை அதிசயமாகும்.
- நனையாத ஆடைகள், சுயமாகத் தூய்மையாகும் கண்ணாடி, சுயமாகத் தூய்மைப்படுத்தும் பூச்சு என்பன லோட்டஸ் விளைவின் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி ஆக்கப்பட்டவை ஆகும்.
- அணுக்களை உரிய முறையில் நிலைப்படுத்துவதன் மூலம் உயர்தரத்திலான உற்பத்திகளை மேற்கொள்வது நனோ தொழில்நுட்பத்தின் மூலம் நிகழ்கின்றது.
- பல்வேறு துறைகளில் வியக்கத்தக்க மாற்றங்களை ஏற்படுத்த நனோ தொழில்நுட்பம் பயன்படுகிறது.
- நனோ தொழில்நுட்பவியலைப் பிழையாகப் பயன்படுத்துவதனால் தீய விளைவுகள், அழிவுகள் ஏற்படலாம்.

பயிற்சி

1. நனோ மீற்றர்,
i. 10^{-3} m ஆகும். ii. 10^{-6} m ஆகும். iii. 10^{-9} m ஆகும். iv. 10^{-12} m ஆகும்.
2. பின்வருவனவற்றுள் லோட்டஸ் விளைவு தொழிற்படும் சந்தர்ப்பமாகக் கருதப்படுவது எது?
A. தாமரை இலையின் மேற்பரப்பின் மீது நீர் ஒட்டாதிருத்தல்
B. பூச்சிகளின் சிறகில் நீர் தங்காதிருத்தல்
C. சுயமாகத் தூய்தாக்குகின்ற பூச்சுகளின் (தீந்தை) மேற்பரப்பில் அழுக்கு தங்காதிருத்தல்
i. A மட்டும் ii. A யும் B யும்
iii. A யும் C யும் iv. A, B, C ஆகிய மூன்றும்
3. நனோ தொழில்நுட்பத்துக்காகப் பயன்படுத்தப்படுவது.
i. 1 nm அளவுள்ள துணிக்கைகள்
ii. 1 nm தொடக்கம் 10 nm வரை அளவுள்ள துணிக்கைகள்
iii. 1 nm தொடக்கம் 100 nm வரை அளவுள்ள துணிக்கைகள்
iv. 1 nm தொடக்கம் 1000 nm வரை அளவுள்ள துணிக்கைகள்
4. நனோ தொழில்நுட்பத்தை உலகிற்கு அறிமுகம் செய்தவர்.
i. எரிக் டெக்ஸ்வர் ii. அவ்பர்ட் ஐன்ஸ்டைன்
iii. பிரான்சிஸ் பேகன் iv. ரிச்சட் பேர்மன்
5. நனோ தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தும் போது ஏற்படக்கூடிய தீய விளைவுகளைக் குறைப்பதற்கான செயற்பாடாகக் கருதமுடியாதது.
i. நனோ தொழில்நுட்பப் பயன்பாட்டை மட்டுப்படுத்தல்
ii. நனோ வடிகட்டிகளின் மூலம் நனோ துணிக்கைகள் பரவுவதைக் குறைத்தல்.
iii. நனோ ஆயுத உற்பத்திக்கு எதிராகச் செயற்படல்
iv. நனோ உணரிகளைப் பயன்படுத்தி வளியில் உள்ள துணிக்கைகளின் அளவைப் பரீட்சித்தல்

6.

- i. நனோ மீற்றர் எனப்படுவது மீற்றரின் பங்கு ஆகும்.
- ii. தாமரை இலையின் மேற்பரப்பின் மீது உள்ள நீர் ஒட்டாத தன்மை காரணமாக சுயமாகத் தூய்மையாகின்ற இயல்பு எவ்வாறு அழைக்கப்படுகின்றது?
- iii. நனோ தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்துகின்ற இரு துறைகளைக் குறிப்பிடுங்கள்.,
- iv. நனோ தொழில்நுட்பம் பயன்படுத்தப்பட்ட, அன்றாடம் காணக்கூடிய இரு உற்பத்திகளைப் பெயரிடுக.,
- v. நனோ தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்துவதால் ஒரு நாட்டுக்கு ஏற்படக்கூடிய தடைகள் இரண்டைக் குறிப்பிடுக.,

7. நனோ தொழில்நுட்ப எழுச்சியானது உலகின் ஐந்தாவது கைத்தொழிற்புரட்சியாகக் கருதப்படுகின்றது. இதனூடாக மனிதன் பெறக் கூடிய பயன்களுள் தற்போது மிகச் சிறிய அளவே பெறப்பட்டுள்ளது.

- i. நனோ தொழில்நுட்பம் என்றால் என்ன?
- ii. நனோ தொழில்நுட்பத்தை உலகிற்கு அறிமுகப்படுத்தியவர் யார்?
- iii. சூழலில் காணக்கூடிய இயற்கையான நனோ தொகுதிகள் இரண்டைப் பெயரிடுக
- iv. லோட்டஸ் விளைவு என்றால் என்ன என்பதை விளக்குக.
- v. லோட்டஸ் விளைவு பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள இரு உற்பத்திகளைப் பெயரிடுக.
- vi. நனோ தொழில்நுட்பத்தில் பிரதானமாகப் பயன்படுத்தப்படும் மூலப் பொருள் எது?

கலைச்சொற்கள்

நனோ மீற்றர்	- Nanometer
நனோ தொழில்நுட்பம்	- Nanotechnology
நனோ துணிக்கைகள்	- Nanoparticle
லோட்டஸ் விளைவு	- Lotus effect
தொழிற்படும் காபன்	- Activated carbon
புளரீன்	- Fullerene
கிரபீன்	- Graphene