

## கலையங்கம்

- தமிழில் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பம் : துணைவேந்தர்களுக்கெல்லாம் ஒரு முன்னோடி... முனைவர் வா.செ. குழந்தைசாமி! ..... 5  
பேரா. பெ. இராமசாமி

## சிறப்புக் கட்டுரை

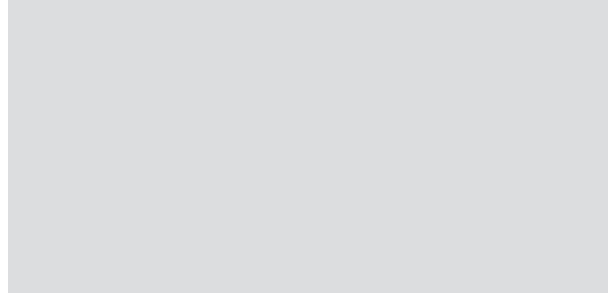
- ஆய்வாளர்களுக்கு ஓர் அவசர வேண்டுகோள்! ..... 9  
முனைவர் கி. குணசேகரன்
- சுப்பிரமணியன் சந்திரசேகர்..... 11  
செந்தில்குமார் சந்திரன், பெ.இராமசாமி

## ஆய்வுக் கட்டுரைகள்

- வெப்பகரைப்பான் முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட காட்மியம் சல்பைடு / டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு (CdS/TiO<sub>2</sub>) மீநுண்தொகுப்பின் கட்டமைப்பு, புறவடிவமைப்பியல் மற்றும் ஒளிவினையூக்கச் செயல்பாடுகளின் புலனாய்வு ..... 18  
பா.கோமதி தங்க கீர்த்தனா, ப.முருகசுந்தரன்
- நேர்ச்சார்பிலா பொருள் வகையைச் சார்ந்த கரிம I - ஆர்ஜினினியம் டைஃபீனைல் அசிடேட்டின் கருவாக்க செயல்பாட்டியல் ..... 25  
ப. விவேக், ரோ.மு. ஜாகர்
- கிளைசின் குளுடாரிக் அமில தனி படிகத்தின் வெப்ப இயக்க அளவுருக்களை மரபார்ந்த அணுக்கரு கோட்பாடு மற்றும் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு மூலம் ஆராய்தல் ..... 31  
சு. இராமா
- 2-அமினோ பிரிடினியம் டைபினைல் அசிடிக் அமில தனி படிகத்தின் வளர்ச்சி கட்டமைப்பு, ஒளி, திடநிலை மாறிலிகள் மற்றும் FMO ..... 42  
ரோ.மு. ஜாகர், இரா.பாவை, ஜி.வினிதா, பி.முருகசுந்தரன்
- குரோமியம் கலப்பீடு செய்யப்பட்ட PbWO<sub>4</sub> மீநுண்துகள்கள் கட்டமைப்பு சேர்மங்களின் ஒளியியல் மற்றும் கந்தப் பண்புகள் ..... 49  
மு. முரளிதரன், க. சிவகுமார், கி. சிவாஜி
- மூன்றாம் தலைமுறை சூரிய மின்கலத்தில் (DSSCs) எதிர் மின்வாய் (CE) பொருட்களைப் பற்றிய கண்ணோட்டம் ..... 56  
விஜயகுமார், செந்தில்பாண்டியன், பெ. இராமசாமி
- செக்ரால்ஸ்கி படிக வளர்ப்பு தொழில்நுட்பத்தின் வரலாறும் மேம்பாடுகளும் ..... 66  
மு. அறிவானந்தன்
- சமோரியத்தின் சேர்க்கையால் இடரியம் ஆக்சைடு மீநுண் படிகங்களின் கட்டமைப்பு மற்றும் ஒளியியல் பண்புகளின் மாற்றங்கள் ..... 75  
பா. ஆனந்தன், சே. தீவ்யா, து.சரவணன், ம.காரல் சின்னு, மு. அறிவானந்தன்

## பொதுக் கட்டுரை

- தமிழில் கட்டற்ற கலைக்களஞ்சியங்கள் : உள்ளடக்க மேம்பாடு ஓர் ஆய்வு ..... 82  
முனைவர் மா. தமிழ்ப்பரிதி
- அறிவியல் கலைச்சொற்கள் ..... 88  
பொ. ஜெகதீஸ்வரன், வி. நடராஜன்

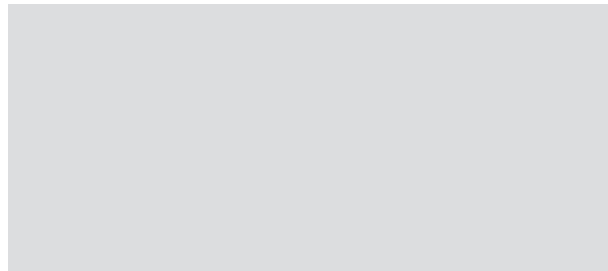


பிறநாட்டு நல்லறிஞர் சாத்திரங்கள்  
தமிழ்மொழியிற் பெயர்த்தல் வேண்டும்  
இறவாத புகழுடைய புதுநூல்கள்  
தமிழ்மொழியில் இயற்றல் வேண்டும்  
மறைவாக நமக்குள்ளே பழங் கதைகள்  
சொல்வதிலோர் மகிமை இல்லை  
திறமான புலமையெனில் வெளி நாட்டோர்  
அதைவணக்கஞ் செய்தல் வேண்டும்.

– மகாகவி பாரதியார்

அணுவைப் பிளந்து ஏழ்கடலைப் புகுத்தி  
குறுகத் தரித்த குறள்.

– ஓளவையார்



# தமிழில் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பம்: துணைவேந்தர்களுக்கெல்லாம் ஒரு முன்னோடி... முனைவர் வா.செ. குழந்தைசாமி!



**பேரா. பெ. இராமசாமி**

(நிறுவனர், முன்னாள் இயக்குனர், படிக்கவளர்ச்சி மையம் – அண்ணா பல்கலைக்கழகம்)  
முன்னாள் துணைவேந்தர், அழகப்பா பல்கலைக்கழகம்

பெருமைக்குரிய முன்னாள் அண்ணா பல்கலைக்கழக துணைவேந்தர் வா.செ.குழந்தைசாமி அவர்கள்,

**தோன்றின் புகழோடு தோன்றுக அஃதிலார்**  
**தோன்றலின் தோன்றாமை நன்று** என்ற வள்ளுவனின் ஈரடி குறளுக்கு இலக்கணமாய் வாழ்ந்தவர். அண்ணா பல்கலைக்கழகத்தில் நான் பணிபுரிந்த காலகட்டத்தில் அவர் துணைவேந்தராக பதவியேற்றார். பன்முகத் திறமைவாய்ந்த, திறமையின் மீது மட்டுமே அதீத நம்பிக்கை கொண்ட அரிதான மனிதர் ஒருவர் அண்ணா பல்கலைக்கழக துணைவேந்தர் பொறுப்புக்கு வந்தது ஒரு வரப்பிரசாதமே ஆகும்.

அவர் அப்பொறுப்பை ஏற்றவுடன் அண்ணா பல்கலைக்கழகம் உலகளவில் உயர்ந்தநிலைக்கு வர எவற்றையெல்லாம் செய்ய வேண்டுமோ அவற்றையெல்லாம் செய்து முடிக்க அதற்கான அனைத்து முயற்சிகளிலும் ஈடுபட்டார். திறமைமிக்கவர்களை தேடிப்பிடித்து அழைத்து வந்து பொறுப்புகளை வழங்கி பல வியக்கத்தக்க செயல்களை செய்தார். இவர் பொறியியல் துறையில், ஆசிரியராக, ஆராய்ச்சியாளராக, உயர்நிலை நிர்வாகியாகப் பணிபுரிந்து வந்தவர் எனினும், பொதுவாக இலக்கியத்திலும், குறிப்பாக அறிவியல் தமிழில் ஆர்வமும்

ஈடுபாடும் உடையவராகவே கடைசிவரை விளங்கினார். அண்ணாப் பல்கலைக்கழகத்தில் பல துறைகள் அவரின் அரிதான முயற்சியால் வளர்ந்திருந்தாலும் கூட, இன்றைய சூழலில் நாடு முழுவதும் பட்டி தொட்டிகளில் உள்ள கல்லூரிகளிலெல்லாம் படிக்க வளர்ச்சி பற்றிய ஆய்வு அபாரமாக நடந்து கொண்டிருப்பதற்கு அண்ணா பல்கலைக்கழக படிக்க வளர்ச்சி மையமே காரணம் என்றால் மிகையாகாது. அத்தகைய சிறப்புமிகு படிக்க வளர்ச்சிமையத் திற்கு அடித்தளமிட்டவர் பெருமைக்குரிய பத்ம பூசன் வா.செ.குழந்தைசாமி அவர்களே ஆவார்.

என்னைப்போன்ற சாதாரண ஆசிரியர்களையும் சரித்திர நிகழ்வுகள் பல நிகழ்த்தி காட்ட உந்து சக்தியாக இருந்து வழி காட்டியவர். அண்ணா பல்கலையில் படிக்க வளர்ச்சி மையம் என்னால் நிறுவப்பட்டு சில ஆய்வுகள் செய்து கொண்டிருந்தபோது ஆராய்ச்சி மீதான என்னுடைய ஆர்வத்தையும் அயராது உழைப்பையும் கேள்விப்பட்டு என்னை அழைத்தார். நான் ஆர்வத்துடன் அவரது அறைக்குள் நுழைந்தவுடன் என்னை அமரவைத்து படிக்கவளர்ச்சி மையத்திற்கு அத்தியாவசிய உபகரணம் ஏதாவது தேவையா என்று கேட்டார். நான் உடனடியாக X-கதிர் விளிம்புவிளைவு உபகரணம் வேண்டும்

என்றேன். என்ன விலை என்று கேட்டார். அன்றைய சூழலில் மிகபெரும் பணமாக கருதப்பட்ட பதினைந்து இலட்சம் ரூபாய் ஆகும் என்றேன். புதிதாக வந்துள்ள துணைவேந்தர் ஏதோ கேட்க வேண்டும் என்பதற்காக கேட்கிறார் என்று நினைத்து கொண்டு அந்த சந்திப்பால் எந்த பெரிய பயனும் கிடைக்கப்போவதில்லை என்று நினைத்தேன். ஆனால் அடுத்த இரண்டு நாட்களில் பல்கலைக்கழக நிதித்துறை அலுவலகத்தில் இருந்து எனக்கு தொலைபேசி மூலம் அழைப்பு வந்தது. ஆம்! X-கதிர் விளிம்புவிளைவு உபகரணம் வாங்க உடனடியாக நடவடிக்கை எடுக்குமாறு துணைவேந்தர் உத்தரவிட்டு உள்ளதாக சொன்னார்கள்.

எனக்கு ஆச்சிரியமும் அதிசயமுமாய் இருந்தது. அண்ணா பல்கலைக்கழகம் தொடங்கி இரண்டாவது துணைவேந்தராக நியமிக்கப்பட்ட வா.செ.குழந்தைசாமி அவர்கள், குழந்தையாக இருந்த பல்கலைக்கழகத்தை தன்னுடைய கூர்மிகு அறிவாலும், அசராத நம்பிக்கையாலும் தாலாட்டி சீராட்டி தன்னிகரில்லா பல்கலைக்கழகமாக மாற்றும் பொறுப்பு உள்ளது என்பதை உணர்ந்திருந்தார். ஆம்! திறமைகள் எங்கிருந்தாலும் தேடிச்சென்று கவரவித்த அவர், தற்போதைய பாரதரத்னா சி. என். ஆர் ராவ் அவர்களை ஒருமுறை அண்ணா பல்கலைக்கழகத்திற்கு அழைத்து வந்து பல்கலைக்கழக ஆராய்ச்சி தொடர்பான அதிவேக வளர்ச்சிக்கு அவரிடம் ஆலோசனை பெற்ற வா.செ.குழந்தைசாமி அவர்கள், என்னை சி.என்.ராவ் அவர்களுக்கு அறிமுகப்படுத்தி படிக்கவளர்ச்சி மையம் மேலும் சிறப்புற வழிவகை அமைத்து கொடுத்ததோடு, அம்மையத்திற்கு பல்கலைக்கழக மானிய குழுவின் (டி.ஜி.சி) அங்கீகாரம் பெறவும் உதவி செய்தார்.

மேலும் வா.செ.குழந்தைசாமி அவர்கள் நம் தேசத்தின் மாணிக்கமாக நம்மால் போற்றப்படும் அப்துல் கலாம் அவர்களை படிக்கவளர்ச்சி மையத்திற்கு அழைத்துவந்து பார்வையிட செய்தார். அப்போது கலாம் அவர்கள் படிக்க வளர்ச்சி மையத்தை பார்த்துவிட்டு இது வெறும்

ஆய்வு மையம் மட்டுமல்ல, இது ஒரு படிக்க வளர்ச்சி தொழிற்சாலை போல் உள்ளது என புகழாரம் சூட்டினார். அத்தோடு என் தேடல்களுக்கு உணவளிக்கும் வகையில் சீனாவில் நடைபெற்ற ஒரு மிகபெரும் லேசர் பற்றிய நிகழ்வில் பங்குபெற லேசர் துறை ஆராய்ச்சிக்கு பெயர்போன RRCAT-ன் அன்றைய இயக்குனர் டி.டி.பவால்கர் தலைமையில் அமைக்கப்பட்ட விஞ்ஞானிகள் குழுவில் என்னையும் இடம்பெற வைத்தார். அறிவியலை இருபத்தொன்றாம் நூற்றாண்டின் அதிசயமாய் கருதப்பட்ட தொழில்நுட்பத்துடன் இணைக்க அரும்பாடுபட்டவர்.

அதற்கு ஒரு உதாரணமாய், படிக்கவளர்ச்சி மையத்தின் இயக்குனராக இருந்த என்னை தொழிலதிபர் பொள்ளாச்சி என்.மஹா லிங்கத்துடன் அறிமுகப்படுத்தி வைத்து என் உதவியுடன் நாட்டிலேயே முதன் முறையாக தொழிற்சாலையில் பச்சைநிறகல்(அலுமினா படிக்கம்) வளர்க்க வழிவகை செய்தவர். இது போன்ற பல்கலைக்கழகம் சார்ந்த பல துறைகளின் வளர்ச்சிக்கு முதன்முயற்சி எடுத்துக்கொண்டிருந்த வேளையில், கற்றல் சார்ந்த துறையிலும் புதுமையை புகுத்த முனைந்தார்.

அதாவது, அறியாதவற்றை அறிய வைப்பது கல்வி துறைகள் (Departments), அக்கல்வியோடு சிந்தனை வளம் பெருகி பல புதுமைகளை கண்டறியும் முனைப்பை ஏற்படுத்தும் ஆய்வு மையங்கள் (Centres), இவ்விரண்டின் உதவியுடன் பல்கலைக்கழகங்களுக்கு உள்ளேயே உற்பத்தியாகும் தொழில்நுட்பங்கள் (Institute of Technology) என மூன்று முக்கிய பிரிவுகளை உள்ளடக்கியவையாக இருப்பதே சிறந்த பல்கலைக்கழகமாக இருக்க முடியும் என்ற கோட்பாட்டை செயல்படுத்தி வெற்றிகண்டவர்.

இன்றைய சூழலில் பல ஆராய்ச்சி மையங்கள் மற்றும் தொழில்நுட்ப நிறுவனங்கள் உருவாக அவரே முக்கிய காரண கார்த்தா ஆவார். இந்தியாவில் முதன் முறையாக, அண்ணா பல்கலைக்கழக படிக்க வளர்ச்சி மையத்தில் GaAs, InP போன்ற படிக்கங்கள் வெற்றிகரமாக

வளர்க்கப்பட்டதன் மூலம், இவ்வையாகயான படிக்கங்கள் வளர்க்கும் உலகநாடுகளில் இந்தியா ஏழாவது நாடாக சேர்ந்தது. இக்காலகட்டத்தில் தான் இத்தாலியில் உள்ள ICTPயில் ஒரு அங்கமாக அண்ணா பல்கலைக்கழக படிக்க வளர்ச்சி மையமும் சேர்ந்தது. இத்தகைய பேரும் புகழும் அண்ணா பல்கலைக்கழக படிக்க வளர்ச்சி மையம் பெற முக்கியமானவராக பேரா.வா.செ.குழந்தைசாமி திகழ்ந்தார். மேலும் இக்காலகட்டத்தில் தான் ஈரான் நாட்டின் கராசாமி சர்வதேச விழா விருது, யுனஸ்கோ நிறுவனத்தின் நீல்ஸ்போர் தங்கப்பதக்க விருது போன்ற பல சர்வதேச விருதுகள் எனக்கு கிடைத்தன.

உயர் கல்வியை தாய்மொழி வழியில் கற்பிக்க வேண்டும் என்ற அவரின் கனவை உணர்ந்த நான் படிக்கவளர்ச்சி சார்ந்த பல புத்தகங்களை ஆங்கிலத்தில் எழுதியதோடு அவற்றை தமிழிலும் எழுதி அவருக்கு சமர்ப்பணம் செய்தேன். பிற்காலத்தில் நான் அழகப்பா பல்கலைக்கழக துணைவேந்தராக பொறுப்பேற்றபோது, நான் அவரிடம் கற்ற, அவரால் கற்பிக்கப்பட்ட பல நிர்வாகம் சார்ந்த பல அரும்பெரும் அனுபவங்கள் எனக்கு சிறப்பாக செயல்பட உதவியது என்பதை பெருமையுடனும் நன்றியுடனும் கூறிக்கொள்ள விளைகின்றேன். என் வாழ்நாள் முழுவதும் எனக்கு முன்மாதிரியாய் ஏற்றுகொண்ட வா.செ. குழந்தைசாமி அவர்களுக்காக கவிதை வடிவில் ஓர் புகழ் அஞ்சலி செலுத்துகிறேன்.

**வாங்கலாம்பாளையம் என்ற சிற்றூர் பெற்றெடுத்த**

**பெருமைக்குரிய குழந்தைசாமி அவர்களே!**

**இந்தியாவில் பிறந்து இமயமென வளர**

**ஜெர்மனி, அமெரிக்கா என பலநாடுகளில் உயர்கல்வி கற்று**

**உன்னதமான முனைவர் பட்டம் பெற்று உலாவந்த போதிலும்**

**உயர்திரு தாய் நாட்டிற்காக, தாய் மொழிக்காக உழைக்க**

**உன்னையே அர்ப்பணித்து கொண்ட நீ**

**நீர்வளத் துறையில் பணியில் சேர்ந்தாய்.**

**உன் ஆய்வுத் திறமையால்**

**நீ கண்டுபிடித்த "குழந்தைசாமி மாதிரி" யானது**

**நீர்வளத் துறையில் என்றென்றும் சிறப்புடையதன்றோ ?**

**நீ நினைத்திருந்தால் உலகமே போற்றும்**

**அறிவியல் மேதையாகி இருக்க முடியும்**

**அதற்கான வாய்ப்புகள் பல உன்னைத்தேடி வந்தும்**

**அவற்றையெல்லாம் துச்சமாய் துறந்து**

**அண்ணா பல்கலைக்கழக துணைவேந்தராய் பொறுப்பேற்று**

**தமிழ்நாட்டின் கல்வி புரட்சிக்காக அரும்பாடுபட்டாய்**

**தமிழகத் தொழில் நுட்பக் கல்வி இயக்குநர்**

**நீர்வளத்துறையில் ரூகூநூளுண்ட வல்லுநரென**

**எத்தனை எத்தனை பொறுப்புகள் வகித்தாலும்**

**உந்தன் அமைதியான குணமும் அதிசயமிகு இலட்சியமும்**

**உன்னை போன்ற சிலருக்கே**

இலக்கிய தமிழிலும் தனிமுத்திரை படைத்தாய்  
 சங்க காலத்தில் தமிழை இயல் இசை நாடகம் என  
 மூன்றாய் பிரித்து முன்னோர்கள் வளர்த்தனர்  
 நீயோ நான்காவதாய் "அறிவியல் தமிழ்" என்னும் அற்புதத்தை  
 ஞானத் தமிழுக்கு உரமிட்டு அதிசயம் செய்தாய்.  
 அறிவியல் தொழில்நுட்பமோ அழகுத்தமிழோ  
 உந்தன் அணிகலன் ஆனாலும்  
 அதிசயமிகு துணைவேந்தராய் அண்ணா பல்கலைக்கழகத்துக்கு  
 நீ செய்த அதிசயங்களை கண்டு  
 ஆசிய துணைகண்டமே வியந்து  
 அதிசமிகு உயர்ந்த பல பொறுப்புகளோடு  
 பட்டங்களும் பதவிகளும் பாசம் கொண்டு  
 உன்னை தேடி தேடி வந்து நேசம் கொண்டது  
 எத்தனை அரியாசனைகள் உனக்கு கிடைத்தாலும்  
 கர்வம் என்பதே கடைசிவரை இல்லாமல்  
 எளிமையே உந்தன் அடையாளமென  
 வாழ்ந்த நீ வான்புகழ் வள்ளுவனின்  
 உள்ளுவது எல்லாம் உயர்வுள்ளல்  
 என்ற குறளுக்கு இலக்கணமாய் வாழ்ந்து  
 அக்குறளுக்கு இலக்கணமாய் எங்களையும் வாழவைத்த நீ  
 உந்தன் ஊண்உடல் மறைந்தாலும்  
 அதிசயமிகு உந்தன் உயர்மிகு கனவுகளோடு  
 உந்தன் நினைவுகள் எங்களோடு என்றும் உறவாடும்  
 தன்னிகரில்லா இலட்சியவாதியான உந்தன் புகழ்  
 இவ்வுலகம் உள்ளவரை உயிர் வாழும்  
 வாழ்க உந்தன் புகழ்!  
 வெல்க வெல்கவே நீ கனவுகண்ட இலட்சியம்!  
 ஜெயஹிந்த்!

# ஆய்வாளர்களுக்கு ஓர் அவசர வேண்டுகோள்!

முனைவர் கி. குணசேகரன்  
நிர்வாக ஆசிரியர்

தமிழகத்தில் உயர்கல்வி கற்று தேர்ந்து, உலகில் பல நாடுகளிலும் கல்வி, ஆராய்ச்சி, தொழில்நுட்ப மற்றும் கணினி துறைகளில் நம்மவர்கள் பெரும் பணிகள் செய்து சாதித்திருக்கிறார்கள் மற்றும் சாதித்திருக்கொண்டிருக்கிறார்கள். அவர்களில் குறிப்பிடும்படியான அளவினர் இளநிலை கல்லூரிக் கல்வி வரையிலும், பெரும்பாலானோர் பள்ளி கல்வி வரையிலும் தமிழில் கற்றவர்கள் என்பது உண்மையல்லவா?

தமிழில் அவ்வாறு கற்றிருந்தாலும் உலகளவில் உள்ள ஏனைய நாடுகளில் அறிஞர்களோடும், அந்நாட்டு பொது மக்களோடும் தடையின்றி கலந்து மேலும் மேலும் தாம் சார்ந்த துறைகளில் முன்னேறியபடியே உள்ளனர்.

இயற்பியல், வேதியியல், கணிதம், கணினி யியல் மட்டுமின்றி மூலக்கூறு உயிரியியல், நோய் எதிர்ப்பியல், மரபியில், வடிவ உயிரியல், அதிகடத்து மின்னியல், அதிகடத்து காந்தவியல், மனித இயந்திரவியல் மற்றும் செயற்கை அறிவாற்றல் போன்ற எல்லா துறைகளிலும் தங்களின் முத்திரை பதித்து வருவதும் நாம் அறிந்ததே.

ஒரு கவிதையையோ, காவியத்தையோ அல்லது புதினத்தையோ வாசிப்பவரின்

தாய் மொழி வேராக உள்ளபோது, அந்த படைப்பு உருவான புவியியல் மற்றும் சூழலை புரிந்துகொள்ள வேண்டியது அவசியமாகிறது. ஆனால் கணிதம் மற்றும் அறிவியல் சார்ந்த படைப்புகளை புரிந்துகொள்ள இப்படிப்பட்ட தடைகள் ஏதும் இல்லை என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. மேலும் அறிவியல் விளக்கங்களை தாய் மொழி வாயிலாக வழங்கும்போது, சர். சி.வி.இராமன் குறிப்பிட்ட படி அறிஞர்களல்லாத பெருவாரியான பொதுமக்களும் புரிந்துகொண்டு தங்கள் பங்களிப்பினை செய்ய வழிவகுக்கும். தாய் மொழி வாயிலாக கற்கும்போது உள்ள நன்மைகளையும் பின்நாளில் மேல் ஆராய்ச்சிக்கு வித்திடுவதாகவும் பல நாடுகளில் கடைபிடிப்பது கண்டு பாராட்டுகின்றோம்.

பிரான்ஸ், ஜெர்மனி, ஐப்பான் மேலும் ரஷ்யா போன்ற நாடுகளில் தாய்மொழி வழி கல்வி முறை நடைமுறையில் உள்ளதும் மற்றும் பிற தென் அமெரிக்க, தென் ஆப்ரிக்க நாடுகளில் மாணவர்கள், ஆசிரியர்களை மையமாக கொண்டு செய்யப்பட்ட தீவிரமான, தீர்கமான ஆய்வுகள், கருத்துருக்களை (concept) புரிந்துகொள்ளல் மற்றும் இருவேறு கருத்துருக்களை தொடர்புபடுத்திபுதுதீர்வுகளை காணும் திறனை தாய்வழி கல்வி கொடுக்கிறது என்பதையும் வெளிப்படுத்துகின்றன.

உங்களுக்கு நினைவிருக்கலாம். ஒரு சில பத்தாண்டுகளுக்கு முன்பெல்லாம் ஐப்பான் என்றால் குள்ளம் என்று குறிப்பிடுவது வழக்கம். தற்போது அந்த நிலை மாறி உள்ளதையும், அதற்காக அந்த அரசு எடுத்த பல வித்திகள் உணவில் சில தனிமங்கள் இருப்பதை கட்டாயப்படுத்தி நிலையை மாற்றி நாட்டுக்கு பெருமை சேர்த்ததையும் மறந்திருக்க மாட்டோம். ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையை மாற்றவோ அல்லது மேம்படுத்தவோ சில பல மாற்றங்களை படிபடியாக செயல்படுத்த வேண்டியது மிக அவசியமாகிறது.

தாய் மொழி வழி கல்வி குறிப்பாக அறிவியல் கல்வி குறித்த விழிப்புணர்வு வெகுவாக பரவி இருந்தாலும், பல நடைமுறை சிக்கல்கள் காரணமாக இன்னமும் குறிப்பிடத்தக்க அளவில் தீர்வுகிடைக்கவில்லை என்பதே உண்மை. ஓரளவு பாடபுத்தகங்கள் தமிழில், பல அறிஞர்களின் பெரும் உழைப்பால் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. அவர்களின் தீவிர முயற்சி மற்றும் சிரத்தையை எவராலும் மறுக்க முடியாது. இருப்பினும் உயர் கல்வி நிலையில் குறிப்பாக முனைவர் பட்டம் பெற செய்யப்படும் ஆராய்ச்சி கட்டுரைகளை வெளி(மேல்)நாட்டின் ஆய்விதழ்களில் வெளியிடுவதையே மாணவர்களும் ஆய்வாளர்களும் விரும்புகிறார்கள் அல்லது நிர்பந்தத்திற்குள்ளாகிறார்கள் என்பதும் மறுப்பதற்கில்லை.

தமிழில் ஆய்வு சஞ்சிகை ஒன்று கொண்டு வர வேண்டும் என்ற ஒரு சிறிய அறிஞர் குழுவின் நெடு நாளைய நோக்கம் “இளவேனில்” என்ற அமைப்பால் கருவாக பொத்தி வளர்த்து, ISTA-ம் இணைந்து ஒரு “அக்னி குஞ்சாக”

அதை அறிவியலார் என்ற மரப்பொந்தில் வைத்திருக்கிறது. இந்த முயற்சியில் எந்தனை இடர்பாடுகள் வந்தன, வருகின்றன என்பதை விளக்கவே முடியாது. இந்த முயற்சியில் தானும் பங்கு கொள்ளவேண்டும் என்ற விருப்பம் பெரும்பாலானோருக்கு உண்டு என்றாலும், நம்மால் முடியுமா? நாம் தவறாக எழுதிவிட்டால் என்னாகுமோ எண்ணுவதே மிக பெரிய தடையாக நிற்கிறது.

ஆங்கிலத்தில் எழுதி அதை தமிழில் மொழி பெயர்த்தே தமிழ் இதழில் வெளியிட தகுந்ததாக மாற்ற வேண்டியுள்ளதும் இதற்கு ஒரு காரணம். மாறாக, நாம் எண்ணும் மொழிலேயே (Thinking Language), அதாவது தமிழிலேயே நேரடியாக ஆய்வு கட்டுரைகளை வழக்கு மொழியிலேயே முதலில் எழுதி பின்னர் மேம்படுத்துதல் மூலம் மேற்சொன்ன தடையை தகர்க்க முடியும். இது என் தனிப்பட்ட கருத்து. மேலும் மேற்சொன்ன விருப்பம் “வேட்கையாக” மாறினால் பொந்தில் வைக்கப்பட்ட அக்னி குஞ்சு மேலும் ஆற்றல் கொண்டு சமுதாயத்தை அறிவு தீயால் எரித்து புடம் போட்ட தங்கமாக ஒளிர்வைக்கும் என்பதில் எள்ளளவும் ஐயமில்லை.

தாய் வழி கல்வி மட்டுமே ஐயம் (சந்தேகம்) மற்றும் திரிபு (தவறாக புரிந்துகொள்ளல்) இன்றி நம் மாணவ சமுதாயம் தரமான அறிவு பெற வழி வகுக்கும் என்பதால், தங்கள் உதவியை தமிழ் இதழில் ஆய்வு கட்டுரைகளாக வேண்டிக் கொள்கிறேன். அதோடு, இதுவரை எங்களுக்கு இன்னும் சொல்லப்போனால் மாணவ சமுதாயத்திற்கு) மேற்சொன்ன உதவிகளை வழங்கியோர்க்கு இருகைகூப்பி நன்றி சொல்லவும் கடமைபட்டிருக்கிறேன்.



# சுப்பிரமணியன் சந்திரசேகர்

## (1910–1995)

செந்தில்குமார் சந்திரன், பெ.இராமசாமி,  
எஸ்.எஸ்.என் பொறியியல் கல்லூரி, காலவாக்கம், சென்னை-603110

சந்திரா நம் காலத்தில் மிகப்பெரிய வானியல்-இயற்பியல் அறிஞர்களில் ஒருவர். வெள்ளை குள்ள நட்சத்திரங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட நிறைக்கு மேல் வளர முடியாது என்று அவர் காட்டினார். அதே நிறை, மிகப்பெரிய நோவாவின் வெடிப்பை தூண்டுகிறது. சந்திரா எனக்கு தெரிந்து ஆங்கில மொழியில் மிகச்சிறந்த அளவில் நிபுணத்துவம் பெற்றவர்.

- ஹான்ஸ் பெத்தீ, (1906–2005), அணு இயற்பியலர்;  
இயற்பியல் நோபல் பரிசு, 1967

### ஆரம்ப வாழ்க்கை மற்றும் கல்வி

சந்திரசேகர், அக்டோபர் 19, 1910 ஆம் ஆண்டு பஞ்சாப் மாநிலம், லாகூரில் (இப்போது பாக்கிஸ்தான்), ஒரு தமிழ் பிராமண குடும்பத்தில் சித்தலட்சுமி பாலகிருஷ்ணன் மற்றும் சுப்பிரமணிய தம்பதியருக்கு மகனாகப் பிறந்தார். சந்திரசேகர் பிறந்த நேரத்தில் அவரது தந்தை லாகூரில் உள்ள வடமேற்கு தொடர்வண்டி துறையில் பொது துணை தணிக்கையாளராக பணியாற்றினார். அவருக்கு இரண்டு மூத்த சகோதரிகள், ராஜலட்சுமி, பாலபாரதி, மூன்று

இளைய சகோதரர்கள், விஸ்வநாதன், பால கிருஷ்ணன், இராமநாதன் மற்றும் நான்கு இளைய சகோதரிகள், சரதா, வித்யா, சாவித்ரி, சுந்தரி. 1916 ஆம் ஆண்டு லாகூரில் இருந்து அலஹாபாத்திற்கும், 1918 ஆம் ஆண்டில் சென்னையிலும் குடியேறினர். சந்திரசேகர் 12 வயது வரை வீட்டிலேயே கற்றுக் கொண்டார். நடுநிலைப்பள்ளியில் அவரது தந்தை கணிதம் மற்றும் இயற்பியலையும், தாயார் தமிழையும் கற்பிப்பார்கள். 1922–25 இடைப்பட்ட காலத்தில் சென்னையில் (திருவல்லிக்கேனி) உள்ள இந்து உயர்நிலைப் பள்ளியில் சேர்ந்தார். பின்னர், 1925 முதல் 1930 வரை சென்னை மாநிலக் கல்லூரியில் படித்தார். ஜூன் 1930 -ல் இளங்கலை பட்டத்தை (B.Sc. (Hon.)), இயற்பியலில் பெற்றார்.

1930 ஆம் ஆண்டு ஜூலை மாதம், சந்திரசேகர் கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக்கழகத்தில் பட்டப்படிப்பை மேற்கொள்வதற்கு இந்திய அரசு உதவித்தொகை வழங்கியது. அங்கு அவர் கேம்பிரிட்ஜியில் உள்ள டிரினிட்டி கல்லூரியில் அனுமதிக்கப்பட்டார். இராயல் வானியல் சங்க கூட்டத்தில் ஈ.ஏ. மில்னேவை சந்தித்தார்.

மேக்ஸ் போரின் அழைப்பிற்கினங்க அவர் 1931-ம் ஆண்டு கோடைகாலத்தை, போரின் நிறுவனம், கோட்டிங்கெனில் இரண்டாம் ஆண்டு முதுநிலை பட்ட படிப்பை பயின்றார். பி. ஏ. எம். டிராக்கின் ஆலோசனையின் பேரில், கோபன்ஹேகனில் உள்ள கருத்தியல் இயற்பியல் நிறுவனத்தில் பட்டப்படிப்பு படிப்பை முடித்தார். 1933 ஆம் ஆண்டு கோடைகாலத்தில், சிதைந்த நட்சத்திரங்களின் பணிக்காக ஒரு வெண்கல பதக்கம் பெற்றார். பிறகு, சந்திரசேகர் கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழகத்தில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார்.

## வானியற்பியல் ஆராய்ச்சி

### சந்திரசேகர் எல்லை மற்றும் நட்சத்திரங்களின் விதி :

18 மற்றும் 28 வயதிற்கு இடைப்பட்ட காலத்தில் (1929 முதல் 1939 வரை) சந்திரசேகர் வானியற்பியல் தீவிர ஆர்வம் கொண்டிருந்தார். 1930 ஆம் ஆண்டு கப்பல் பயணம் மூலம் கேம்பிரிட்ஜிற்கு (முனைவர் படிப்பை தொடங்குவதற்கு) சென்று கொண்டிருந்த போது அவர் ஒரு எண்ணை கணக்கிட்டார் அதன் மதிப்பு 1.4. அவரை கௌருவிக்கும் வகையில் இந்த எண் சந்திரசேகர் எல்லை என அழைக்கப்படுகிறது. இது நட்சத்திரங்களின் விதியை தீர்மானிக்கிறது. சந்திரசேகர் 1931 ஆம் ஆண்டில் வானியற்பியல் சஞ்சிகையில் முடிவுகளை வெளியிட்டார். பல பில்லியன் ஆண்டுகளில், நமது சூரியன் வெள்ளை குள்ளவாக மாறும். 1930 ஆம் ஆண்டில், வானியற்பு அறிஞர்கள் அனைத்து நட்சத்திரங்களும் இறுதியில் வெள்ளை குள்ளர்களாக மாறுமென நம்பினர்.

சந்திரசேகர் அதன் நிறை அளவு 1.4 மடங்கு குறைவாகவோ அல்லது நமது சூரியனின் நிறைக்கு சமமாகவோ இருந்தால் மட்டுமே வெள்ளை நிற குள்ளவாக மாறுமென கண்டுபிடித்தார். சந்திரசேகர் ஆரம்பத்தில் இந்த வரம்பு 1.7 சூரிய நிறை இருப்பதாகக் கண்டறிந்தார், ஆனால் காலப்போக்கில், இந்த மதிப்பை அவர் சீர்படுத்தினார். ஒரு விண்மீனின் வாழ்க்கை முடிவில், அதன் மீதமுள்ள நிறை 1.4

மடங்கு சூரியனின் நிறையை விட அதிகமாக இருந்தால் அதன் இறுதி விதி விசித்திரமாக இருக்கும்.

## நட்சத்திரங்களின் சமநிலையை இழப்பு

அணுசக்தி எதிர்வினைகள் மற்றும் துளியம் விளைவுகளின் வெளிப்புற அழுத்தங்கள்

ஈர்ப்பு நட்சத்திரத்தில் உள்ள பொருட்கள் ஈர்ப்பு விசையை இழுக்கிறது

அணுக்கரு வினைகளின் வெளிப்புற அழுத்தம் மற்றும் விண்மீனில் உள்ள ஈர்ப்பு விசையின் உள் இழுப்பு வழக்கமாக சமநிலையானவை. நட்சத்திரத்தின் அதன் சாதாரண இருப்பு முடிவடைந்தவுடன், அதன் எரிபொருள் எரிந்தப் பிறகு, வெளிப்புற அழுத்தம் பலவீனமடைகிறது, மேலும் நட்சத்திரம் சுருங்கவும் தொடங்குகிறது. எவ்வளவு சுருக்கம் என்பது அதன் நிறையை சார்ந்தது என்பதால் (அதிகமான நிறை இருப்பதால்), ஈர்ப்பு விசை வலுவான உள்நோக்கிய சக்தியாக இருக்கும். சந்திரசேகர் வரம்பிற்கு குறைவாகவோ அல்லது சமமாகவோ இருந்தால், நட்சத்திரம் ஒரு வெள்ளை குள்ளவாக மாறும், பொதுவாக ஒரு கன சென்டிமீட்டருக்கு 1 மெட்ரிக்டன் அடர்த்தி கொண்டு உள்நோக்கி இழுக்கப்படும் நிறையின் அளவு சந்திரசேகர் வரம்பை விட அதிகமாக இருந்தால், நட்சத்திரமானது: நியூட்ரான் நட்சத்திரமாகவும், கன சென்டிமீட்டருக்கு 500 மில்லியன் மெட்ரிக்டன் அடர்த்தி கொண்டிருக்கும் அல்லது எல்லையற்ற அடர்த்தி மையத்தின் ஒருமைத்தன்மையாக இருந்தால், ஒரு கருப்பு துளையாக மாறுகிறது.

## ஒருமைத்தன்மை

சந்திரசேகர், நியூட்ரான் நட்சத்திரங்கள் அல்லது கறுப்பு துளைகளின் இருப்பை முன்மொழியவில்லை, ஆனால் 1932 -ல் அவர் (சந்திரசேகர்), சந்திரசேகர் வரம்பை விட அதிக நிறை கொண்ட உருக்குலைகின்ற நட்சத்திரங்களைப் பற்றி எழுதினார். ஒருமைத்தன்மை உருவாகுவதைத் தடுக்கக்

கூடிய எந்தவொரு சக்தியும் இல்லை. இயற்பியலாளர்களுக்கு, ஒருமைத்தன்மை என்பது ஒரு பூஜ்யம் நிறைந்த ஒரு புள்ளியாகும், அதில் ஒரு நட்சத்திரத்தின் ஒட்டுமொத்த நிறையும் புவியீர்ப்பு மூலம் அழுத்தப்பட்டுள்ளது. இன்று அனைத்து கருப்புத் துருவங்களும் அதன் மையத்தில் ஒருமைத்தன்மையைக் கொண்டுள்ளன என்பது நமக்குத் தெரியும்.

### உயர் அறிவியல் ஆராச்சியாளர்களின் எதிர்ப்பு

எதிர்பாராதவகையில், சந்திரசேகருடைய நட்சத்திரங்கள் பற்றிய கோட்பாட்டு கருத்துக்களை, முன்னணி அறிவியல் ஆராச்சியாளர்கள் எதிர்த்தனர். குறிப்பாக, சர் ஆர்தர் எடிங்டன், இவர் கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக்கழகத்தில் இருந்தார். சந்திரசேகர் கோட்பாடு முன்னறிவிக்கப்பட்ட பொழுது பருப்பொருளை குறிப்பிடும்படியான அடர்த்திக்கு அழுத்த முடியும் என எடிங்டன் நம்பவில்லை. எல்லாவற்றிற்கும் மேலாக, சந்திரனின் மொத்த நிறை அதிக கன அளவுள்ள பெரிய கட்டமைப்பின் அளவுக்கு அழுத்தப்படலாம் என அவர் நம்புவதாகவும், இதனை எடிங்டன் இல்லையெனவும் கூறினார், அத்தகைய அடர்த்தி சாத்தியமற்றது என்றார். சில உயர்ந்த, அறியப்படாத விஞ்ஞானக் கோட்பாடு இருக்க வேண்டும் என்பதே அவரது உறுதியான கருத்தாகும். இது வெறுமென நம்பமுடியாத அடர்த்தியான பொருள்களைக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்டது.

நமது நவீன புரிதலில் சந்திரசேகரின் கருத்து சரியாக இருந்தது, எடிங்டன் தவறு செய்தார். எதிர்பாராதவகையில், வொல்ப்காங் பாலி, நீல்ஸ் போர் மற்றும் பால் டிராக் போன்ற சிறந்த இயற்பியல் வல்லுநர்களிடமிருந்து தனிப்பட்ட ஆதரவு கிடைத்தாலும், அவரது கணக்கீடுகளை ஒப்புக் கொண்டார். ஆனால் சந்திரசேகரின் முடிவுகளை வெளிப்படையாக ஆதரிக்கவில்லை.

### சிகாகோவில் சந்திரசேகர்

1937-ல், அவரது நான்கு ஆண்டு உதவித்தொகை முடிவடைந்த பிறகு அதிக நிறை கொண்ட நட்சத்திரங்களின் விதி பற்றிய

சந்திரசேகரின் கோட்பாட்டு கருத்துகள் கேம்பிரிட்ஜில் அங்கிகரிக்கப்படாத நிலையில் சந்திரசேகர் விரக்தியடைந்தார். அமெரிக்காவின் சிகாகோ பல்கலைக் கழகத்தில் ஆராய்ச்சி இணைப்பாளராகப் பொறுப்பேற்றுக் கொண்டார், மேலும் அவருடைய வாழ்நாள் முழுவதும் அந்த பல்கலைக்கழகத்துடன் இணைந்தார், அங்கு அவர் சிறந்த பேராசிரியராகவும் விழங்கினார். இரண்டு ஆண்டுகள் வெள்ளை குள்ள உருவத்தின் வரம்புகளில் அவர் தனது ஆய்வைத் தொடர்ந்தார். அது, அவரது ஆராய்ச்சிப் வாழ்க்கையின் எஞ்சியுள்ள ஆராய்ச்சிப் பணியின் வடிவமாக மாறியது. அவர் அந்த துறையில் வல்லுநராகவும் அதில் மிகச் சிறந்த ஆராய்ச்சி கட்டுரைகளையும் வெளியிட்டார்.

### விண்மீன்களின் இயக்கவியல்

1920 மற்றும் 1930 களில் பிரபஞ்சமானது பல்வேறு வடிவங்களின் விண்மீன் திரள்களால் ஆனது என்று உணரப்பட்டது. விண்மீன் சுழற்சியின் கண்டுபிடிப்பு விண்மீன் நட்சத்திரங்களின் இயக்கங்களின் சமநிலையைப் புரிந்து கொள்ள முயற்சிக்கும் ஆர்வத்தை ஊக்கப்படுத்தியது. இதன் இயக்கமானது சமநிலை அல்லது சமநிலையில் இருந்து விலகுவதால் தோன்றலாம். 1943 ஆம் ஆண்டு வரை சந்திராவின் முக்கிய ஆராய்ச்சிக் கண்டுபிடிப்பாக விண்மீன்களின் இயக்கவியல் இருந்தது. 1939 ஆம் ஆண்டு தொடங்கி 1941 ஆம் ஆண்டு வரை வானியற்பியல் இதழில் இரண்டு ஆவணங்களை வெளிட்டார். வானியற்பியலின் அனைத்து அம்சங்களிலும் அவர் பணிபுரிந்தார், ஆனால் விண்மீன்களின் தளர்வானது, நட்சத்திரங்கள் மற்றும் விண்மீன் திரள்களை மதிப்பீடு செய்வதில் ஒரு முக்கிய அம்சமாக இருந்தது. அது எல்.ஸ்பிட்சர், அர்.எஸ். மேனி. ஆகியவர்களின் கருத்துகளுடன் நெருங்கிய தொடர்புடையதாக இருந்தது.

நட்சத்திர இயக்கவியல் விஷயத்தில், 1942-ல் விண்மீன்களின் இயக்கவியல் என்ற தனிக்கட்டுரை கோட்பாட்டை எழுதினார். 1944-ல் சந்திரா இலண்டன் இராயல்

சமூகத்ததால் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார். இது அவருக்கு பேரானந்தத்தை அளித்தது.

### கதிரியக்கப் பரிமாற்றம்

1930 ஆம் ஆண்டிற்கு முன்பாக விண்மீன்களின் வளிமண்டலங்களைப் பற்றி அவர் ஆய்வு செய்தார். 1944-க்கும் 1948-க்கும் இடைப்பட்ட காலத்தில், அவர் வானியற்பியல் இதழில் “விண்மீன் வளிமண்டலத்தின் கதிர்வீச்சின் சமநிலை” பற்றி 25 ஆய்வுக் கட்டுரைகளை வெளியிட்டார்.

கூடுதலாக, அவர் எதிர்மறை ஹைட்ரஜன் அயனி மற்றும் கதிர்வீச்சு சமநிலையில் வளிமண்டலங்கள் விரிவடைவது பற்றிய ஆய்வு கட்டுரைகளை எழுதினார். அந்த ஆண்டில் வானியற்பியல் இதழின் பெரும் பாலான பக்கங்கள் அவரால் ஈர்க்கப்பட்ட ஏராளமான ஆவணங்களைக் கொண்டிருந்தன, இருந்தபோதும் அவருடைய பெயர் அதில் இடம் பெறவில்லை. அந்த ஆவணங்கள் அவரது மாணவர்கள் மற்றும் இளைய சக ஊழியர்களின் பெயர்களைக் கொண்டிருந்தன. கதிரியக்கப் பரிமாற்றத்தில் புதிய நூட்பங்களை அறிமுகப்படுத்தினார் மற்றும் ஏற்கனவே உள்ள நூட்பங்களின் கணிசமான வளர்ச்சிக்கு இவரது பரிமாற்ற சமன்பாட்டின் பயன்பாடு குறிப்பிடத்தக்கது. சந்திரா தனது பணியில் முன்னோடியாக இருந்த மாறாத உட்பிரிவு கொள்கையை பிற துறைகளிலும் பயன்படுத்தினார். 1950 ஆம் ஆண்டில் வெளியிடப்பட்ட கதிரியக்கப் பரிமாற்றங்கள் பற்றிய புத்தகத்தில், அவரது நூட்பங்கள் வானியலில் தனியாக உள்ள நூட்பங்களின் பயன்பாட்டை விட அதிகமாகப் பயன்படுகிறது என்று அழுத்தமாகக் கூறினார். கதிரியக்கப் பரிமாற்றம் பற்றிய புத்தகம் சந்திராவிற்கு அதிக அளவில் விற்பனையான புத்தகமாகும்.

### நீர்ம இயக்கவியல் மற்றும் நீர்ம காந்த நிலைப்புத்தன்மை

கதிரியக்கப் பரிமாற்ற புத்தகத்தை வெளியிட்டப் பின்னர் அவர் கதிர்வீச்சுப்

பரிமாற்றத்தில் கூடுதல் ஆராய்ச்சி செய்தார். அடுத்தப் பத்தாண்டுகளில் தனது ஆய்வின் முக்கிய உந்துதல் நீர்ம இயக்கவியல் மற்றும் நீர்ம காந்தவியலென தீர்மானித்தார்.

ஹெய்சென்பேர்கின் கோட்பாட்டை விமர்சனத்துடன் தொடங்கி, தனது சொந்த கோட்பாட்டை கொண்டு குறிப்பாக காந்த புலத்தின் முன்னிலையில் தொடங்கி, கொந்தளிப்பின் கோட்பாட்டிற்கு முக்கிய பங்களித்தார். சந்திரா இந்த துறையில் தனது ஆராய்ச்சியை மட்டுப்படுத்தினார், அதற்கு பதிலாக நேரியல் நிலைப்புத்தன்மை சிக்கல்களில் கவனம் செலுத்தினார்.

1961 ஆம் ஆண்டில் வெளிவந்த நீர்ம இயக்கவியல் மற்றும் நீர்ம காந்த நிலைப்புத்தன்மைக்கான சந்திராவின் உரை அவருடைய மற்ற ஆராய்ச்சி நூல்களிலிருந்து வேறுபட்டது. இதில் சந்திராவின் பங்களிப்பு மிக முக்கியமானதாக இருந்தது. கோளங்கள் மற்றும் கோள குண்டுகளில் ஏற்படும் வெப்பச்சலனம் பற்றி விவாதிக்கப்பட்டது. ஆனால் சாத்தியமான புவியியல் மற்றும் வானியற்பியல் பற்றி விவதிக்கப்படவில்லை. அவர் முக்கிய பங்களிப்பு செய்த மற்றொரு தலைப்பு சுழலும் உருளைக்கு இடையேயான ஓட்ட உறுதி. சந்திரா ராயல் சமுதாயத்தில் முதல் அமெரிக்க தத்துவார்த்தப் பத்திரிகையைப் பிரசுரிக்க அனுமதிக்கப்பட்டார்: முற்றிலும் அயனியாக்கப்பட்ட சில பிளாஸ்மாவின் நிலலாமைகள். பிளாஸ்மா இயற்பியலில் அவர் வழங்கிய விரிவுரைகள் முன்னாள் மாணவர் எஸ்.கே. ட்ரெஹனாள் ஒரு புத்தகம் மாற்றப்பட்டது.

இந்த காலகட்டத்தில் சந்திரா இரண்டு ஆவணங்களை எழுதினார் அவை முறையே விண்மீன் குழுக்களின் சுழற்சி காந்த புலங்களைக் கொண்ட என்ரிகோ பெர்மி மற்றும் காந்தப்புலத்தின் முன்னிலையில் ஈர்ப்பு விசையினின் சிக்கல்கள். சுருள் கட்டமைப்பின் காந்த மாதிரிகள் அதிக ஆதரவைப் பெறவில்லை. எனினும் அவை அவ்வப்போது புதுப்பிக்கப்படுகின்றன.

## திரவ நிறைகளின் சுழற்சிகள்

1960களில் அவர் தனது ஆராய்ச்சித் துறையை மீண்டும் மாற்றினார், அந்த துறையானது சுழற்சி திரவ நிறைகளின் சமநிலை மற்றும் உறுதிப்பாடு. இது முந்தைய துறையிலிருந்து பெரிதும் மாறுபடவில்லை. அவரது ஆராய்ச்சிகள், பெரும்பாலும் நார்மன் ஆர்.லெபோவிட்ஸ் உடன் இணைந்து நடத்தியது. அவர் அந்த துறையில் ஆராய்ச்சியைத் தொடங்கிய போது “வானவியல் அமைப்புகள் சுழற்சி” பற்றி சொற்பொழிவு ஆட்றா ஒப்புக்கொண்டார். அவர் ஒரு சிறிய புத்தகத்தை எழுதுவதற்குப் பதிலாக, அவர் மற்றும் லெபோவிட்ஸ், டோனா எல்பர்ட்டின் உதவியுடன், இன்னும் ஐந்து ஆண்டுகள் செலவழித்து 1969-ல் இன்னொரு தனிக்கட்டுரைக்கு வழிவகுத்தனர்.

இந்த தலைப்பில் ஏற்கனவே நியூட்டன், மேக்லாரின், ஜாகோபி, டிரிச்செல்ட், டெக்ஸ்டர், ரீமேன், பியோன்கேர்க் மற்றும் டார்வின் ஆகியோரின் முக்கிய பங்களிப்புகள் நீண்ட மற்றும் புகழ்பெற்ற வரலாறு இருந்தது. சந்திரா மற்றும் லெபோவிட்ஸ் ஏற்கனவே உள்ள ஆய்வுகளின் தெளிவு, பிழைகளை மற்றும் முழுமையின்மையை வெளிப்படுத்த முடிந்தது.

1960 மற்றும் 1969 ஆண்டுகளில் சந்திரா, லெபோவிட்ஸ் மற்றும் அவரது மாணவர்கள் மொத்தம் 40 ஆவணங்களை வெளியிட்டுள்ளனர். பல்வேறு வரிசைகளின் வைரல் சமன்பாட்டின் கணிசமான கெழுக்களை அவர் நிரூபித்தார், இது சிக்கலான பிரச்சினைகளுக்கு தீர்வுகளை வழங்க இயக்க சமன்பாட்டு கணங்களாக உள்ளன.

உதாரணமாக, இரண்டாவது வரிசையில் வைரல் சமன்பாடுகள் டிரிசிலெட்டின் சிக்கலில் அனுமதிக்கப்பட்ட நீள்வட்ட வடிவங்களின் சமநிலை மற்றும் உறுதிப்பாட்டிற்காக தேவையான எல்லா தகவல்களையும் வழங்குகின்றன என்று அவர் காட்டினார்: ஒற்றை சுழலும், உட்புற இயக்கங்களுடனான சுய ஈர்ப்பு திரவ நிறையின் ஒரு நேரியல் செயல்பாடு. அவரது ஆய்வில்

பிளவுபடுத்தும் புள்ளிகளின் விஷயங்களை கோளத்திலிருந்து நீள்வட்ட உருவுக்கு தெளிவுபடுத்தினார். இவற்றைப் பற்றிய முடிவுகள், சில ஏற்கனவே அறிந்திருந்தன மற்றும் சில அறியப்படவில்லை. குறிப்பாக சந்திரா மற்றும் லெபோவிட்ஸ் ஆகியோர், ரிமேன் உள்முனையுடன் கூடிய முக்கோண கட்டமைப்புகளை ஆய்வு செய்ததில் பிழைகள் உள்ளதை நிரூபித்தனர் மற்றும் ரோச் பிரச்சினையில் உள்ள புதிய உறுதியற்ற தன்மையை நிரூபித்தனர்.

## பொது சார்பியல் மற்றும் கருப்பு துளைகள்

சந்திராவின் அடுத்த ஆராய்ச்சி துறை பொதுசார்பியலாக இருந்தது. இது 1920ல் ஈர்ப்பு விசையின் சிறந்த கோட்பாடாக பரவலாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது. இது பிரபஞ்சத்தின் பிறப்பிற்குப் பயன்படுத்தப்பட்டது. நியூட்ரானின் பிந்தைய தோராயத்திற்கு திரவ நிறைகளின் சுழற்சிகளை சுழற்றுவதில் தனது பணியை விரிவுபடுத்தினார்: சார்பியலின் முதல் விளைவுகள். இந்த அமைப்பின் பரிணாம வளர்ச்சியில் ஈர்ப்பு கதிர்வீச்சினால் ஏற்பாடும் ஆற்றல் இழப்பின் பங்கு மற்றும் வானியல் அறிவியல் தொடர்பான ஆய்வுகளை மேற்கொண்டார்.

1970இன் இடைப்பட்ட காலத்தில் கருப்புத் துளைகளின் பண்புகள் சார்ந்த ஆய்வில் கவனம் செலுத்தினார். 1963 ஆம் ஆண்டு வெளிப்புற மெட்ரிக் சுழற்சியின் சுழற்சிக் கான கறுப்பு துருவத்திற்கு ஆர்.பி.கேர் கண்டு பிடிப்பு மூலம் உற்சாகமடைந்திருந்தார், மேலும் அவரது ஆராய்ச்சிகள் சுழலும் மற்றும் கறுப்பு துளைகளின் கணித பண்புகளிலும் பெரிதும் கவனம் செலுத்தப்பட்டிருந்தன. அவரது குறிப்பிட்ட சாதனைகளில் ஒன்று கொர் விண்வெளி நேரத்தில் சுழற்சி 1/2 துகள்களுக்கான டிராக் சமன்பாட்டின் பிரிவாகும். இந்த ஆராய்ச்சியில் முழு வட்டமும் வந்தது, ஏனென்றால் ஆரம்பகால ஆய்வுகள் ஃபெர்மி-டிராக்கின் புள்ளிவிவரங்களின் பயன்பாடுகளில்

இருந்தன. சந்திராவின் ஆராய்ச்சிகள் அங்கு முடிவுக்கு வரவில்லை. அவரது இறப்புக்கு நீண்ட காலம் வரை பொது சார்பியலில் அவரது ஆராய்ச்சிகளை தொடர்ந்தார். 1991-ல் மட்டும் ராயல் சமுதாயத்தின் நடவடிக்கைகளில் ஐந்து ஆராய்ச்சி இதழ்களைக் வெளியிட்டார் மற்றும் அவரது இறுதி ஆராய்ச்சி இதழ் அவருடைய மரணத்திற்கு முன்னர் மாதத்தில் வெளியிடப்பட்டது.

### நோபல் பரிசு

சிறிய நட்சத்திரங்கள் வெள்ளை குள்ளர்கள் ஆகின்றன, பெரிய நட்சத்திரங்கள், ஒரு சூப்பர்நோவாவிற்கு பிறகு, நியூட்ரான் நட்சத்திரங்கள் அல்லது கருப்புத் துளைகளாக மாறமுடியும். 1983 ஆம் ஆண்டில், சந்திரசேகர் "நட்சத்திரங்களின் கட்டமைப்பு மற்றும் பரிணாமத்திற்கு முக்கியத்துவம் வாய்ந்த இயற்பியல் செயல்முறைகளின் தத்துவார்த்த ஆய்வுகளுக்கு" இயற்பியலில் நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. அவர் வில்லியம் போவ்லருடன் பரிசை பகிர்ந்து கொண்டார்.

### நோய் மற்றும் மரணம்

1973-ல் சந்திரா இதயத்தில் தொந்தரவு கொண்டிருந்தார். அதனால் (1976) அவருக்கு பெரிய இதய அறுவை சிகிச்சை தேவைப்பட்டது. 1980-ல் சிகாகோ பல்கலைக் கழகத்தின் முழு நேர பேராசிரியர் பணியிலிருந்து ஓய்வு பெற்றார். அதன் பிறகும் பல அறிவியல் புத்தகங்களை வெளியிட்டார். அவருடைய இறுதி புத்தகம் நியூட்டன் 'ஸ் பிரின்சிபியா, இது ஒரு தலைசிறந்த புத்தகமாக அவர் இறப்பதற்கு முன்பு வெளியிடப்பட்டது.

சந்திரசேகர் 1995 ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்ட் மாதம் 21 ஆம் தேதியன்று மாரடைப் பால் காலமானார். கடவுள் நம்பிக்கை இல்லாத வராகவே தன் வாழ்நாள் முழுவதும் வாழ்ந்து வந்தார். அவரை கௌரவிக்கும் வகையில் இன்று, நாசாவின் சந்திர எக்ஸ்-கதிர் வானூர்தி ஆய்விடத்திற்கு அவரது பெயர்

சூட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த வானூர்தி அவர் பெயரை வைத்திலிருந்து, புதிய கறுப்பு துளைகள், புதிய சூப்பர்மாதிரி கறுப்பு துளைகள், மற்றும் ஒரு புதிய வகை கருப்பு துளை ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடித்தது.

### சந்திரசேகரின் அறிவியல் வாழ்க்கை

சந்திரசேகரின் அறிவியல் வாழ்க்கை பின்வருமாறு:

1929-1939: வெள்ளை குள்ளர்களின் கோட்பாடு

1938-1943: நட்சத்திர இயக்கவியல், பிரவுனியன் இயக்க கோட்பாடு

1943-1950: கதிர்வீச்சு பரிமாற்றத்தின் கோட்பாடு

1952-1961: நீரியக்க விசை மற்றும் நீரியக்ககாந்த நிலைப்புத்தன்மை

1961-1968 : சமநிலை மற்றும் சமநிலை நீள்வட்ட வடிவங்களின் உறுதிப்பாடு

1962-1971: பொது சார்பியல் மற்றும் சார்பியல் வானியற் பௌதிகம்

1974- 1983 : கருப்பு துளைகளின் கணிதக் கோட்பாடு

1952 முதல் 1971 வரை வானியற்பியல் பத்திரிகையின் நிர்வாக ஆசிரியராக பணியாற்றினார். சந்திரசேகர் இந்த காலக்கட்டத்தில் நிறைய கடமைகளைப் பெற்றிருந்தார். அவை முறையை ஆராய்ச்சி வேலை, எழுத்து மற்றும் பல்கலைக்கழக கற்பித்தல்.

### மரியாதைகள்

1944-இலண்டன் இராயல் சமூக உறுப்பினர்.

1948 -கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக்கழகத்தின் ஆடம்ஸ் பரிசு

1952- வானியல் சமூகத்தின் பசிபிக் புரூஸ் பதக்கம்

1953- இராயல் வானியல் சங்கத்தின் தங்க பதக்கம்

1955-அறிவியல் தேசிய சங்கத்திற்கு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார்

1957-இரம்ஃபோர்ட் பரிசு

1962-இராயல் பதக்கம்

1966- தேசிய அறிவியல் பதக்கம்

1968-பத்ம விபூஷன்

1971-தேசிய அறிவியல் சங்க ஹென்றி ட்ராப்பர் பதக்கம்

1974-ஹெய்ன்மேன் பரிசு

1983-இயற்பியல் நோபல் பரிசு

1984-இராயல் சமூக கோபுலி பதக்கம்

## முடிவுகள்

சந்திரா அடிப்படையில் ஒரு பயன்பட்டு கணிதவியலாளராக இருந்தார், இந்த அடிப்படை கணித அறிவை வானியல் துறையில் பயன்படுத்தினார். ஆராய்ச்சில் எந்த புதிய துறையையும் அவர் ஆரம்பிக்கவில்லை என்றாலும், அவர் செய்த துறையில் அதுவரையில் யாரும் விடை காணாத பல அறிவியல் புதிர்களுக்கு விடை கண்டார். அவர் விட்டுச் சென்ற தீர்வு காணாத பிரச்சனைகளை தீர்ப்பதற்கு விரும்பும் இளைய தலைமுறையினர் அவரது பகுப்பாய்வுத் திறன் மற்றும் எளிமையான இயற்கணித நுணுக்கங்களை கையாளும் திறனை பெற வேண்டும். அவரது ஆராய்ச்சி வாழ்க்கையை விவாதிக்கையில், பெரும்பாலும் வெள்ளைக் குள்ளர்கள் மீது கவனம் செலுத்தினார்.

## மேற்கோள்கள்

<<https://www.famousscintists.org/subrahmanyam-chandrasekhar/>>

R. J. Tayler, Biogr. Mems Fell. R. Soc 42 1996) 80-94

# வெப்பகரைப்பான் முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட காட்மியம் சல்ஃபைடு / டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு (CdS/TiO<sub>2</sub>) மீநுண்தொகுப்பின் கட்டமைப்பு, புறவடிவமைப்பியல் மற்றும் ஒளிவினையூக்கச் செயல்பாடுகளின் புலனாய்வு

பா.கோமதி தங்க கீர்த்தனா, ப.முருகக்கூத்தன்\*

முதுஅறிவியல் மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை, பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை - 600 030,

\*ஏற்புடைய எழுத்தாளர் மின்னஞ்சல்: murugakoothan03@yahoo.co.in

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

காட்மியம் சல்ஃபைடு/டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு (ஊனளு/கூடை2) மீநுண்தொகுப்பு, உயர் கார நீர்: அசிட்டோன் திரவத்தில் வெப்பகரைப்பான் முறையில் தயாரிக்கப்பட்டது. தயாரிக்கப்பட்ட மாதிரியானது 150ஸ்ஊ வெப்பநிலையில் 2 மணி நேரத்திற்கு நீற்றுதலாக்கப்பட்டது. மீநுண்தொகுப்பின் கட்டமைப்பு, புறவடிவமைப்பியல் மற்றும் புறப்பரப்பளவு ஒ- கதிர் விளிம்பு, ஊடுருவுமின்னணு நுண்ணோக்கி மற்றும் நைட்ரஜன் பரப்புக்கவர்ச்சி-புறந்தள்ளுதல் போன்ற பல்வேறு சோதனை நுட்பங்களைக் கொண்டு வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. ஒ- கதிர் விளிம்பு ஆய்வின் மூலம் அறுங்கோண உடர்சைட் மற்றும் அனடேஸ் கட்ட உருவாக்கங்கள் ஊனளு/கூடை2 மீநுண்தொகுப்பில் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. ஊடுருவுமின்னணு நுண்ணோக்கி மூலம் காட்மியம் மீநுண்துகள்கள் டைட்டானியா மீநுண்குழாய்கள் மீது நன்கு பரவி அதனை சூழ்ந்துள்ளது என கண்டறியப்பட்டது. ப்ரூனொர், எம்மெட் மற்றும் டெல்லர் (கூநுகூ) பகுப்பாய்வில் இருந்து, மாதிரியின் மேற்பரப்பு 30.47 மீ<sup>2</sup>/கிராம் மற்றும் சராசரியான துளைவிட்டம் 23.61 ஆ என கண்டறியப்பட்டது. கட்புலனாகும் ஒளிகதிர்வீச்சின் கீழ், மெத்திலின் நீலநிறச் சாயத்தின் செறிவினை குறைப்பதற்கான ஆராய்ச்சி மேற்கொள்ளப்பட்டது.

## முக்கியச்சொற்கள் :

வெப்பகரைப்பான் முறை, மீநுண்தொகுப்பு, ஊடுருவுமின்னணுநுண்ணோக்கி .

## 1. முன்னுரை

சமீப காலங்களில் டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு வினையூக்கியாக புலனாய்வு செய்யப்பட்டு வருகிறது. மேலும் இது மிகவும் உறுதியான, கரையாத, நச்சுத்தன்மையற்ற,

அரிப்பைத் தடுக்கக்கூடிய மற்றும் ஒப்பீட்டளவில் மலிவானதாகவும் காணப்படுகிறது<sup>[2]</sup>. டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு (TiO<sub>2</sub>) சுற்றுச்சூழல் மறுசீரமைப்பு மற்றும் மாசுகுறைபாட்டிற்கு இது ஒரு ஒளி வினையூக்கியாக பயன்படுத்தப்

படுகிறது<sup>[1]</sup>. டைட்டானியம் டை ஆக்சைடன் ஆற்றல் இடைவெளி பெரியதாக இருப்பதால் (3.2 eV) இதன் பயன்பாடு வரையறுக்கப்பட்டது, எனவே இது புறஊதா பகுதியின் (UV) கீழ் மட்டுமே செயல்படுகிறது. ஒளியால் உருவாகக் கூடிய மின்னணு /மின்துளையின் விரைவான மறுசேர்க்கையினால் TiO<sub>2</sub>-இன் ஒளி வினையூக்க திறன் கட்டுப்படுத்துகிறது<sup>[3]</sup>. குறுகிய ஆற்றல் இடைவெளி கொண்ட குறைக்கடத்தியை, TiO<sub>2</sub> வில் சேர்ப்பதின் மூலம் இதன் வரம்பை கட்டுப்படுத்தலாம்.

மேலும் பல ஆய்வு அறிக்கையில் இருந்து, காட்மியம் சல்ஃபைடு (CdS) ஒரு சிறந்த குறைக்கடத்தி என நிரூபணம் செய்யப்பட்டுள்ளது. மேலும் இது சிறிய ஆற்றல் இடைவெளியை (2.42 eV) கொண்டுள்ளதால் இதனை ஒளிவினையூக்க நீர் பிரிப்பைத் தூண்டுவதற்கு பயன்படுத்தலாம்<sup>[4]</sup>. காட்மியம் சல்ஃபைடன் கடத்து பட்டையின் விளிம்பு நிலையானது, TiO<sub>2</sub> இன் விளிம்பை விட அதிகமாக உள்ளது. மேலும் TiO<sub>2</sub> ஐ விட, காட்மியம் சல்ஃபைடன் கடத்துபட்டை 0.5 eV எதிர்மறையாக இருப்பதால், சாதகமான மின்னணு பரிமாற்ற விகிதமானது காட்மியம் சல்ஃபைடில் இருந்து டைட்டானியம் டை ஆக்சைடை அடையபடுகிறது. கட்டிலனாகும் ஒளியினால் காட்மியம் சல்ஃபைடில் உருவாக்கப்பட்ட எதிர்மின்துகள்கள் டைட்டானியம் டை ஆக்சைடுக்கு பரிமாற்றப்படுகின்றன. ஆகையால் ஒளியினால் தூண்டப்பட்ட எதிர்மின்துகள்கள் மற்றும் நேர்மின்துகள்கள் முறையே காட்மியம் சல்ஃபைடு மற்றும் டைட்டானியம் டை ஆக்சைடில் தனியாக்கப்படுகிறது.

இந்த பண்பு காரணமாக, காட்மியம் சல்ஃபைடு மற்ற குறைக்கடத்திகளுடன் ஒப்பிடுகையில், ஒளிமின்னிரசாயனவியல் மற்றும் ஒளி வினையூக்கியலில் விருப்பமான குறைக்கடத்தியாக கருதப்படுகிறது. ஏற்கனவே பல முறைகளில் காட்மியம் சல்ஃபைடு / டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு மீநுண்தொகுப்பு உருவாக்கம் ஆராயப்பட்டு பரிந்துரைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த ஆராய்ச்சியில், அசிட்டோன் மற்றும்

நீர் கலவையை கரைப்பானாக பயன்படுத்தி அறை வெப்பநிலையில், காட்மியம் சல்ஃபைடு / டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு மீநுண்தொகுப்பின் தயாரிப்பு அணுகுமுறையையும், அதன் ஒளி வினையூக்கச் செயல்பாட்டினையும் நாங்கள் தெரிவிக்கிறோம்.

## 2. செயல்முறை

### 2.1 மூலப்பொருட்கள்

டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு தூள், சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு, காட்மியம் நைட்ரேட், காய்ச்சி வடிகட்டிய நீர், சோடியம் சல்பைடு, மற்றும் அசிட்டோன் ஆகியவை மூலப்பொருட்களாக பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

### 2.2 தொகுப்பு அல்லது கூட்டிணைப்பு

காட்மியம் சல்ஃபைடு/ டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு (CdS/TiO<sub>2</sub>) மீநுண்தொகுப்பு நீர் மற்றும் கீட்டோன் (அசிட்டோன்) ஊடகத்தின் மூலமாக வெப்பகரைப்பான் முறையில் தயாரிக்கப்படுகிறது. அசிட்டோன் கரைப்பான், நீரின் கொதிநிலையை விட 100° C குறைவான கொதிநிலையை உடையது. அனடேஸ் மற்றும் ரூட்டைல் (80:20) கலந்த தூய TiO<sub>2</sub> (Degussa P25, 98 % தூய்மை, துகளின் அளவு 25 nm) துகள் ஆரம்பபொருளாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. 3:1 விகிதத்தில் கலந்த 60 அடு நீர் மற்றும் அசிட்டோன் கரைசலில், 10 மோல் சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு முதலில் சேர்க்கப்பட்டு அதில் 0.5 கி TiO<sub>2</sub> துகள் காந்த அதிர்வு முறையில் 30 நிமிடம் தொடர்ச்சியாக கலக்கப்படுகிறது. பின்னர், போதுமான அளவு காட்மியம் நைட்ரேட் (0.38 கி, 1.25 mmol) மற்றும் சோடியம் சல்பைடு (Na<sub>2</sub>S·9H<sub>2</sub>O) (0.106 g, 1.37 mmol) அடுத்தடுத்து சேர்க்கப்படுகிறது. பின்னர் இக்கலவை, 50 mL டெஃப்லான் பூசப்பட்ட துருபிடிக்காத உயர் அழுத்த எஃகு கொப்பரையில் மாற்றப்பட்டு, மூடிய வெப்பஉலையில் 150° C வெப்பநிலையில் 48 மணி நேரம் வைக்கப்படுகிறது.

இதன்பின் இதிலிருந்து பெறப்பட்ட வீழ்படிவாக்கல், காய்ச்சி வடிகட்டிய நீர்

உதவியுடன் மையவிலக்கியைப் பயன்படுத்தி மாசு அகற்றப்படுகிறது. இறுதியாக இவ்வீழ் படிவாக்கல், வெப்பஉலையில் 60°C வெப்ப நிலையில் உலர வைக்கப்பட்டு அதன் பின் சுமார் 2 மணி நேரம் 250°C வெப்பநிலையில் பதப்படுத்தப்பட்டு CdS/TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பு பெறப்படுகிறது.

### 2.3 பண்பாய்வு

துகள் X-கதிர் விளிம்பு விலகல் முறை மூலமாக CdS மீநுண்துகள்களின் கட்டமைப்பு பற்றிய பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டது. இதற்கு CuK $\alpha$  (அலைநீளம் = 1.5406 Å) X-கதிர் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஊடுருவு மின்னணு நுண்ணோக்கியை (JEOL/JEM 2100) பயன்படுத்தி மீநுண்துகள்களின் உருவியல் மற்றும் அளவு ஆய்வு செய்யப்பட்டது. மாதிரிகளின் BET மேற்பரப்புப் பகுதிகள் நைட்ரஜன் பரப்புக்கவர்ச்சி-புறந்தள்ளுதல் சமவெப்பநிலை 77 K அளவினால் நிர்ணயிக்கப்பட்டது. புறஊதா-கட்புல-அருகு அகச்சிவப்பு உட்கொள்ளல் நிறமாலை 190 முதல் 900 nm வரையிலான அலைநீளத்தை கொண்ட LABINDIA UV 3092 நிறமாலை ஒளிமானியை பயன்படுத்தி பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டது.

### ஒளிவினையூக்கச் செயல்பாட்டின் அளவீடு

ஒளி வினையூக்கவினை, வினையூக்கியின் செயல்திறனை கண்டறிவதற்கான ஆய்வாக பயன்படுகிறது. இருநூற்றி ஐம்பது (250) அடு நீரில், மெத்திலின் நீலம் (10 mgL<sup>-1</sup>) ஆனது, கரைக்கப்படுகிறது. பின்னர் 0.1 கி காட்மியம் சல்ஃபைடு/டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு CdS/TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பினாது சேர்க்கப்பட்டு 30 நிமிடத்திற்கு ஒளியில்லா சூழலில் காந்தசுழற்சி முறையில் அதாவது பரப்புக்கவர்ச்சி மற்றும் புறந்தள்ளுதல் சமநிலையை அடைய இயக்கப்பட்டது. 500 W ஹீலியம் விளக்கு உடன், 420 nm வெட்டு வடிப்பான் ஒளிமூலம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒளிமூலத்திலிருந்து வெளிவரும் வெள்ளை ஒளியானது, மெத்திலின் நீலத்தின் செறிவினை குறைக்கும் ஒளி வினையூக்கியாக பயன்படுகிறது. 30 நிமிட

இடைவெளியில் 3 mL கரைசல் அளவு ஒளி உலையிலிருந்து எடுக்கப்பட்டு, 5 நிமிடத்திற்கு 5000 rpm/min மையநீக்கியின் மூலம் வினையூக்கி துகள்கள் பிரிக்கப்படுகிறது.

மெத்திலின் நீலத்தின் நிறம் நீக்கல் ஆய்வானது, Shimadzu UV- 1800 நிறமாலை ஒளிமானியில், ஒவ்வொரு மேலோட்டமான திரவத்தின் நிறமாலை 500 nm முதல் 750 nm வரம்பிற்குள் பதிவு செய்வதன் மூலம் கண்காணிக்கப்படுகிறது. மெத்திலின் நீலத்தின் தரநிலை அளவீட்டு வளைவைப் பயன்படுத்தி, 664 nm இல் ஒவ்வொரு தெளிவு திரவத்தின் உறிஞ்சுதல் நிறமாலையின் உச்சம் ஆனது, அதன் செறிவாக மாற்றப்படுகிறது .

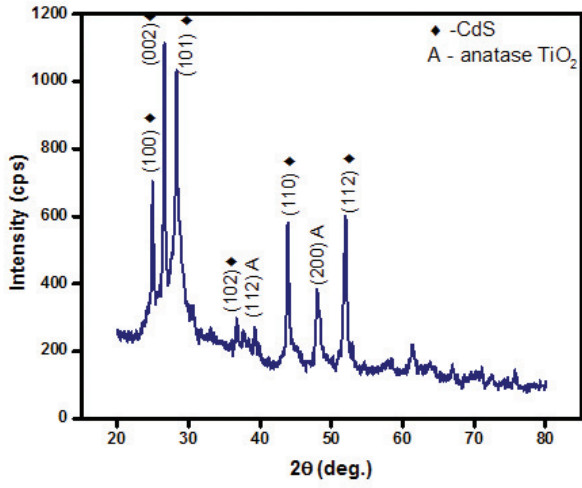
### 3. முடிவுகள் மற்றும் விவாதங்கள்

#### 3.1 துகள் X-கதிர் விளிம்பு விலகல் பகுப்பாய்வு

துகள் X-கதிர் விளிம்பு ஆய்வு, துகளின் கட்டமைப்பு மற்றும் துகளின் அளவை தீர்மானிக்க மேற்கொள்ளப்பட்டது. தயாரிக்கப்பட்ட CdS/TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பு மாதிரியின் துகள் ஒ - கதிர் விளிம்பு விலகல் நிறமாலை, படம்.1 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இப்படத்தில் 38.3° மற்றும் 48.3° என்ற 2θ கோணங்களில் உள்ள உச்ச சிகரங்கள் (112) மற்றும் (200) முறையே, TiO<sub>2</sub> அனடேஸ் கட்ட அமைப்பு என கண்டறியப்பட்டது.

மேலும் (100), (002), (101), (102), (110) மற்றும் (112) ஆகியவற்றின் உச்ச சிகரங்கள் முறையே 24.9°, 26.5°, 28.3°, 36.7°, 43.9°, மற்றும் 51.9° என்ற 2θ கோணங்களில் தோன்றியதன் மூலம் காட்மியம் சல்ஃபைடு (CdS) மீநுண்படிகத்தின் அறுங்கோண உடர்சைட் அமைப்பானது உறுதிசெய்யப்பட்டுள்ளது [2].

அனடேஸ் TiO<sub>2</sub> மற்றும் அறுங்கோண உடர்சைட் காட்மியம் சல்ஃபைடு (CdS) மீநுண்படிகங்கள், தயாரிக்கப்பட்ட மாதிரியில் இணைந்து இருப்பது துகள் X-கதிர் விளிம்பு விலகல் சிகரங்களில் மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளது.



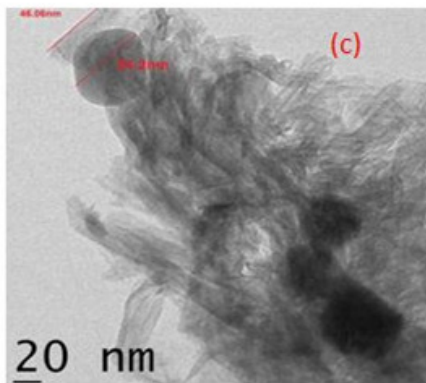
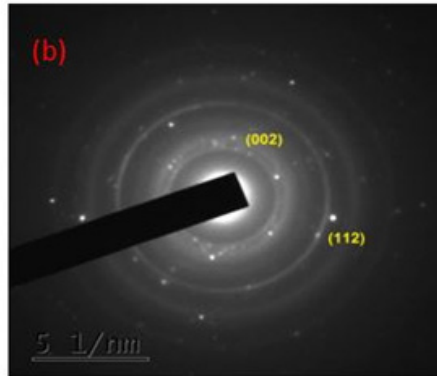
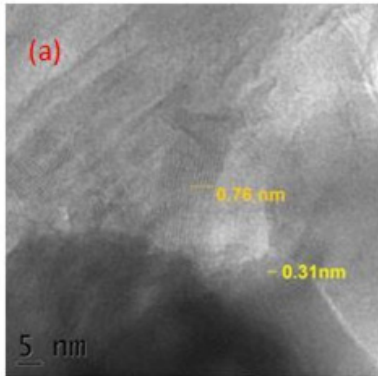
படம்.1. CdS/TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பின் துகள் X- கதிர் விளிம்பு விலகல் நிறமாலை

தயாரிக்கப்பட்ட CdS/TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பின் TEM படங்களை காட்டுகிறது. நாற்பது முதல் அறுபது nm விட்டம் கொண்ட காட்மியம் நானோ துகள்கள் டைட்டானியா நானோகுழாய்கள் மீது நன்கு பரவி அதனை சூழ்ந்துள்ளது.

உயர்தெளிவுகொண்ட ஊடுருவு மின்னணு நுண்ணோக்கி (HRTEM) படத்தின் படி (2 a), TiO<sub>2</sub> நானோகுழாயின் இடையடுக்கு இடைவெளி சுமார் 0.76 nm ஆகும். மேலும் அணிக்கோவை இடைவெளியான 0.34 nm ஆனது, CdS-யின் (002) படிகத் தளங்களுடன் பொருந்துகிறது. இம்முடிவுகள் XRD முடிவுகளுடன் பொருந்துகிறது<sup>[6]</sup>. மீநுண்தொகுப்பின் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பளவு மின்னணு விளிம்பு விளைவானது (SAED) படம் 3(b)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெள்ளை நிற வளையமானது முறையே 0.34 nm மற்றும் 0.23 nm இல் குறிப்பிடப்பட்ட இடைவெளி, ஊனரு இன் அறுங்கோண உரட்சைக் கட்டத்தின் (002) தளத்தை மற்றும் TiO<sub>2</sub> - வின் (112) தளத்தை ஒத்துள்ளது<sup>[7]</sup>.

### ஊடுருவு மின்னணு நுண்ணோக்கி பகுப்பாய்வு

தயாரிக்கப்பட்ட மாதிரியின் அமைப்பு மற்றும் புறவடிவமைப்பியலையும், ஊடுருவு மின்னணு நுண்ணோக்கி மூலம் வகைபடுத்தப்பட்டுள்ளது. படம் 2a-2cஆனது, வெப்பகரைப்பான் முறையில்



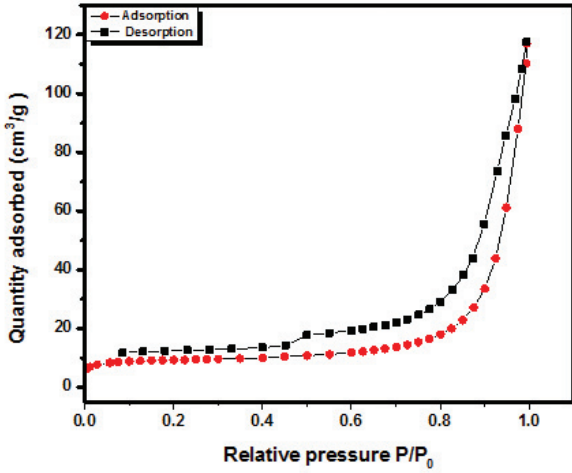
படம் 2(a)- CdS / TiO<sub>2</sub> மீநுண் தொகுப்பின் உயர் தெளிவு ஊடுருவு மின்னணு நுண்ணோக்கி படம்.

2(b) மீநுண்தொகுப்பின் குறிப்பிட்ட பரப்பளவு மின்னணு விளிம்பு விளைவு மாதிரி (SAED)

2(c) CdS / TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பின் TEM படம்

## ப்ரூனெர், எம்மெட் மற்றும் டெல்லர் (BET) ஆய்வு

ப்ரூனெர், எம்மெட் மற்றும் டெல்லர் (BET) முறையானது துளையுள்ள திடமான பொருட்களின் ஒரு குறிப்பிட்ட மேற்பரப்பு பகுதியைத் தீர்மானிக்க பயன்படுத்தப்படுகிறது. CdS / TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பு மாதிரியின் துளை அமைப்பு, நைட்ரஜன் பரப்புக்கவர்ச்சி புறந்தள்ளுதல் மூலமாக ஆய்வு செய்யப்படுகிறது. மேலும் துளையின் அளவு பகிர்வானது (Barrett, Joyner, Halenda) BJH முறையால் புறந்தள்ளுதல் கூறுக்கு ஏற்ப கணக்கிடப்படுகிறது. மீநுண்தொகுப்பின் சராசரி துளை விட்டம் 23.61nm ஆகவும், BET குறிப்பிட்ட மேற்பரப்பு பகுதி 30.47 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> ஆகவும் கண்டறியப்பட்டது

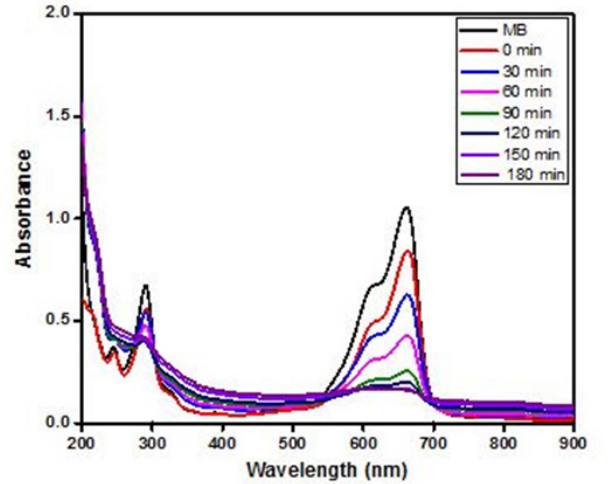


படம்.3. மீநுண்தொகுப்பின் மாதிரியின், BET குறிப்பிட்ட மேற்பரப்பு பகுதி

## ஒளி வினையூக்கச் செயல்பாடு

மீநுண்தொகுப்பின் ஒளி வினையூக்கச் செயல்பாடு, மெத்திலின் நீலத்தின் செறிவு (நிறம்) குறைவின் மூலம் மதிப்பீடு செய்யப்படுகிறது. இச்சோதனையானது புலப்படும் ஒளிகதிர்வீச்சின் கீழ் செய்யப்படுகிறது. ஒளியில்லா சூழல் மற்றும் புலப்படும் ஒளி கதிர்வீச்சின்போது ஒளிவினையூக்கி முன்னிலையில் மெத்திலின் நீலத்தின் செறிவு குறைதல் ஆய்வில்,

நேரவேறுபாட்டிற்கும் ஒளி உறிஞ்சுதலுக்கும் இடையே கிடைக்கப்பெற்ற தொடர்புவரைபடம் 4ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மெத்திலின் நீலத்தின் செறிவு குறைவானது, ஒளிச்சிதைவு வளைவுகளில் இருந்து கண்டறியப்படுவதை இப்படம் விளக்குகிறது. புலப்படும் ஒளிகதிர்வீச்சின் கீழ், மெத்திலின் நீலத்தின் செறிவு குறைவு செயல்திறன், தூய TiO<sub>2</sub> (P25, 58%) ஐவிட CdS/TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பிற்கு அதிகமாக உள்ளது (84.2%) என கண்டறியப்பட்டுள்ளது. கோட்பாட்டளவில் தூய TiO<sub>2</sub>, புலப்படும் ஒளிகதிர்வீச்சால் கிளர்வுறுமுடியாது<sup>[9]</sup>. இருப்பினும், TiO<sub>2</sub> இன் ஒளிவினையூக்க செயற்பாடு காட்மியம் சல்ஃபைடு துகள்களை TiO<sub>2</sub>வுடன் அறிமுகப்படுத்துவதன் மூலம் புலப்படும் ஒளிவெளிச்சத்தின் கீழ் கிளர்வுறும் தன்மை மேம்படுத்தப்படுகிறது.



படம் 4 மெத்திலின் நீலத்தின் நேரம் சார்ந்த ஒளி உறிஞ்சுதல் நிறமாலை

## செறிவு (நிறம்) குறைவிற்கான இயக்கமுறை

ஒளிவினையூக்க செயல்பாடு குறைவிற்கான செயல்முறை முக்கியமாக, மின்னூட்டகத்திகள் உற்பத்தி செய்தல், மின்னூட்டகத்திகள் பரிமாற்றம் மற்றும் இரசாயன எதிர்வினை செயல்முறைகளை உள்ளடக்கியது. மீநுண்தொகுப்பின் மீது கட்டிலானாகும் ஒளி பாய்ச்சப்படும் போது,

TiO<sub>2</sub> மற்றும் CdS ஆகிய இரண்டும் அதற்குரிய கடத்தல் பட்டையில், மின்னணுக்கள் மற்றும் மின்துளைகள் உருவாக்கப்பட்டு கிளர்வடைகிறது. ஏனெனில் ஊனாளு கடத்தல் பட்டை TiO<sub>2</sub> விட அதிகமான எதிர்மறை திறன்கொண்டது, மேலும் காட்மியம் சல்ஃபைடு கடத்தல் பட்டையில் உள்ள மின்னணுக்கள் TiO<sub>2</sub>வின் கடத்தல் பட்டைக்கு நகர்கின்றன.

அதேபோல், TiO<sub>2</sub>வின் இணை திறன் பட்டையில் உருவாக்கப்பட்ட அதிக நேர்மறை திறன் கொண்ட மின்துளைகள், குறைவான நேர்மறை திறன் கொண்ட காட்மியம் சல்ஃபைடு இணை திறன் பட்டைக்கு இடம் பெயர்கின்றன. எதிரெதிர் இடம் பெயர்ந்த உற்பத்தி செய்யப்பட்ட மின்னூட்டம், மின்னூட்டகடத்திகளின் பிரிதலை எளிதாக்குவதுடன் மறுசேர்க்கை விகிதத்தை குறைக்கிறது [10]. இதனால் அதிக செறிவு கொண்ட மேற்பரப்பு மின்னூட்டங்கள், நீண்ட ஆயுட்காலத்துடன் குறைப்பு எதிர்வினையில் பங்கேற்க முடிகிறது.

எனவே, ஒளி வினையூக்க செயல்பாடுகள் பெற்றோர் தனிமங்களை காட்டிலும் மீநுண்தொகுப்பிற்கு அதிகமாக காணப்படுகிறது. டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு செயல்படு தளங்களில் உள்ள மாற்றப்பட்ட மின்னணுக்கள், பரப்பு ஈர்ப்பு ஆக்ஸிஜனுடன் வினைபுரிந்து சூப்பராக்ஸைடு (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) உருவாக்குகின்றன. ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் அயனியோடு வினைபுரிந்து H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ஐ உருவாக்குகிறது, இது ஹைட்ராக்ஸிலாக சிதைகிறது. மறுபுறம்,

சிக்கிக்கொண்ட காட்மியம் சல்ஃபைடு நேர்மின்துகள்கள், பரப்பு ஈர்ப்பு நீர் மற்றும் மெத்திலின் நீல நிற மூலக்கூறுடன் வினை புரிந்து ·OH அடிப்படைகூறு மற்றும் உருமாற்றமடைந்த மெத்திலின் நீல பொருட்களை முறையே உருவாக்குகின்றன (11).

மொத்த ஹைட்ராக்ஸைல் அடிப்படைக் கூறுகள் சூப்பர்ராக்ஸைட் மூலமாக உருவாகின்றன. கவரப்பட்ட நேர்மின்துகள்கள் மூலமாக மீதமுள்ள மெத்திலின் நீல நிறமூலக்கூறுகள் வினை புரிகின்றன. எந்த உருமாற்றமடைந்த மெத்திலின் நீல நிறப்பொருட்களும், எளிய மூலக்கூறுகளை உருவாக்கும் [8].

#### 4. முடிவுகள்

இவ்வாய்வுக்கட்டுரையானது CdS/TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பை வெப்பக்கரைப்பான் முறையில் வெற்றிகரமாக தயாரிக்கப்பட்டதை விவரிக்கிறது. XRD பகுப்பாய்வு மூலம் CdS/TiO<sub>2</sub> கலவையின் அனலேஸ் மற்றும் அறுங்கோண உர்சைட் கட்ட உருவாக்கம் உறுதிசெய்யப்பட்டது. TEM படங்கள் CdS/TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பின் உருவாக்கத்தைக் காட்டுகிறது.

இந்த வினையூக்கியை பயன்படுத்தி, 150 நிமிடங்களுக்குள் மெத்திலின் நீலநிறத்தின் (செறிவு) குறைக்கலாம் என உறுதிசெய்யப்பட்டது. தயாரிக்கப்பட்ட CdS/TiO<sub>2</sub> மீநுண்தொகுப்பு புலப்படும் ஒளிகதிர்வீச்சின் கீழ் சிறப்பாக செயல்படுகின்றன.

## மேற்கோள்கள்

1. D.Zhao, G.Sheng, C.Chen, X. Wang, Appl. Catal. B: Environ. 111/112 (2012) 303-308.
2. V. Punsan-nga and V. Boonamnuayvitaya, (IJCEBS) Volume 3, Issue 4 (2015) ISSN 2320–4087.
3. Sessa S. Srinivasan, Jeremy Wade, and Elias K. Stefanakos, Volume 2006, Article ID 87326, Pages 1–7
4. H. Fuj, M. Ohtaki, K. Egushi, H. Arai, J. Mol. Catal. A: Chem. 129 (1998) 61-68
5. S. Ding, X. Yin, X. Lü, Y. Wang, F. Huang and D. Wan, ACS Appl. Mater. Interfaces, 4, 306–311, 2012.
6. Yubin Chen, Lianzhou Wang, Gaoqing (Max) Lu, Xiangdong Yao and Liejin Guo., J. Mater. Chem., 2011, 21, 5134–5141
7. X. Wang, Z. Feng, D. Fan, F. Fan, C. Li, Cryst. Growth Des., 10, 12, 2010.
8. A. Maurya, P. Chauhan, Mater. Charact., 62, 382–390, 2011.
9. Z. Rong Tang, X. Yin, Y. Zhang and Y. Xu, Inorg. Chem, 52, 11758–11766, 2013.
10. W. Li, X. Cui, P. Wang, Y. Shao, D. Li, and F. Teng, Materials Research Bulletin, vol. 48, no. 9, pp. 3025–3031, 2013.
11. W. Wang, J. Wang, Z. Wang et al., Dalton Transactions, vol. 43, no. 18, pp. 6735–6743, 2014.

# நேர்ச்சார்பிலா பொருள் வகையைச் சார்ந்த கரிம I – ஆர்ஜினினியம் டைஃபீனைல் அசிடேட்டின் கருவாக்க செயல்பாட்டியல்

ப. விவேக் <sup>அ\*</sup>, ரோ. மு. ஜாகர் <sup>ஆ\*</sup>

<sup>அ</sup>இயற்பியல் துறை, திரு சங்கரா கலை மற்றும் அறிவியல் கல்லூரி, ஏனாத்தூர், காஞ்சிபுரம் – 631561.

<sup>ஆ</sup>இயற்பியல் பிரிவு, மேம்பட்ட விஞ்ஞான பாடசாலை, விஜய் பல்கலைக்கழகம், சென்னை – 600127.

\* தொடர்பு ஆசிரியர் மின்னஞ்சல்: vivekvetri44@gmail.com

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

நேர்ச்சார்பிலா பொருள் வகையைச் சார்ந்த கரிம I-ஆர்ஜினினியம் டைஃபீனைல் அசிடேட் (APA) 1:1 விகிதம் தண்ணீர் மற்றும் எத்தனால் கரைப்பான் மூலம் ஒருங்கிணைக்கப்பட்டது. APA வின் கரைதிறன், கரு தோன்று காலம் மற்றும் இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. மேலும் APAவின் ஈரிசைவியக்க திறனானது KDPயை காட்டிலும் 2.4 மடங்கு அதிகமாகவும் urea வை காட்டிலும் 0.4 மடங்கு அதிகமாகவும் உள்ளது.

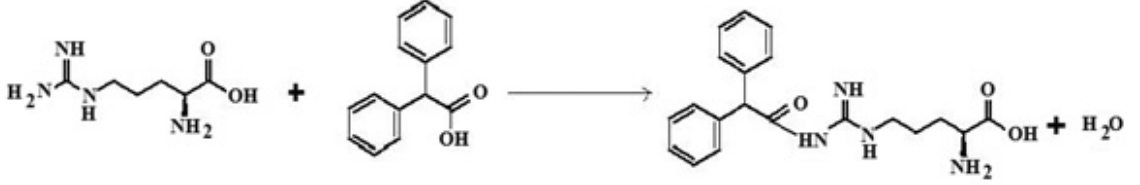
## 1. முன்னுரை

நேர்ச்சார்பிலா பொருள் வகையைச் சார்ந்த படிக்கங்கள் வேகமாக வளரும் துறைகளான ஒளி துகளியல் மற்றும் ஒளி மின்னணுவியலில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது [1]. இந்த சூழலில், கரிம பொருட்கள் பெரு விருப்பத்திற்கு காரணமாக இருக்கின்றன. ஏனெனில் கரிம பொறுட்களின் ஒளி ஏற்புத்திறன், உள்ளார்ந்த விரைவு வேக பிரதிபலிப்பு நேரம், செயற்கை நெகிழ்வு தன்மை ஆகியவை கனிம மூலங்களுடன் ஒப்பிடுகையில் அதிக செயல்பாட்டுத்திறன் கொண்டுள்ளது [2]. இந்த கட்டுரை APA படிக்கங்களின் வளர்ச்சி

மற்றும் கரு தோன்று கால அறிக்கையை வழங்குகிறது. ஒற்றை படிக்க APA மெதுவாக ஆவியாதல் நுட்பத்தின் மூலம் வளர்க்கப்பட்டது. ஒற்றை படிக்கத்தின் வளர்ச்சியை மேம்படுத்த இதனுடைய கரைதிறன், கரு தோன்று காலம் மற்றும் இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் ஆகியவை கண்டறியப்பட்டுள்ளது. APAவின் இடைமுக ஆற்றல், கரு தோன்று கால மதிப்புகளின் வாயிலாக கண்டறியப்பட்டுள்ளது. மொத்தப் படிக்கங்களின் வளர்ச்சிக்கான முறையான நிலையைப் பெற கருவாக்க செயல்பாட்டியல் ஆய்வு பொருத்தமாக இருந்தது.

## 2. பொருள் தொகுப்பு

I-ஆர்ஜினினியம் டைஃபீனைல் அசிடேட் (APA) 1:1 விகிதம் தண்ணீர் மற்றும் எத்தனால் கரைப்பான் மூலம் ஒருங்கிணைக்கப்பட்டது. இதன் தொகுப்பு எதிர்வினை பின்வருமாறு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



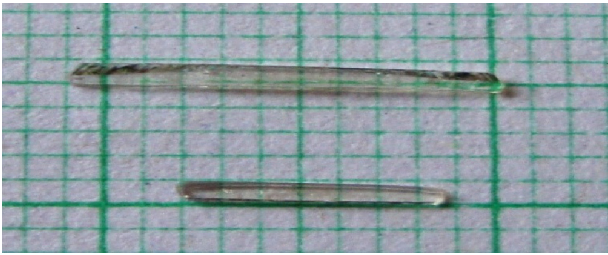
I-ஆர்ஜினினியம்

டைஃபீனைல் அசிடேட்

I-ஆர்ஜினினியம் டைஃபீனைல் அசிடேட்

## 3. படிக்க வளர்ச்சி

அறை வெப்பநிலையில் கலக்கக்கூடிய கரைப்பானில் மறு உருவப்பட்ட படிக்கம் கரைக்கப்பட்டது. APAவின் ஒளியூட்டக்கூடிய நிறமற்ற ஒற்றை படிக்கமானது மெதுவாக ஆவியாதல் முறை மூலம் வளர்க்கப்பட்டது. 36 நாட்களுக்குப் பிறகு அறுவடை செய்யப்பட்ட 11 x 2 x 2 mm<sup>3</sup> அளவு வளர்ந்த APA படிக்கமானது படம் 1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



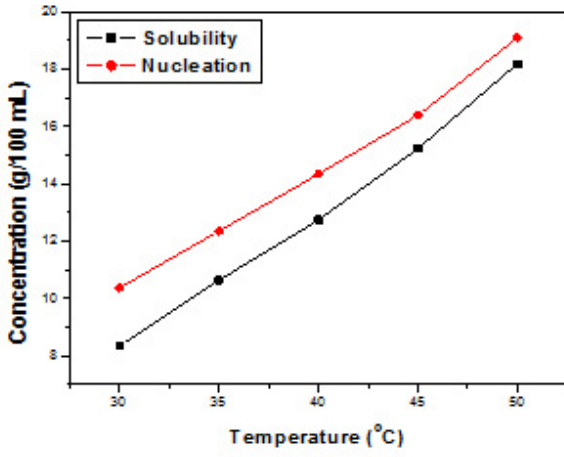
படம் 1 அறுவடை செய்யப்பட்ட

11 x 2 x 2 mm<sup>3</sup> அளவு வளர்ந்த APA படிக்கம்

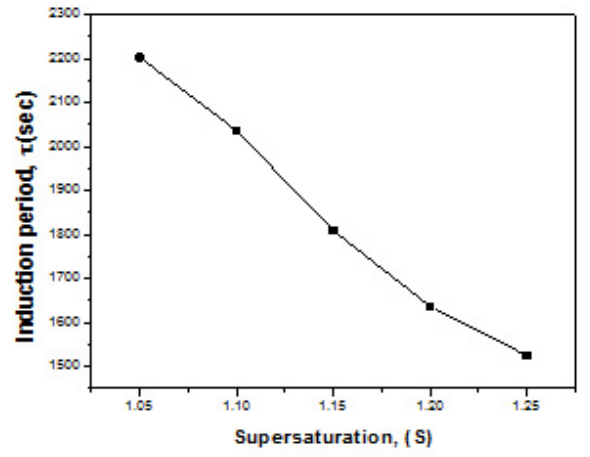
## 4. முடிவுகள் மற்றும் விவாதங்கள்

### 4.1 கரை திறன்

படிக்கத்தின் வளர்ச்சி விகிதத்தை தீர்மானிக்கும் முக்கிய காரணிகளில் ஒன்று, கரைதிறன் ஆகும். ஒரு படிக்கத்தின் கரைதிறன் அதிகமாயிருப்பின் அப்படிக்கத்தின் வளர்ச்சி விகிதமும் அதிகமாகும். தொடர்ச்சியான கிளையுடன் தொடர்ந்து வெப்பநிலையில் பராமரிக்கப்படும் ஒரு காற்று-இறுக்கமான கொள் கலனில் 100mL கலந்த கரைப்பான் கரைசலை கரைத்து, பல்வேறு விதமான வெப்பநிலை (30°C, 35°C, 40°C, 45°C மற்றும் 50°C) மூலம் APAவின் கரைதிறன் கண்டறியப்பட்டது. இக்கரைசல் செறிவு அடைந்தபின், கரைசலின் சமநிலை செறிவு, நிறைமானப்பகுப்பின் மூலம் கண்டறியப்பட்டது [3]. பல்வேறு விதமான வெப்பநிலை மூலம் கண்டறியப்பட்ட APAவின் கரைதிறன் படம் 2 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இப்படத்தின் மூலம் APAவின் கரைதிறன், வெப்பநிலை உயர உயர அதன் கரைதிறனும் உயருகிறது என்பதை உறுதி செய்கிறது.



படம் : 2 இடை நிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன்



படம் : 3 கரு தோன்று காலம் Vs மீத்தெவிட்டு நிலை

#### 4.2 கரு தோன்று காலம் மற்றும் இடை நிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் அளவீடு

APAவின் இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் வழக்கமான பலவகை வெப்ப முறையின் மூலம் கண்டறியப்பட்டது [3]. இவ்வாய்வு தாழ்வெப்பப் பெட்டியுடன் கூடிய நிலையான வெப்பநிலை பொருந்திய பெட்டியில் கண்டறியப்பட்டது. 100mL தெவிட்டல் நிலையடைந்த கரைசல் அனைத்து வெப்பநிலைகளுக்கும் பயன்படுத்தப்பட்டது. தெவிட்டல் நிலையடைந்த கரைசல் தொடர்ந்து 6 மணி நேரத்திற்கும் மேலாக செறிவூட்ட வெப்பநிலையில் ஒரு மூழ்கிய காந்த அதிர்வு மூலம் இயக்கப்பட்டது. இதன் பிறகு இக்கரைசல் தெவிட்டல் நிலையை காட்டிலும் 5°C கூடுதலாக்கப்பட்டு தொடர்ந்து ஒரு மணி நேரம் ஓரினத்தன்மையை அடைவதற்காக இயக்கப்பட்டது.

இக்கரைசல் அதன் வெப்பநிலையில் இருந்து முதல் சிறு புள்ளி உருவாகும் வரை குளிர்சூட்டப்பட்டது. முக்கிய கருவூலத்தை அடைந்த பிறகு முதல் புள்ளியை உருவாக்கும் நேரம் மிகவும் சிறியதாக இருப்பதால், முதல் முக்கிய புள்ளியை முதல் முக்கிய கருவின் உருவாக்கமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். முதல் புள்ளியைக் காணும் வெப்பநிலை நேரடி பார்வை

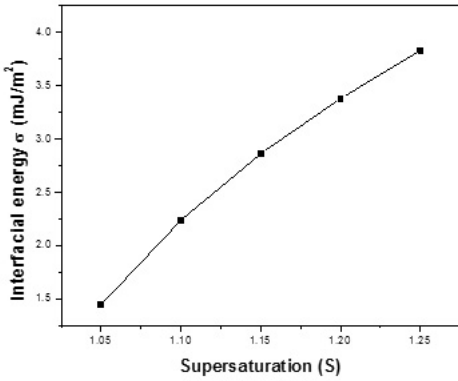
முறை மூலம் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. பல்வேறு பூரித வெப்பநிலைகளுக்கு இந்த சோதனை மீண்டும் உட்படுத்தப்பட்டது. செறிவூட்ட வெப்பநிலை மற்றும் கருவாக்க வெப்பநிலை ஆகியவற்றிற்கு இடையே உள்ள வேறுபாடே இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன்னாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. இவ்வேறு பாட்டினை படம் 2இல் காணலாம். அகலமான இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன்னுடன் கூடிய கரைசலின் நிலைப்புத்தன்மை பெரு படி வளர்ச்சிக்கு பயனுள்ளதாக இருக்கும்.

கரு தோன்று காலம் குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் (30°C) சமவெப்ப முறையின் மூலம் பல்வேறு மீத்தெவிட்டல் விகிதங்களுக்கு கண்டறியப்பட்டுள்ளது [4]. மீத்தெவிட்டல் நிலையை அடைந்ததிலிருந்து கரு உருவாவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட நேரமே கரு தோன்று காலம் எனப்படும். இதன் பிறகு இக்கரைசல் மீத்தெவிட்டல் நிலையை காட்டிலும் 5°C கூடுதலாக்கப்பட்டு தொடர்ந்து ஒரு மணி நேரம் ஓரினத்தன்மையை அடைவதற்காக இயக்கப்பட்டது. பின்னர் இக்கரைசல் தேவையான வெப்பநிலையில் குளிர்சூட்டப்பட்டது. தேவையான வெப்பநிலை மற்றும் செறிவு அடைந்த பின், அந்த வெப்பநிலையில் இக்கரைசல் பராமரிக்கப்பட்டு, முதல் படிசூத்தை உருவாக்கும் நேரம் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது.

இச்செயல்முறை பல்வேறு மீதெவிட்டல் விகிதங்களுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு அதன் தொடர்புடைய நேரமும் தீர்மானிக்கப்பட்டது. படம் 3இல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது போல் மீதெவிட்டல் நிலை உயர உயர கரு தோன்றல் காலம் குறைவடைகின்றது.

#### 4.3 APA வின் முகவிடை இழுவிசை

படிக மற்றும் கரைசல் இடைமுகத்தின் முகவிடை இழுவிசை என்பது கருவாக்கம் மற்றும் படிக வளர்ச்சி செயல்பாட்டியல் கோட்பாட்டின் ஒரு முக்கியமான அளவுருவாகும் [5-7]. இவ்வாய்வில் முகவிடை இழுவிசை ஓரின் கருவாக்க கோட்பாட்டின்படி அளவிடப்பட்டுள்ளது. மேலும் முகவிடை இழுவிசை கீழுள்ள சமன்பாட்டின் வாயிலாக கணக்கிடப்பட்டது.



படம் 4 கரைப்பானில் APA வின் முகவிடை இழுவிசை

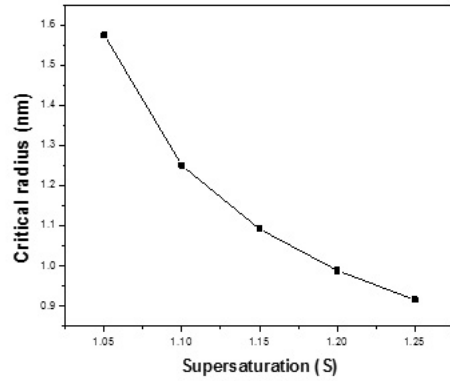
வெவ்வேறு மீதெவிட்டல் விகிதங்களின் கணக்கிடப்பட்ட முகவிடை இழுவிசையின் மதிப்பு 1.44 – 3.83 mJ/m<sup>2</sup> வரம்பாக உள்ளது. முகவிடை இழுவிசை மற்றும் மீதெவிட்டல் விகிதங்களின் இடையேயான தொடர்பு படம் 4இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முகவிடை இழுவிசை நேரடியாக கரைதிறனுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது, ஆனால் இது வளர்ச்சி வீதத்திற்கு நேர்மாறாக உள்ளது. APAவின் முகவிடை இழுவிசை மதிப்பு குறைவாக

$$\left\{ \text{QUOTE } \sigma^2 = \frac{3 \ln \tau R^3 T^3 (\ln S)^2}{16 \pi V^2 N^3} \right\} \quad (2)$$

இதில்  $\sigma$  என்பது முகவிடை இழுவிசை,  $V$  – படிகத்தின் மூலகூறு கன அளவு  $N$  – அவகாட்ரா எண்,  $R$  – வாயு மாறிலி,  $S$  – மீதெவிட்டல் விகிதம்.

இக்கரைசலுக்கு உட்படுத்தப்பட்ட திடப்பொருளின் முகவிடை இழுவிசை கீழுள்ள சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடப்பட்டது.

$$\left\{ \text{QUOTE } \ln \tau = -\ln B + \frac{16 \pi \sigma^3 V^2 N}{3 R^3 T^3 (\ln S)^2} \right\} \quad (1)$$



படம் - 5 மாறு நிலை ஆறம் Vs மீத்தெவிட்டு நிலை

உள்ளமையால் இதனுடைய வளர்ச்சி விகிதம் தண்ணீர் + எத்தனால் கரைப்பானில் அதிகமாக இருக்கக்கூடும் என்று உணரப்படுகின்றது. மாறுநிலை கருவின் ஆறம் மீதெவிட்டல் நிலையை சார்ந்து இருப்பதை படம் 5இல் காணலாம். ஒரு கோள படிக கருவை உருவாக்க தேவையான ஆற்றலை கீழ்வரும் சமன்பாட்டில் இருந்து கணக்கிடலாம்.

$$r^* = \frac{-2\sigma}{4G_v} \quad (4)$$

கிப்ஸ் ஆற்றலின் மூலம் கரு உருவாவதை கீழ்க்கண்டவாறு வெளிப்படுத்தலாம்

$$r^* = \frac{-2\sigma}{\Delta G_v} \quad (4)$$

$$i^* = \frac{4\pi(r^*)^3}{3v} \quad (5)$$

$$\Delta G_v = -kT \ln S/v \quad (6)$$

$$\Delta G^* = \frac{16\pi\sigma^3 v^3}{3(\Delta G_v)^2}$$

$$r^* = -\frac{2v\sigma}{kT \ln S/v} \quad (7)$$

இதில் மீதெவிட்டல் நிலை உயர உயர கரு தோன்று காலத்தின் நேரம் குறைகின்றது. மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன்பாட்டை பயன்படுத்தி கணக்கிடப் பட்ட APA படிக்கத்தின் கருவாக்க செயல்பாட்டியல் அளவறுக்கள் அட்டவணை 1 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 1 APA படிக்கத்தின் கருவாக்க செயல்பாட்டியல் அளவறுக்கள்

Super Saturation (S)	Interfacial energy ( $\sigma$ ) (mJ/m <sup>2</sup> )	Free energy change ( $\Delta G_v$ ) (X 10 <sup>6</sup> J/m <sup>3</sup> )	Critical energy barrier ( $\Delta G^*$ ) (X10 <sup>-20</sup> J/m <sup>3</sup> )	Critical radius $r^*$	No.of molecules in critical nucleus ( $i^*$ )
1.05	1.4413	-1.8306	1.4729	1.5746	146.7628
1.1	2.2352	-3.5761	1.4630	1.2500	73.4261
1.15	2.8622	-5.2440	1.4287	1.0916	48.9095
1.2	3.3814	-6.8409	1.3842	0.9880	36.2638
1.25	3.8317	-8.3726	1.3446	0.9152	28.8238

## 5. முடிவுரை

இவ்வாய்வில், APAவின் இடைநிலைப்பாட்டு மண்டல தடிமன், கரைதிறன் மற்றும் கரு தோன்று காலம் ஆகியவை முறையாக கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இதில் மீதெவிட்டல் நிலை உயர உயர கரு தோன்று காலத்தின் நேரம் குறைகின்றது. கருவாக்க செயல்பாட்டியல் மற்றும்

வளர்ச்சி விகிதத்தின் அளவறுக்கலான முக்கிய ஆறாம் மற்றும் முகவிடை எழுவிசை ஆகியவை கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இதில் மீதெவிட்டல் நிலை அதிகமாக அதிகமாக முக்கிய கருவாக்கத்தில் இருக்கும் மூலக்கூறுகளின் அளவு குறைகின்றது.

## References

- [1] X.Q. Wang, D. Xu, D R Yuan, Y.P. Tian, W.T. Yu, S V Sun, Zhang Z .H .Yang, Q. Fang, M.K. Lu, Y.X. Yan, F.Q. Meng, S.Y. Guo, G. H. and M. H. Jiang, Mater. Res. Bull. 34 (1999) 2003.
- [2] D.S. Chemla and J. Zyss, Nonlinear optical Properties of organic Molecules and Crystals, Academic press, New York. (1987).
- [3] J. Nyvlt, R. Rychly, J. Gottfried, and J. Wurzelova, J. Cryst. Growth. 6 (1970) 151.
- [4] N.P. Zaitseva, L.N. Rashkovich and S.V. Bagatyareva, J. cryst. Growth. 148 (1995) 276.
- [5] A.E. Nielson and S. Aig, J. Cryst. Growth. 8 (1971) 1.
- [6] M. Volmer and A. Weber, J. Phys. Chem. 119 (1926) 277.
- [7] P.M. Ushasree. R. Muralidharan, R. Jayavel, and P. Ramasamy, J. Cryst. Growth, 210 (2000) 741.
- [8] S. Arjunan, R.M. Kumar, R. Mohan and R. Jayavel, Cryst. Res. Technol. 43 (2008) 417.
- [9] K. Selvaraju, R. Valluvan, K. Kirubavathi and S. Kumararaman, Mater. Lett. 61 (2007) 3041.

# கிளைசின் குளுடாரிக் அமில தனிபடிக்கத்தின் வெப்ப இயக்க அளவுருக்களை மரபார்ந்த அணுக்கரு கோட்பாடு மற்றும் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு மூலம் ஆராய்தல்

சு. ராமா

இயற்பியல் துறை, செயின்ட் ஜோசப்ஸ் பொறிய கல்லூரி

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

கிளைசின் குளுடாரிக் அமில தனி படிக்கத்தின் வெப்ப இயக்க அளவுருக்களை மரபார்ந்த அணுக்கரு கோட்பாடு மற்றும் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு மூலம் ஆராயப்படுகிறது. மொத்த வெப்பம் (enthalpy), கிப்ஸ் கட்டிலா செயல்பாடு ஆற்றல் (Gibbs free energy of activation), தன் வெப்ப ஏற்புத்திறன் (specific heat capacity) மற்றும் இயல்பாற்றல் செயல்பாடு (entropy of activation) ஆகிய அளவுருக்கள் வெப்பத்தை பொருத்து மாறுவதை மேற்கண்ட கோட்பாடுகள் மூலம் கணக்கிடப்படுகிறது. சேர்மங்களின் வடிவியலானது DFT-B3LYP கணக்கீட்டை பயன்படுத்தி 6-31G (d,p) ஒப்புமை மற்றும் அதிர்வுறு அதிர்வெண் கணக்கிடப்படுகிறது. அதிர்வு பகுப்பாய்விலிருந்து, வெப்ப இயக்க அளவுருக்கள் கணக்கிடப்படுகிறது. வெப்ப இயக்க பண்புகள் மற்றும் வெப்பநிலையை பொறுத்து மாறுதல் ஆகியவற்றுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பு சமன்பாட்டையும் கணக்கிடப்படுகிறது. வெப்பநிலையை பொறுத்து கிப்ஸ் செயல்பாடு ஆற்றலில் ஏற்படும் மாற்றமானது அடர்த்தி செயல்கூறு கோட்பாடு மூலம் கணக்கிடப்படுகிறது. மேலும் இது அணுக்கரு வீதத்தை கணக்கிட பயன்படுகிறது. கிளைசின் குளுடாரிக் அமில தனிபடிக்கத்தின் இடை நிலைபாடு மண்டல தடிமன் ஆனது மீதெவிட்டு நிலை செயல் கூறுவை பொறுத்து கணக்கிடப்படுகிறது.

## முக்கிய வார்த்தைகள் :

கரு உருவாக்கம், கரைதிறன், கரைசலிளிருந்து வளர்த்தல், அடர்த்தி செயல்கூறு கோட்பாடு

## 1. முன்னுரை

கரைசலிளிருந்து படிமமாக்கலுக்கு கரைதிறன் வளைவரை மற்றும் கரைசலின் நிலைப்புத்தன்மை பற்றிய மழுமுமையான அறிதல் தேவைப்படுகிறது [1-3]. இயக்க மீதெவிட்டுநிலை செயல்முறை முழுவதும் சரியாக நடைபெற இந்த அளவுருக்களை பற்றிய அறிதலானது மிக முக்கியமானது. கரு உருவாக்கத்தின் இயக்கம் வேறுபட்ட கரைசலின் செறிவை பொருது இடை நிலைபாடு மண்டல தடிமன் ஏற்படுகிறது. கரு உருவாக்கத்தை கண்டறிய பல முறைகள் உள்ளது. இயக்கத்தின் மதிப்பீடு கண்டறிதலானது வெற்றிகரமான தாக்கத்தை ஏற்படுத்தும் அதிலும் குறிப்பாக மாறுநிலை படிக்கருவின் வளர்ச்சியை கண்டறிவது முக்கியமானதாகும் [4-5]. இந்த முக்கிய ஆய்வுகள் படிக்கத்தின் கரு உருவாக்க அளவுருக்களை கண்டறியப் பயன்படுகின்றது.

கரு உருவாக்க செயலின் அடிப்படை கோட்பாடுகள் மற்றும் பண்பாடுகளை மரபார்ந்த அணுக்கரு கோட்பாடுகள் (Classical nucleation theory(CNT))விவரிக்கிறது. பேரியலான வெப்ப இயக்கவியல் பற்றிய கருத்துகளை விவரிக்கிறது. மரபார்ந்த அணுக்கரு கோட்பாடுகளானது அணு மற்றும் நீர்ம மூலக்கூறு ஆராய்ச்சியக ஆய்வு முடிவுகளில் சில தவறான தகவல்களை அளிக்கிறது. அடர்த்தி செயல்கூறு கோட்பாடானது ஆய்வக தொடர்பான மற்றும் மொத்த வெப்பம் பிரச்சனைகள் போன்ற இடர்வுகளை நீக்குகிறது. அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடானது மென்பொருளை பயன்படுத்தி கணக்கீட்ப்படுகிறது.

கருவாக்கம் உருவதலில் அடர்த்தி செயல்கூறு கோட்பாட்டின் குவாண்டம் வேதி கணக்கீடுகள் மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது என உறுதிசெயப்பட்டுள்ளது[6-9]. அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடானது (Density Functional Theory (DFT)) படிக்கத்தின் கட்டிலா ஆற்றல் உருவாக்கத்தை கணக்கிட பெரிதும் பயன்படுகிறது. ஆற்றல் உருவாக்கமானது கரு

உருவாக்கம் உருவாவது பற்றிய தெளிவை ஏற்படுத்துகிறது.

இந்த ஆராய்ச்சியில், கிளைசின் குளுடாரிக் அமில தனிபடிமத்தின் கிப்ஸ் கட்டிலா செயல்பாடு உருவாக்கம் கணக்கிடப்பட்டது. கட்டிலா ஆற்றல் உருவாக்கத்தை பயன்படுத்தி கரு உருவாக்கம் மற்றும் கரு உருவாக்க வீதம் கணக்கிடப்படுகிறது.

மேலும் வேறுபட்ட வெப்ப நிலைக்கான வெப்பவியல் அளவுருக்கள் வரைபடம் மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளது. மேற்கண்ட அளவுருக்களிலிருந்து இடை நிலைபாடு மண்டல தடிமன் ஆனது மரபார்ந்த அணுக்கரு கோட்பாடுகள் (CNT) மற்றும் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடுகள் மூலம் கணக்கிடப்படுகிறது.

## 2. படிமமாக்கல் நிகழ்வு

கிளைசின் குளுடாரிக் அமிலம் வேதிவினை மூலம் பொருளாக்கம் செய்யப் பட்டது. கிளைசின் மற்றும் குளுடாரிக் அமிலமானது 1:1 என்ற வேதிச்சமானத்தில் எடுத்துக்கொண்டு மெதுவாக ஆவியாதல் முறை மூலம் கிளைசின் குளுடாரிக் அமில தனிப்படிமம் வளர்க்கப்பட்டது. கரைதிறன் ஆய்வானது வெப்பநிலை மாறாத தண்ணீர் தொட்டியில் மேற்கொள்ளப்பட்டது. 30°C வெப்பநிலையில் 10 மி.லி சுத்தம் செய்யப்பட்ட நீரில் கரைபொருளானது கரைக்கப்பட்டு கரைதிறன் ஆய்வு செய்யப்பட்டது. கரைசலானது தொடர்ந்து மெணி நேரம் மூழ்கும் காந்த கலக்கி மூலம் கலக்கப்பட்டது. தெவிட்டுநிலை அடையும் பொழுது, கரைபொருளின் செறிவின் சமநிலை பருமனளவிடல் மூலம் கணக்கிடப்படுகிறது. இதே முறையில் 35 °C முதல் 50 °C வெப்பநிலை வரை கரைதிறன் கணக்கிடப்படுகிறது.

### 2.1 கணக்கீட்டு விவரங்கள்

கிளைசின் குளுடாரிக் அமில படிக்கத்தின் மூலக்கூறு வடிவியலானது முந்தைய ஆராய்ச்சி கட்டுரையில் இருந்து எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது [10-11]. Gaussian 03W Hartee Fork (HF)

மற்றும் DFT (B3LYP) நிலை 6-31G (d,p) basis set மென்பொருளை பயன்படுத்தி மூலக்கூறு வடிவியல் ஒழுங்கு படுத்துதல், ஆற்றல் மற்றும் அதிர்வுறு அதிர்வெண்கள் ஆகியவை கணக்கிடப்பட்டது [12-13] கணக்கீடப்பட்ட விசை மாறிலியின் கர்ட்சீயன் சார்பு (cartesian) கணக்கிடப்பட்டது. GAUSS VIEW 05 [14-15] பயன்படுத்தி அதிர்வுறு நிலை கொடுக்கப்பட்டது.

### 3. ஆய்வு முடிவுகள் மற்றும் விவாதங்கள்

#### 3.1 கரு உருவாக்க அளவுருக்கள்.

முகவிடை ஆற்றலின் (interfacial energy) வளரும் படிசும மற்றும் சுற்றியுள்ள நிலை படிசுத்தின் கரு உருவாக்கத்திற்கு இடைப்பட்ட இடைமுகப்பு மிகவும் முக்கியமானதாகும். முகவிடை ஆற்றலை கணக்கீடு முறை மூலம் படிசு-கரைசல் இடைமுகப்பு மூலம் கண்டறிவது மிக கடினம். கரு உருவாக்க ஆய்வானது மீதெவிட்டு கரைசளிலிருந்து முகவிடை ஆற்றல் மற்றும் முகவிடை ஆற்றல் மற்றும் கரைதிரனுக்கு இடைப்பட்ட ஒப்புமையை கண்டறிய பயன்படுகிறது. மேலும் பல ஆராய்ச்சியர்கள் குறைந்த வெப்பநிலையில் வளர்ச்சி கரைதிறனை கண்டறிந்துள்ளனர். முகவிடை ஆற்றல் மற்றும் கரைதிரனுக்கு இடைப்பட்ட ஒப்புமையை பல கணக்கீடுகள் மூலம் பெறப்பட்டுள்ளது [16]. முகவிடை ஆற்றல் மற்றும் கரைதிரனுக்கு

இடைப்பட்ட ஒப்புமையை Bennema and Sohnel [17] கணக்கீடுகள் மூலம் கொடுத்துள்ளனர். இந்த ஆய்வில் முகவிடை ஆற்றல் மற்றும் கரைதிரனுக்கு இடைப்பட்ட ஒப்புமையை பயன்படுத்தி வெப்பநிலையை வேறுபடுத்தி கணக்கீடுகள் கணக்கிடப்பட்டு அட்டவணைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

கரு உருவாக்க வெப்பவியல் அளவுருக்கள் முகவிடை ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி கணக்கிடப்பட்டது. இந்த ஆய்வானது கரு உருவாக்கம் பற்றியதாகும் [18]. கிளைசின் குளுடாரிக் அமில படிசுத்தின் கரு உருவாக்க அளவுருக்களான முகவிடை ஆற்றல் (interfacial energy), பரும கட்டிலா ஆற்றல் (volume of free energy), கரு உருவாக்கத்திற்கான மாறுநிலை ஆற்றல் அரண் (critical energy barrier for nucleation), மாறுநிலைகருக்களின் ஆரம் (radius of the critical nucleus) மற்றும் கரு உருவாக்க வீதம் (nucleation rate) ஆகியவை வேறுபட்ட வெப்பநிலைக்கு கணக்கிடப்பட்டு அட்டவணை 1. ல் அட்டவணைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 1 ஆனது கிளைசின் குளுடாரிக் அமில படிசுத்தின் வேறுபட்ட வெப்பநிலைக்கு கணக்கிடப்பட்ட கரு உருவாக்க அளவுருக்கள் காட்டப்பட்டுள்ளது. கிளைசின் குளுடாரிக் அமில படிசுத்தின் பரும கட்டிலா ஆற்றலானது

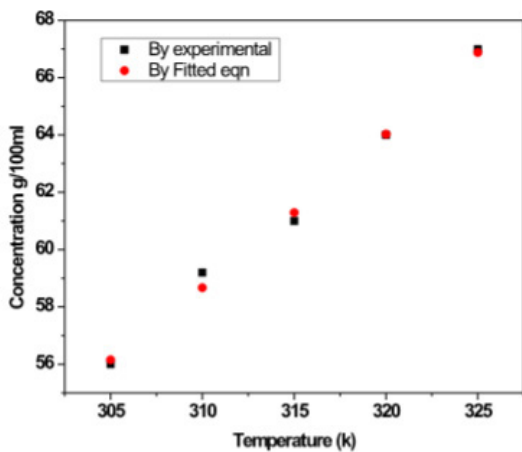


Figure 1 Polyfitted concentration Vs Temperature

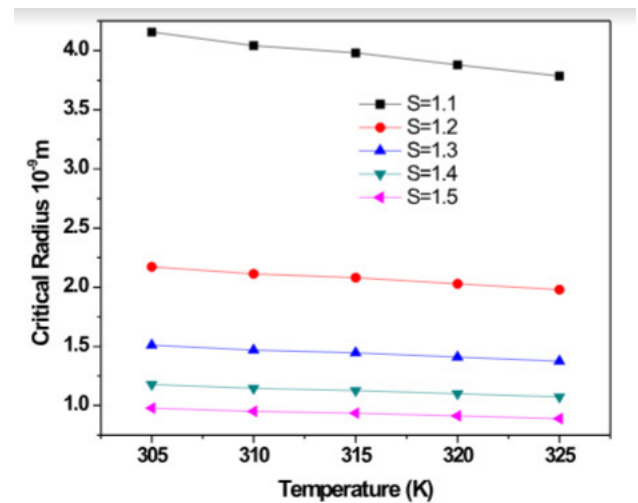


Figure 2 Temperature vs Critical radius ( $r^*$ )

Table 1 Nucleation parameters of glycine glutaric acid crystal

S=C/C*	T(K)	$\Delta G_c \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$	$\gamma \text{ J/m}^2$	$\Delta G^* \cdot 10^{-19} \text{ J}$	$r^* \cdot 10^{-9} \text{ m}$	$i^* \cdot 10^3$	$J \cdot 10^{12} \text{ nue/m}^3/\text{sec}$
1.1	305	-1.738518	0.003613	2.613971	4.156819	1.303205	3.746319
	310	-1.767018	0.003571	2.442017	4.041629	1.197840	3.541567
	315	-1.795519	0.003573	2.368794	3.979541	1.143480	3.433591
	320	-1.824019	0.003539	2.230339	3.880024	1.059821	3.264009
	325	-1.852519	0.003506	2.102914	3.785066	9.838974	3.106201
1.2	305	-3.325661	0.003613	0.7143373	2.173013	0.1861729	4.023781
	310	-3.380180	0.003571	0.6673464	2.112797	0.1711207	3.9678275
	315	-3.434699	0.003573	0.6473362	2.080340	0.1633549	3.9383204
	320	-3.489218	0.003539	0.6094997	2.028316	0.1514037	3.8919775
	325	-3.543737	0.003506	0.5746774	1.978676	0.1405574	3.8488522
1.3	305	-4.785690	0.003613	0.3449610	1.510065	0.06247646	6.4943948
	310	-4.864144	0.003571	0.3222686	1.468220	0.05742520	6.4673741
	315	-4.942598	0.003573	0.3126055	1.445665	0.05481914	6.4531248
	320	-5.021052	0.003539	0.2943338	1.409513	0.05080850	6.4307453
	325	-5.099506	0.003506	0.2775178	1.375017	0.04716867	6.4099197
1.4	305	-6.137467	0.003613	0.2097398	1.177473	0.02961984	9.3005971
	310	-6.238081	0.003571	0.1959426	1.144844	0.02722506	9.2841682
	315	-6.338695	0.003573	0.1900673	1.127257	0.02598954	9.2755045
	320	-6.439309	0.003539	0.1789580	1.099068	0.02408811	9.2618976
	325	-6.539923	0.003506	0.1687336	1.072170	0.02236248	9.2492353
1.5	305	-7.395940	0.003613	0.1444350	0.9771177	0.01692661	11.2070028
	310	-7.517185	0.003571	0.1349337	0.9500408	0.01555808	11.1956893
	315	-7.638430	0.003573	0.1308877	0.9354462	0.01485203	11.1897231
	320	-7.759675	0.003539	0.1232374	0.9120533	0.01376544	11.1803528
	325	-7.880920	0.003506	0.1161965	0.8897322	0.01277930	11.1716331

(volume of free energy) மீதெவிட்டுநிலை மற்றும் வெப்பம் உயரும் பொழுது குறைகிறது, இது படிமமாக்கலுக்கு வழி வகுக்கிறது.

படம் 2 ல் மாறுபட்ட ஆற்றல் அரண் (variation of energy barrier) மற்றும் வெப்பநிலை காட்டப்பட்டுள்ளது. மீதெவிட்டு நிலை உயர்கிறது ஆற்றல் அரணானது குறைகிறது, இதன் மூலம் கருவானது திடமாகிறது. படம் 3 ல் மாறுநிலைகருக்களின் ஆரம் (change in critical radius) மற்றும் சார்பு வெப்பநிலை மேலும் மீதெவிட்டு நிலை கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. மீதெவிட்டு நிலை அதிகரிக்கும் பொழுது முகவிடை ஆற்றலானது குறைகின்றது, மேலும் இது சார்பு மாறுநிலைகருக்களின் ஆரத்தை குறைக்கிறது. இப்பண்பானது, கட்டிலா ஆற்றலை குறைக்கிறது.

### 3.2 கிளைசின் குளுடாரிக் அமில படிமத்தின் சமநிலை செறிவு

கிளைசின் குளுடாரிக் அமில படிமத்தின் கரைதிறன் தரவானது இரண்டாம் கட்ட பாலினாமியல் (second order polynomial) சமன்பாட்டில் அனைத்து சமநிலை வெப்ப நிலைக்கும் பொருத்தப்பட்டது [19].

$$C_{sat}=0.00228571T^2-0.904T+119.286 \quad (1)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை பயன்படுத்தி வரைபடம் வரையப்பட்டது (படம்.1). தொடர்பு சமன்பாட்டை பயன்படுத்தி கிளைசின் குளுடாரிக் அமில படிமத்தின் செறிவு தெவிட்டு நிலையானது எந்த ஒரு வெப்பநிலைக்கும் கணக்கிடலாம். முடிவு-எத்தனால் அமைப்பிற்கு மற்றும் பாஸ்பாரிக் அமிலத்திற்கு றுயனை டு-அயசநவயட யனே லுடிபே ஆயநவயட தொடர்பு சமன்பாட்டை கண்டறிந்தனர் ஸ20-ஓ. இந்த ஆய்வில் இரண்டாம் கட்ட பாலினாமியலிருந்து தொடர்பு சமன்பாட்டை கண்டறியப்பட்டது. கணக்கிடப்பட்ட கணக்கீடுகள் ஆய்வு முடிவுகளுடன் ஒத்து போகிறது.

### 3.3 கரு உருவாக்கமொத்த வெப்பம்

கரைசலின் கரைதிறன் மற்றும் மொத்த வெப்பம் ஆகிவற்றுக்கு இடையயான தொடர் பானது கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது [21]

$$\ln X_m = \frac{-\Delta H_f}{RT} + \frac{\Delta S_f}{R} \quad (2)$$

$\Delta H_f$  - உருகுதலின் உள்ளடக்க வெப்பம் (Enthalpy of fusion (J mol<sup>-1</sup>))

R - வாயு மாறிலி (Gas constant) (J K<sup>-1</sup> mol)

$\Delta S_f$  - கலந்த அதிக மொத வெப்பம் (Excess entropy of mixing).

சமன்பாடு 2 லிருந்து ln Vs 1/T வரை படத்தில் நேர்கோடு கிடைக்கப் பெறுகிறது. சாய்வு (slope) ஆனது சமமாகவும் மேலும் இடைவெட்டு ஆனது சமமாகவும் உள்ளது. உருகுதலின் உள்ளடக்க வெப்பம் கரைதிறன் வரைவிலிருந்து கணக்கிடப்பட்டது. இதன் மதிப்பானது 1.7x104J/mol ஆகும். மொத்த வெப்பமானது சிறும இருபடி முறை மூலம் கணக்கிடப்பட்டது. கிளைசின் குளுடாரிக் அமில படிமத்தின் மொத்த வெப்பம் கரு உருவாக்க நிகழ்வில் இருந்து கணக்கிடப்பட்டது [18]. கணக்கிடப்பட்ட முடிவிலிருந்து, மொத்த வெப்பம் அனைத்து சமநிலை வெப்பத்திற்கும் மாறிலியாக உள்ளது. துல்லியமான மொத்த வெப்ப அளவானது சரியாக இருக்க வேண்டும். இந்த முடிவின் மூலமாக அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகிறது.

### 3.4 இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன்

படிமமயமாக்கல் செயல்முறையின் தொடக்க நிலை மீதெவிட்டிய கரைசலிருந்து படிம கட்டத்தில் விதையை உருவாக்குவது ஆகும். பாரம்பரிய கோட்பாடுகள் ஒருபடித்தான அணுக்கருநிலைக்கு, இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் தளர்வு செயல்முறை என்று விவரிக்கின்றன. ஒரு வெப்பநிலையில் மீதெவிட்டிய கரைசலின் ஒப்பீட்டு:

$$S = 1 + \frac{\Delta H_f \Delta T_{max}}{RT^2} \quad (3)$$

அலகு நேரத்திற்கு ஒரு அலகு தொகுதி ஒன்றுக்கு ஒரு கரு வளர தேவையான அதிகபட்ச வெப்பநிலை மாறு நிலை மிகப்பெரிய குளிர்

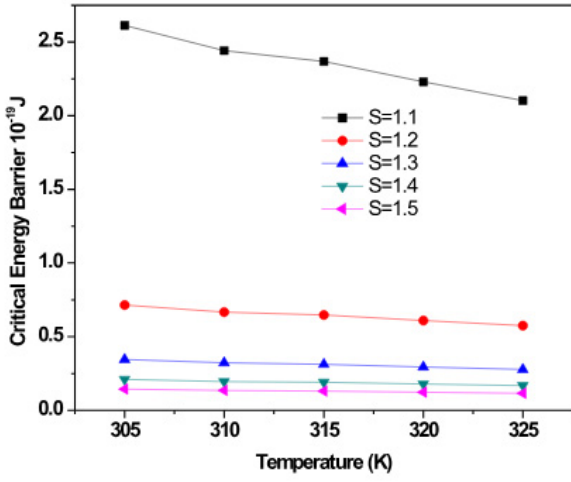


Figure 3 Temperature vs Critical Energy Barrier ( $\square G^*$ )

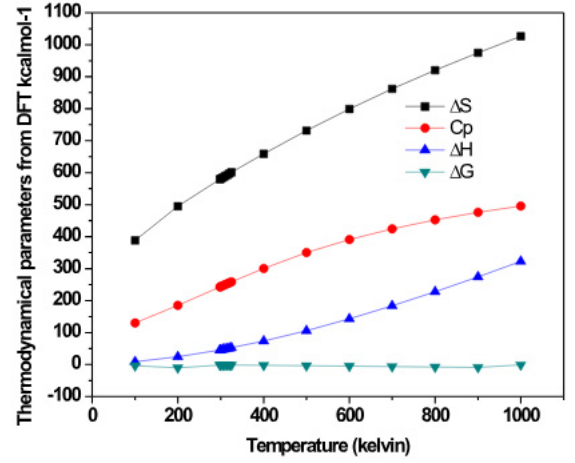


Figure 4 Correlation graphic of thermodynamic parameters and temperature for glycine glutaric acid

வெப்பநிலை ஆகும், இது இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இது கொண்டு பெறப்பட்டது:

சமன்பாடு (4), அணுக்கருவின் உள்ளிழுக்கும் சமன்பாடு (2) இலிருந்து பெறப்படுகிறது. அட்டவணை 2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளபடி அளவிடப்பட்ட இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் பல்வேறு மீதெவிட்டியநிலை மதிப்புகளுக்கு கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன், சமநிலை வெப்பநிலை ( $t^*$ ) மற்றும் அணுக்கரு வெப்பநிலை ( $t_n$ ) கொண்டு சமன்பாடு 5 யை பயன்படுத்தி பெறலாம்:

$$\Delta T_{\max} = t^* - t_n$$

மேலே உள்ள சமன்பாட்டு, ஒவ்வொரு சமநிலை வெப்பநிலைக்குமான கருவாக்கா வெப்பநிலையை கணக்கிடப் பயன்படுகிறது. இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் சோதனை வழக்கமான பாலவெப்ப முறை மூலம் அளவிடப்பட்டது. வெவ்வேறு சமநிலை வெப்பநிலைகளுக்கான இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் சோதனை மதிப்பீடுகளை தனராஜ் குழுவினர் வெளியிட்டனர். இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத்

தடிமனை அளவிடுவது கடினமான பணியாகும் மற்றும் பரிசோதனைக்கு அதிக நேரத்தை எடுத்துக்கொள்கிறது. மாற்றியமைக்கக்கூடிய மண்டல தடிமத்தின் கோட்பாட்டு கணிப்பு ஏற்கனவே பல முன்னோடிகளால் முன்மொழியப்பட்டது. இதுவரை எடுக்கப்பட்ட ஆராய்ச்சியிலிருந்து தற்போதைய பணி வேறுபடுகின்றது.

### 3.5 கருவாக்கத்திற்கான

#### அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு (DFT)

பாரம்பரிய கரு கோட்பாட்டை மேம்படுத்துவதற்கான மிக அடிப்படை அணுகுமுறை நுண்ணோக்கி கோட்பாட்டின் வளர்ச்சி மூலமாக உள்ளது. எந்தவொரு நுண்ணோக்கி கோட்பாட்டின் குறிக்கோளானது திரள் உருவாக்கத்தின் கட்டிலா ஆற்றலை மதிப்பீடு செய்வதற்கு மொத்த வெப்பவியக்கவியல் பண்புகளை மிக எளிமையாக பயன்படுத்துவதாகும். பல்வேறு வகையான நுண்ணோக்கி அணுகுமுறைகள் உள்ளன, ஒரு முக்கிய அணுகுமுறை அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு என்று அழைக்கப்படுகிறது. அணுக்கருவிற்கான அடர்த்தி செயல்பாட்டு அணுகுமுறை முதலில் ஓக்ஸ்டோபி (Oxtoby) மற்றும் இவன்ஸ் (Evans) ஆல் செயல்படுத்தப்பட்டது [23-24]. திரவத்தில்

துளையிடுதல் உருவாக்கம் பற்றிய ஆய்வில் இது செயல்படுத்தப்பட்டது. அடர்த்தி செயல்பாட்டுக் கோட்பாட்டில் சீர்ற்ற அமைப்பின் கட்டிலா ஆற்றல், இது உள்ளார்ந்த அடர்த்தி  $\rho(r)$  சார்பின் ஒவ்வொரு திரவ  $r$  நிலைக்கும் இடையில் இருக்கும். கருவின் முன்னிலையில் உள்ள, திரவ ஒருபடியற்ற தன்மையை உருவாக்குகிறது. ஒருபடியற்ற தன்மையை, அணுவின் மையப் பகுதியில் அதன் மதிப்பிலிருந்து தொடர்ச்சியான மாறுபாடுகளிலிருந்து இதன் மதிப்பு தாயின் வளர்சிதைமாற்ற நிலை கருவிற்கு அப்பால் இருக்கும் வரை கணக்கிடப்படுகிறது. மாறு கருவின் பண்புகள் அடர்த்தித்திறன் மூலம் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது, இது ஒரே சீரான திரவங்களின் கட்டிலா ஆற்றல் குறைகிறது. ஜெங் (Zeng) மற்றும் ஒக்டோபி (Oxtoby) [40] ஆகியவை அடர்த்தி-செயல்பாட்டுக் கோட்பாட்டிலிருந்து கட்டிலா ஆற்றலைப் பெற்றன. இது பாரம்பரிய கரு கோட்பாட்டிற்கு கருவாக்க அளவுருக்கள் ஒப்பிடக்கூடிய மாறுபாடுகளுக்கு வழிவகுக்கும்.

### 3.6 அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாட்டிலிருந்து வெப்பவியக்கவியல் பண்புகள்

கிளைசின் குளுதரிக் அமில படிசுங்களின் கணக்கிடுதல் காசியன் மென்பொருளால் செய்யப்படுகிறது, இது அதிர்வு அதிர்வெண் வெளியீடு கோப்பை வழங்குகிறது. தேவையான அணைத்து தகவல்களும் வழக்கமாக வெளியீட்டு கோப்பில் ஒரு அதிர்வு அதிர்வெண் கணக்கீட்டினால் செயல்படுத்தப்படுகிறது, துளியம் வேதியியல் மென்பொருள் காசியன் கொண்டு கணக்கிடப்பட்டது. ஒரு இலவச பெர்ல் அச்சைப் பதிவிறக்குவதன் மூலம், இது ஒரு காஸியன் வெளியீட்டு கோப்பில் இருந்து அத்தியாவசிய தரவை தானாக பிரித்தெடுத்து, பல வெப்பநிலைகளில் வெப்ப இயக்கவியல் செயல்பாடுகளை கணக்கிடுகிறது. கிளைசின் குளுதரிக் அமில படிசுங்களின் வெப்ப இயக்கவியல் அளவுருக்களை படம் காட்டுகிறது, இது 305–325 மு படிசு வெப்பநிலை வரை

யுள்ளது. B3LYP நிலை மற்றும் புள்ளியியல் வெப்ப இயக்கவியலில் உள்ள அதிர்வு பகுப்பாய்வின் அடிப்படையில், நிலையான வெப்ப இயக்கவியல் செயல்பாடுகள்: வெப்ப திறன் ( $C_p$ ), இயல்பாற்றல் ( $H$ ) மற்றும் உள்ளடக்க வெப்பம் ( $S$ ) அட்டவணையில் 3 பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன. வெப்ப திறன், இயல்பாற்றல் மற்றும் உள்ளடக்க வெப்பம் ஆகியவை எந்த வெப்பநிலையிலும் அதிகரிக்கின்றன என்பதைக் காணலாம் (200.0 800.0 K). ஏனென்றால் மூலக்கூறு அதிர்வு அதிகரிக்கும் பொழுது வெப்பநிலையும் அதிகரிக்கும் (படம் 4). இந்த வெப்பநிலை மற்றும் வெப்பநிலைகளுக்கு இடையிலான கூட்டு சமன்பாடுகள் பின்வருமாறு:

$$C_p = -8.643 \times 10^{-5} T^2 + 0.22733T + 24.715 \quad R^2 = 0.99947 \quad (5)$$

$$S = -1.09357 \times 10^{-6} T^2 + 0.35601T + 212.329 \quad R^2 = 0.99899 \quad (6)$$

$$H = 6.6456 \times 10^{-5} T^2 + 0.04658T - 2.2313 \quad R^2 = 0.9997 \quad (7)$$

இந்த சமன்பாடுகள் தலைப்பு கலவை பற்றிய மேலும் ஆய்வுகள் பயனுள்ளதாக இருக்கும். உதாரணமாக, கிளைசி-குளுட்டரி கலப்புக்கும் மற்றொரு கலவைக்கும் இடையேயான தொடர்பு ஆராயப்படும்போது. இந்த சமன்பாடுகளிலிருந்து வெப்பநிலையான பண்புகள்  $C_p$ ,  $H$  மற்றும்  $S$  ஆகியவற்றைப் பெறலாம். பின்னர் விடையிறுக்கின் கிப்ஸ் கட்டிலா ஆற்றல் மாற்றத்தைக் கணக்கிட பயன்படுத்தப்பட்டது, இது பிற்போக்குத்தனத்தின் தன்மையினை தீர்ப்பில் உதவுகிறது.

### 3.7 அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாட்டிலிருந்து இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன்

படிகமாக்கிகள் சில உகந்த அளவிலான மீதெவிட்டிய மட்டத்தில் இயக்கப்பட்டது, அதிகபட்ச மீதெவிட்டிய மதிப்பை விட குறைவாக இருக்கும் [2]. பல்வேறு குளிர்ச்சி விகிதங்கள் மற்றும் கரைசல் செறிவு கருக்கான மாற்றியமைக்கக்கூடிய மண்டலத் தடிமனை அளவிடுவதன் மூலம் முதன்மைகருஇயக்கவியல் கணக்கிடப்பட்டது. வெப்பவியக்கவியல் அளவுருக்கள் கணக்கிடப்பட்டன. அவை முறையே இணைத்தல் மற்றும் உள்ளடக்க

வெப்பம், அகரு வெப்பநிலை. அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்டிலிருந்து பெறப்பட்ட உள்ளடக்க வெப்ப தரவுகளைப் பயன்படுத்தி இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமனைக் கணக்கிட முடியும். மீதேவிட்டிய மதிப்பீடுகளின் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கான இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் அட்டவணை 2 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

பாரம்பரிய கரு கோட்பாடு மற்றும் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாட்டு அணுகுமுறைகளுக்கு மீட்டமைக்கக்கூடிய இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் வேறுபாட்டை படம் (5) காட்டுகிறது. பாரம்பரிய கரு கோட்பட்டை கொண்டு அளவிடப்பட்ட இடைமுக ஆற்றல் மாறுநிலைகருவின் அளவானது படிமையாக்கும் சேர்மத்தின் பெரிய மொத்த படிமத்தின் அளவு போன்றே உள்ளது. ஒரு மாறுநிலை கருவியில் உள்ள அணுக்கள்/மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையானது ஒரு சிலவற்றிலிருந்து 1000 க்கும் குறைவாக இருக்கலாம்.

பாரம்பரிய கரு கோட்பட்டிலிருந்து மதிப்பீடு செய்யப்பட்ட முடிவுகளை மேம்படுத்த, அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு, வெப்ப இயக்கவியல் அளவுருவை மதிப்பீடு செய்வதற்குப் பயன்படுத்தலாம். அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு நுண்ணோக்கி புள்ளியின் மூலம் படிம கருவை விவரிக்க ஒரு கருவியாக செயல்படுகிறது. பாரம்பரிய கரு கோட்பாடு மற்றும் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாட்டுகள் அதே கரு வெப்பநிலையை சார்ந்துள்ளன, ஆனால் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு கரு வெப்பநிலையை மிகைப்படுத்துகிறது. கருவாக்க விகிதம் பாரம்பரிய கரு கோட்பாட்டிலிருந்து பரளவான மேற்பரப்பு கட்டிலா ஆற்றல் மூலம் செய்யப்படுகிறது. ஆய்வில் இருந்து, அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு அணுகுமுறை இயற்கையாக பாரம்பரிய கரு கோட்பாட்டுக்கு சமமானதாக இருக்கும். அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடானது இயல்பாற்றலில் இருந்து கருவின் அளவுருக்கள் மதிப்பீடு

Table 2 Metastablezonewidth for glycine glutaricacid

Method	Equilibrium Temperature (K)	Supersaturation	Nucleation temperature (k)	MZW
DFT	305	1.1	16.2985	288.70
	310	1.11	18.0491	291.95
	315	1.12	19.8172	295.18
	320	1.13	21.606	298.39
	325	1.14	23.4154	301.58
CNT (Theoretical)	305	1.1	10.747735	294.25
	310	1.1	11.103008	298.89
	315	1.1	11.464058	303.53
	320	1.1	11.830885	308.16
	325	1.1	12.203488	312.79

மற்றும் இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் அளவீடுகள் மதிப்பீடு அதன் துல்லியம் இரசாயன பொறியியல் நோக்கங்களுக்காக போதுமான தரவை வழிவகுக்கிறது. மீதெவிட்டிய அடிப்படையில் வெளிப்படுத்தப்படும் இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் குறைகிறது

பொருட்களின் கரைசல் தன்மையை அதிகரிக்கும் பொழுது. சமன்பாடு 3 ஐப் பயன்படுத்தி, இடை நிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமனை கணக்கிட முடியும். அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாட்டிலிருந்து வரையறுக்கப்பட்ட இயல்பாற்றல் சமன்பாடு 3 ஐப் பயன்படுத்தி பெறப்பட்டது. பாரம்பரிய கரு தத்துவத்தின்படி இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமனை கொண்டு மதிப்பிடலாம் இது மீதெவிட்டிய நிலையான மதிப்பு இயல்பாற்றல் கட்டுப்பாடுகள் காரணமாக. ஒவ்வொரு சமநிலை வெப்பநிலையுடனும் இயல்பாற்றல் மதிப்பு உள்ளது. அட்டவணை 2 க்களைசின்-குளுட்டரிக் அமில படிசங்களுக்கு மாற்றியமைக்கக்கூடிய இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமனை காட்டுகிறது. தகுந்த மீதெவிட்டிய மதிப்பைத் தேர்ந்தெடுப்பதன் மூலம், அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்டிலிருந்து மாற்றியமைக்கக்கூடிய இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் பாரம்பரிய மதிப்புகளுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. முதல் முறையாகப் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்டிலிருந்து இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் கோட்பாட்டு கணிப்பாகும்.

### 3.8 வெப்பநிலை சார்ந்து கிளைசின்-குளுட்டரிக் படிசத்தின் இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன்.

பொதுவாக அளவிடக்கூடிய இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன், மீதெவிட்டிய மதிப்பில் நேர்கோடாக அல்லது நேர்கோடு அடர்த்தாக அதிகரிக்கும். இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமன் முக்கியமாக இயல்பாற்றல் மற்றும் மீதெவிட்டியநிலையை சார்ந்துள்ளது. சமன்பாடு 2-லிருந்து பெறப்பட்ட இயல்பாற்றல் அனைத்து வெப்பநிலைகளுக்கும் சமம். மீதெவிட்டியநிலை மாறுபாடு மட்டுமே கரு வெப்பநிலையை முடிவு செய்யும். பாரம்பரிய

கரு கோட்பாட்டு கருத்துப்படி, இயல்பாற்றல் மதிப்பு என்பது சோதனை சார்ந்து இருக்கிறது. ஆனால் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாட்டின் படி, ஒவ்வொரு சமநிலை வெப்பநிலையிலும் இயல்பாற்றல் பெறப்படுகிறது. ஒவ்வொரு சமநிலை வெப்பநிலைக்கு பாரம்பரிய கரு கோட்பாட்டு கருத்துப்படி மீதெவிட்டியநிலை மதிப்பு 1.1 மடங்காக கணக்கிடப்படுகிறது. ஒவ்வொரு வெப்பநிலையிலும் இது மாறுபடும் என்றால், இடைநிலைப்பாட்டு மண்டல தடிமன் அதிகமாக்குவதில்லை, ஏனெனில் வெப்பநிலை ஒவ்வொரு வெப்பநிலையிலும் ஒரே மாதிரியாகும். அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்டிலிருந்து பெறப்பட்ட இடைநிலைப்பாட்டு மண்டலத் தடிமனை அட்டவணையை -2 காட்டுகிறது. இதில், ஒவ்வொரு சமநிலை வெப்பநிலையுடனும் மீதெவிட்டியநிலை 1.1 முதல் 1.14 மாறுபடுகிறது. ஏனெனில் வெப்பநிலை மதிப்பு வெவ்வேறு வெப்பநிலைக்கு வேறுபட்டது. இந்த மதிப்பு நிலையானது என்றால், இது இடைநிலைப்பாட்டு மண்டல தடிமனில் நேரியல் சார்நிலைக்கு சார்ந்து அல்ல. இது அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்டிலிருந்து கரு வெப்பநிலையில் கோட்பாட்டு கட்டுப்படுத்தப்பட்ட வளர்ச்சி நிலையை மேம்படுத்துவதற்கு பயனுள்ளதாக இருக்கும்.

### 4. முடிவுகள்

இடைமுக ஆற்றல், கட்டிலா ஆற்றல் கன அளவு, கருவுக்கு மாறுநிலை ஆற்றல் தடுப்பு, மாறுநிலை கருவின் ஆரம் மற்றும் கருவாக்க விகிதம் போன்றவை கிளைசின்-க்ளுட்டரிக் படிசத்தின் செயன்முறைகளின் குறியீட்டு அளவுருக்கள் பழைய கரு கோட்பாடு மற்றும் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு கொண்டு கணக்கிடப்பட்டன. முடிவுகள் ஒரு இடைநிலைப்பாட்டு மண்டல தடிமனிலிருந்து ஒரு நிலையான நிலையைக் கொண்டிருக்கும் அமைப்புமுறையின் அணுகுமுறை சீரற்ற இயல்புடையதாக இருக்கிறது என்பதனை காண்பிக்கிறது. இந்த சீரற்ற தன்மை என்பது கரு செயல்முறைகளில் தூண்டல் அல்லது

பின்னடைவு நேரம் அனுசரிக்கப்படுவதற்கான காரணமாகும்.

முக்கிய கருவூட்டல் அணுகுமுறை என்பது ஒரு கடினமான பணியாகும், இது முக்கிய கருக் கருத்தாக்கக் கோட்பாடுகளுக்கு சிறியதாக உள்ளது. அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்பாடு முறையை செயல்படுத்துவதன் மூலம் இந்த சோதனை குறைபாடு கடக்கப்படுகிறது.

வெப்ப இயக்கவியல் அளவுருக்கள் அடர்த்தி செயல்பாட்டு கோட்டிலிருந்து பெறப்படுகின்றன, இது கருவாக்க செயல்முறைகளுக்கான கரு வெப்பநிலையை முன்னறிவிக்கிறது. இதனால் தத்துவார்த்த வெப்ப இயக்கவியல் அளவுருக்கள் பெரிய அளவிலான படிக்க வளர்ச்சிக்கு பயனுள்ளதாக இருக்கும்.

## REFERENCES :

[1] Nesrine Gherras, Gilles Fevotte, Comparison between approaches for the experimental determination of metastable zone width: A case study of the batch cooling crystallization of ammonium oxalate in water, *Journal of Crystal Growth* 342 (2012) 88–98.

[2] K. Sangwal, Effect of impurities on the metastable zone width of solute–solvent systems, *311(16)* (2009) 4050-4061.

[3] N. Kubota, A new interpretation of metastable zone widths measured for unseeded solutions *Journal of Crystal Growth* 310 (2008) 629–634.

[4] Jaroslav Nyvlt, Rudolf, jaroslav Gottfried and Jirna Wijzelova, *Journal of Crystal Growth* 6 (1970) 151—162, North-Holland Publishing Co., Amsterdam.

[5] K.Sato, K.Nakajima, Y.Furukawa, *Advances in Crystal Growth Research*, Elsevier Science B.V., Amsterdam, July, 2001.

[6] K. Sangwal, Effect On the estimation of surface entropy factor, interfacial tension, dissolution enthalpy and metastable zone-width for substances crystallizing from solution, *J. Crystal Growth*), 1989, 393-405.

[7] J.W. Mullin, *Crystallization*, Butterworth, Boston, 1997.

[8] V. I. Kalikmanov, *Nucleation Theory*, Springer, 2013.

[9], B.A.Kolesov, Low-temperature phase transition in glycine-glutaric acid co-crystals studied by single- crystal X-ray diffraction, Raman spectroscopy and differential scanning calorimetry *Acta Cryst. B*68 (2012) 287-296.

10] B. Riscob, Mohd. Shakir , J. Kalyana Sundar, S. Natarajan , M.A.Wahab, G.Bhagavannarayana, Synthesis, growth, crystal structure and characterization of a new organic material: Glycine glutaric acid, *Spectrochimica Acta Part A* 78 (2011) 543–548.

[11] Mohd. Shkir, Haider Abbas, On the ground and excited state of glycine–glutaric acid: A new organic material, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 125 (2014) 453–457.

[12] Gaussian 03 Program, Gaussian Inc., Wallingford, CT, 2004.

- [13] A.D. Becke, Density-functional exchange-energy approximation with correct asymptotic behavior, *Phys. Rev.* 38 (1988) 3098–3100.
- [14] C. Lee, W. Yang, R.G. Parr, Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density, *Phys. Rev.* 37 (1988) 785–789.
- [15] A. Frisch, R.D. Dennington II, T.D. Keith, Gauss View version 4.1 User Manual, Gaussian, Wallingford, Conn, USA, 2007.
- [16] Shahida Akhter, Deba Prasad Paul, Estimation of nucleation thermodynamical parameters of LSCO crystallizing from high temperature solution, *Materials Chemistry and Physics* 88 (2004) 41–45.
- [17] P. Bennema, O. Sohnel, Interfacial surface tension for crystallization and precipitation from aqueous solutions, *J. Cryst. Growth* 102 (1990) 547–556.
- [18] S. Rama, C. Surendra Dilip, Rajesh Narayana Perumal, A software program to investigate the nucleation kinetics of solution grown crystals using MATLAB platform, *Comput. Phys. Communication.* 185 (2014) 661–669.
- [19] Yong Ma, Jiawen Zhu, Hongrui Ren, and Kui Chen, Yong Ma, Effects of impurity ions on solubility and metastable zone width of phosphoric acid, *Cryst. Res. Technol.* (2009)1 – 6.
- [20] Waid Omar and Joachim Ulrich, Determination of nucleation parameters and the solid liquid interfacial energy of the KCl-ethanol-water system, *Cryst. Res. Technol.* 42, No. 5, (2007) 432 – 439.
- [21] D.P. Paul, R. Jayavel, C. Subramanian, P. Ramasamy, Investigations on nucleation thermodynamical parameters of NdBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> (ND123) crystallizing from high temperature solution, *Materials Chemistry and Physics* 59 (1999) 175-178.
- [22] C. Chen, *Prog. Cryst. Growth Charact.* 24 (1992) 252.
- [23] D. W. Oxtoby and R. Evans, *J. Chem. Phys.* 89, 7521-1988.
- [24] Vincent K. Shen and Pablo G. Debenedetti, Density-functional study of homogeneous bubble nucleation in the stretched Lennard-Jones fluid, *Journal of physics*, 114, 9, (2001) 4149-4159.

## 2- அமினோ பிரிடீனியம் டைபினைல் அசிடிக் அமில தனிபடிகத்தின் வளர்ச்சி கட்ட அமைப்பு, ஒளி, திடநிலை மாறிலிகள் மற்றும் FMO

ரோ. மு. ஜாகர்<sup>a\*</sup>, இரா. பாவை<sup>b</sup>, ஜி. வினிதா<sup>a</sup>, பி. முருக்கத்தன்<sup>b</sup>

இயற்பியல் பிரிவு, மேம்பட்ட அறிவியல் பள்ளி, வி.டி. பல்கலைக்கழகம், சென்னை -600127  
எம்.ஆர்.டி.எல், பி.ஜி மற்றும் இயற்பியல் ஆராய்ச்சி துறை, பச்சையப்பா கல்லூரி, சென்னை - 600030.

### ஆய்வுச்சுருக்கம்:

ஓர் புதிய கரிம நேர்சார்பிலா (NLO) படிகம் 2-அமினோ பிரிடீனியம் டைபினைல் அசிடேட் டைபினைல் அசிடிக் அமிலம் (2NPD) ஆனது மெதுவான ஆவியாதல் முறையில் வளர்க்கப்பட்டது. தனிப்படிகமானது x-கதிர் விளிம்பு வளைவு ஆய்வின் மூலம் புதிய படிகங்களின் கூட்டு உருவாக்கியத்தை உறுதிப்படுத்தப்படுகிறது. தலைபுக்கூட்டானது ஒரு சாய்மதிப்புபடிக அமைப்புடன் கூடிய P2<sub>1</sub> வெளிதொகுதியுடன் படிகமாக்கப்பட்டது. கொள்கை வளியின் கணக்கிடப்பட்ட எல்லைப்புற ஆற்றல் இடைவெளி மூலக்கூட்டின் மின்னூற்ற பெயர்ச்சி நடை பெறுவதை 2AP கூட்டின் முனைவாக்கமானது பொன் இடைவெளி ஆய்வு மற்றும் கிளசியஸ் மொசைட் சமன்பாட்டினை பயன்படுத்தி கண்டறியப்பட்டது. புறஊதா கட்டபுலன் அன்மை நிறைமாலை ஆய்வு வளர்ந்த படிகத்தினை கண்ணூறு பகுதி முழுவதும் ஒளி ஊடுறவும் தன்மையுடன் குறைந்த முறிவு அலைநீளம் 349nm-ஐ காட்டுகிறது.

### 1. அறிமுகம்

அதிகரிக்கப்பட்ட நேர் சார்பிலா ஒளியியல் பண்புகளுடன் படிக அடைத்தல் ஏற்பாடுகளுடன் கூடிய புதிய பொருட்கள் தேடலானது பெரிய தொழில்நுட்ப பயன்பாட்டிற்கு பயன்படும் படிகங்களுக்கு ஓர் அளவு கோளாக இயங்கக்கூடியதாகும்[1-3]. கண்டறியப்பட்ட புதிய பொருட்கள் நேர்சார்பிலா ஒளி பண்புகளுடன் கூடிய விரும்பத்தக்க இயற்பண்புகள் அதாவது ஒளி வெளிப்படை தன்மை வெப்பம், ஒளி மற்றும் இயந்திரவியல் உறுதிதன்மையைக் கொண்டுள்ளது. இவை நேர்சார்பிலா ஒளியியலின்

முக்கிய நோக்கமாகும். பைரிடின் மூலக்கூறுகள் பொதுவாக நல்ல ஹைட்ரசன் பிணைப்பு ஏற்பிகள் மற்றும் வன் கரிம காரம் அயனி சக படிகங்களான பல அயனிகளுடன் ஹைட்ரசன் பிணைப்பு உள்வினை மூலம்புரோட்டான் இடபெயர்ச்சினால் உருவாக்க கூடியது [4]. பல்வேறு நேர்சார்பிலா ஒளிக் கூடுகள் பிரிடீன் வருவிகளில் இருந்து உருவாக்கி படிகமாக்கப்பட்டு அதன் கட்டமைப்புகள் ஆய்வுக்கட்டுரைகள் மூலம் சமர்ப்பிக்கப்பட்டுள்ளது. அமினோ பைரிடினிகள் கார்பாக்சில் அமிலங்களுடன் எளிதில் இணைக்கப்பட்டு பல்வேறு கூட்டு

விலைபொருட்களை ஓர் மற்றும் இரு காப்பாக்கில் அமிலத்துடன் உருவாக்கிறது. எனவே 2-அமினோபிரிடின் ஆனது மூலக்கூறு கட்டிய கட்டம் டைபினைல் அசிடிக் அமிலத்துடன் அமைக்க எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. 2-அமினோபிரிடின் ஆனது பல்வேறு மிகை மூலக்கூறுகளை ஏற்றுக்கொள்ளும் முறையில் கனிம உயிரியல் மற்றும் மருத்துவ வேதியியல்களுக்கு இடையே பயன்படுகிறது. இதனுடன் நேர்சார் ஒளியியல் பயன்படுவது தனி ஈர்ப்புடன் ஊக்குவிக்கப்படுகிறது [5]. இதன்படி நாங்கள் 2-அமினோ பிரிடினியம் டைபினைல் அசிடேட் டைபினைல் அசிடிக் அமில தனிபடிக்களின் வர்ப்பு, கட்டஅமைப்பு மற்றும் ஒளி ஆய்வுக்களை சமற்பிக்கிறோம்.

## 2. பொருளாக்கம் மற்றும் வளர்ச்சி

2APD கூட்டானது பகுப்பாய்வு வினைப் பொருள் தர 2-அமினோ பிரிடின்லிருந்து டைபினைல் அசிடிக் அமில கரைசலாக 1:1 சம மேலார் விகிதம் மூலம் மெதனாலை கரைப்பானாகப் பயன்படுத்தி தொகுக்கப்பட்டது. படம்-1 ல் வினைத் திட்டம் காட்டப்பட்டயுள்ளது. முதலில் 300 மி.லி மெதனாலை குடுவையில் கரைப்பானாக எடுத்து அதில் டைபினைல் அசிடிக் அமிலத்தை சேர்க்க வேண்டும். 2-அமினோ பிரிடின் டைபினைல் அசிடிக் அமிலக் கரைசலில் சேர்க்கும் பொழுது பால் போன்ற வெண்மை வீழ்படிதல் கிடைகிறது. கிடைக்கப்பட்ட வீழ்படிதலை அதே கரைப்பானை பயன்படுத்தி கரைக்கப்படுகிறது. கரைசலானது 6 மணி நேரத்துக்கு ஒரியல்பு பெற வலிமையாக கலக்கப்படுகிறது. பின்பு வாட்மென் வடிக்கட்டி தாள் மூலம் குடுவை கரைசல் வடிக்கட்டப்பட்டு மெதனால் கரைசல் விரைவாக ஆவியாகமல் இருக்க பாலித்தின் தாள் மூலம் குடுவையில் போர்த்தப்படுகிறது. பின்பு கரைசலானது துளையிடப்பட்டு தடையில்லாத இடத்தில் வைக்கப்பட்டு குறைந்த ஆவியாதலுக்கு விடப்படுகிறது. 16 நாட்களுக்கு பிறகு படம்-2 ல் காட்டியபடி படிக்கப் பரிமாணம் 22×12×11 மி.மீ<sup>3</sup> பெறப்படுகிறது.

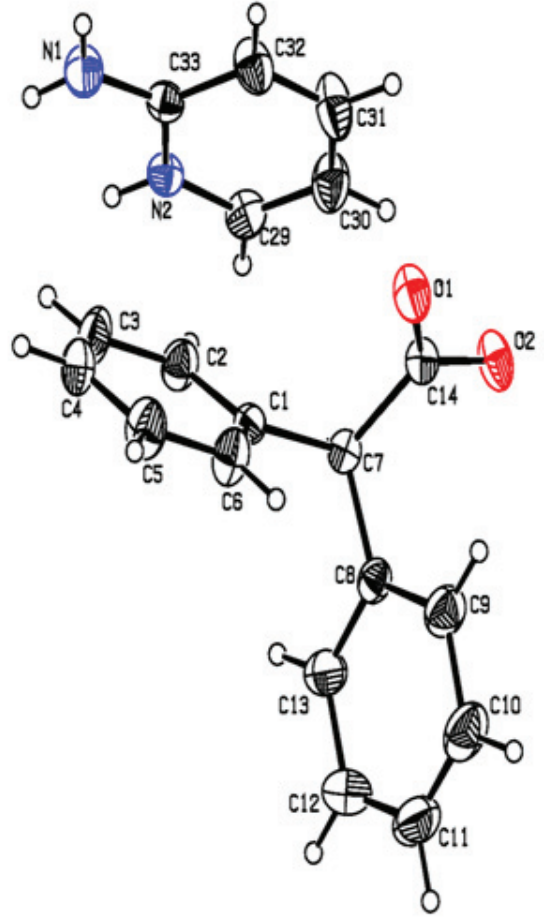
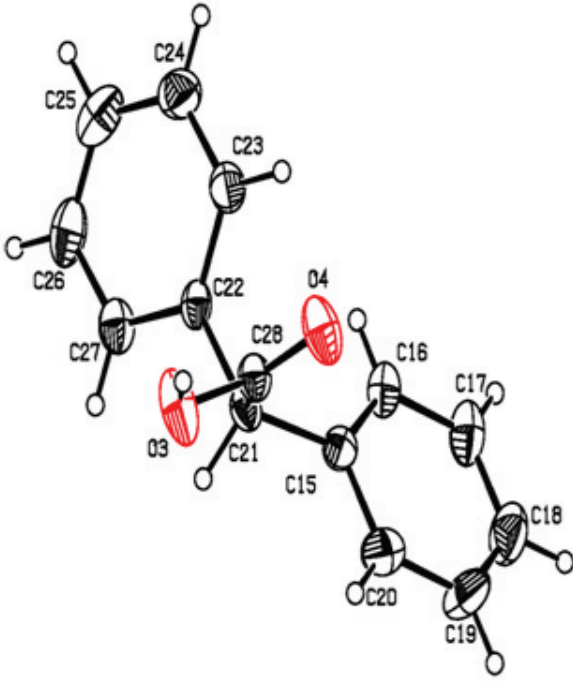


படம்.2 மெதுவாக ஆவியாதல் தொழில் நுட்பம் (SEST) மூலம் வளர்க்கப்பட்ட 2APD படிக்கம்

## 3. முடிவுகள் மற்றும் விவாதங்கள்

### 3.1. ஒற்றை படிக்கம் X-கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வு

தலைப்பு கூட்டானது ஓர் சாய் மடிப்புடன் P2, வெளி தொகுதியில் அலகுக் கூட்டில் இரண்டு மூலக்கூறுகளின் அலகுக் கூடு அளபுருக்கள்  $a = 13.7449 (12) \text{ \AA}$ ,  $b = 7.9133 (6) \text{ \AA}$ ,  $c = 13.7936 (13) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 111^\circ$  மற்றும்  $Z = 2$  உடன் படிக்கமாக்கப்பட்டது. இக்கூட்டின் முப்பரிமாண மூலக்கூறு கட்டமைப்பு SHE LXS-97 ஐ பயன்படுத்தி X-கதிர் படிக்கவியல் கண்டறியப்பட்டது. பின்பு SHE LXS-2014 மூலம் திருத்தப்பட்டு கடைசி R மதிப்பு 4.3% ஆகிறது. தலைப்பு கூட்டு 2APD யானது 2-அமினோ பிரிடினியம் எதிர் அயனி டைபினைல் அசிடேட் நேர் அயனி மேலும் ஓர் நடுநிலை டைபினைல் அசிடிக் அமில மூலக்கூறாக 1:1:1 விகிதத்தில் படம் 3-ல் காட்டியுள்ளபடி உருவாகின்றது.



படம்.3 அணு எண் இடப்பட்ட 2APD படிகத்தின் ORTEP

### 3.2. திட நிலை மாறிலிகள்

திட நிலை மாறிலிகள் கூட்டின் இரண்டாம் இசைவு திறனை ஆய்வு செய்யும் ஓர் முக்கியமான மாறிலியாகும். (NLO) படிகங்களின் ஒளி பண்புகளில் இணைதிறன் பிளாஸ்மா ஆற்றல் ஓர் முக்கிய பங்காற்றுகிறது. இணைதிறன் எலக்ட்ரான் திரையிடு விளைவின் படி பிளாஸ்மா ஆற்றல் விட பொருளின் குறைந்த அதிர்வெண் ஆனது எதிரொளிக்கப்படுகிறது மற்றும் பிளாஸ்மா ஆற்றல் விட அதிக அதிர்வெண் ஊடுருவப்படுகிறது [6]. 2APD-யின்

முனைவாக்கம் மற்றும் பிளாஸ்மா ஆற்றல் அதன் மூலக்கூறு எடை ( $518.599 \text{ மோல்}^{-1}$ ) மற்றும் அதன் மொத்த இணைதிறன் எலக்ட்ரான்கள் ( $Z= 196$ ) கொண்டு கணக்கிடப்படுகிறது. தலைப்பு கூட்டின் அடர்த்தி ( $\rho$ )  $1.232 \text{ கி.செமீ}^{-3}$  மேலும் அதன் மின்காப்பு மாறிலி ( $\epsilon^\infty$ ) 7.5 ஆக கண்டறியப்பட்டது. எறக்கனவே இருந்த சஞ்சிகைகளில் சமர்பித்தது போலவே கணக்கிடுகள் செய்யப்பட்டது [7]. கணக்கிடப்பட்ட மதிப்புகள் அட்டவணை 1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

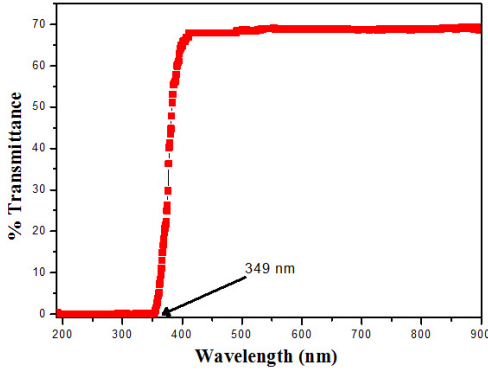
அட்டவணை -1 திட நிலைமதிப்புகள்

அளப்புரு	மதிப்புகள்
பிளாஸ்மா ஆற்றல் (eV)	19.652
பென்னா இடைவெளி (eV)	7.707
பெர்மி இடைவெளி (eV)	15.683
பென்னா முனைவாக்குத்திறன் (cm <sup>-3</sup> ) பகுப்பாய்வு	10.93 x 10 <sup>-23</sup>
கிளசியஸ் மொசைட் சமன்பாடு	11.42 x 10 <sup>-23</sup>

### 3.3. ஒளியியல் ஊடுகத்துத்திறன் ஆய்வு

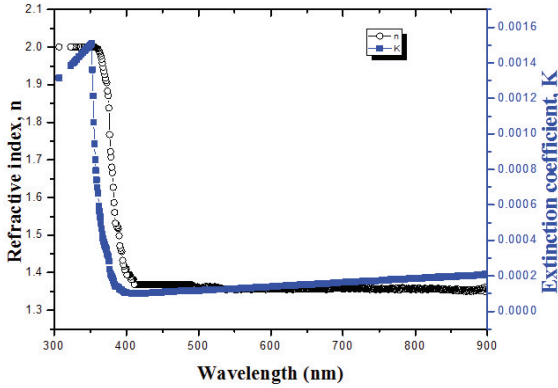
புற ஊதா-கட்புல-அண்மை அகச்சிவப்பு நிறமாலை ஆய்வு லாப் இந்தியா-3032 நிறமாலைமானி மூலம் 190 – 900nm வரம்பில் 0.5 மி.மீ தடிமன் உள்ள 2APD படிக்கத்திற்கு பதிவு செய்யப்பட்டது. பாடம் 4-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பதிவு செய்யப்பட்ட நிறமாலையில் இருந்து 2APD படிக்கம் அதிக ஊடுகத்துத்திறன் கிட்டத்தட்ட 60% 900nm வரையிலும் குறைந்த முறிவு 349nm அலைநீளத்திலும் காட்டப்பட்டுள்ளது. 2APD படிக்கத்தின் ஒளி ஊடுகத்துத்திறன் குறைந்த குறைப்பாடு மற்றும் கரைப்பான் உள்ளடக்கம் இல்லாமல் இருப்பதே ஆகும். உட்கவர் குணகம் (α) மற்றும் ஒளியியல் மாறிலிகளான ஒளிவிலகல் எண் (n) எதிரொளிப்பு (R), அழிவு குணகம் (k) மின் ஏற்புத்திறன் (x) மற்றும் ஒளியியல் பட்டை

இடைவெளி ஊடுகத்துத்திறன் (T) நிறமாலை அடிப்படையில் மேற்கோள்களில் உள்ள தொடர்களின் மூலம் கண்டறிப்பட்டது [8]. அலைநீளத்தின் சார்பாக ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் அழிவு குணகங்களின் (முறிவுச்சிக்கற் குணகம்) மாற்றத்தை பாடம் 5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 2APD படிக்கத்தின் கணக்கிடப்பட்ட ஒளிவிலகல் எண் 532nm-க்கு 1.4. ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் அழிவு குணகங்கள் அலைநீளம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க குறைகின்றது. மேலும் அதிக ஒளிவிலகல் எண் மதிப்பு குறைந்த அலைநீளத்தில் இருப்பது 2APD படிக்கம் அதிக ஆற்றல் பகுதிகளில் உறிஞ்சப்படுவாதாக கருதப்படுகிறது. மேலும் போட்டான் மற்றும் எலக்ட்ரான்களுக்கு இடையே ஆன உள்வினையானது ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் அழிவு குணகத்தின் வேறுபாட்டிற்கு நடத்தி செல்கிறது.



படம் 4. 2APD படிகத்தின் புற ஊதா-கட்புல-அண்மை அகச்சிவப்பு நிறமாலை

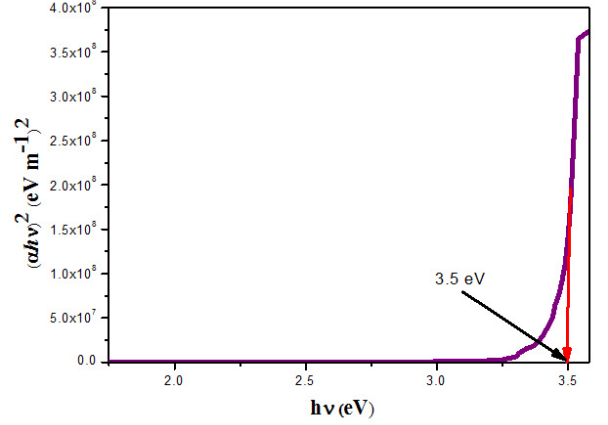
மின் ஏற்புத்திறன் ( $\alpha$ )-ஆனது ஒளியியல் மாறிலிகளுக்கான தொடர்பிலிருந்து கணக்கிடப்பட்டது [9]. மின் ஏற்புத்திறன் 532nm-ல் 2. ஆக 441 கணக்கிடப்பட்டது. 2APD பொருளின் மின் ஏற்புத்திறன் அதிக புலனினால் தூண்டலேற்று முனைவாக்கமுற்று பின் பொருளின் மொத்த உள் மின் புலனை குறைத்து ஆற்றலை சேமிக்கிறது. ஊடுதிறன் நிறமாலை இருந்து ஒளி பட்டை இடைவெளி கணக்கிடப்பட்டது. மேலும் உறிஞ்சு முலையில் ஒளியியல் உறிஞ்சு குணகம் ( $\alpha$ )



படம் 5. 2APD படிகத்தின் ஒளிவிலகல் எண் மற்றும் அழிவு குணகங்களின் மாற்றம்

இங்கு  $E_g$  ஒளியியல் படிகத்தின் பட்டை இடைவெளி மற்றும்  $A$  ஓர் மாறிலி. அடிப்படை உறிஞ்சு பகுதி மாற்றம் வரைபடம் வரையப்பட்டது

[9]. மேலும் இது படம் 6-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படிகத்தின் பட்டை இடைவெளியானது 3.55eV ஆக நேரியல் பகுதியின் மிகை நீட்டத்திலிருந்து ஆற்றல் அச்ச தொடக்க மூலம் கணக்கிடப்பட்டது.

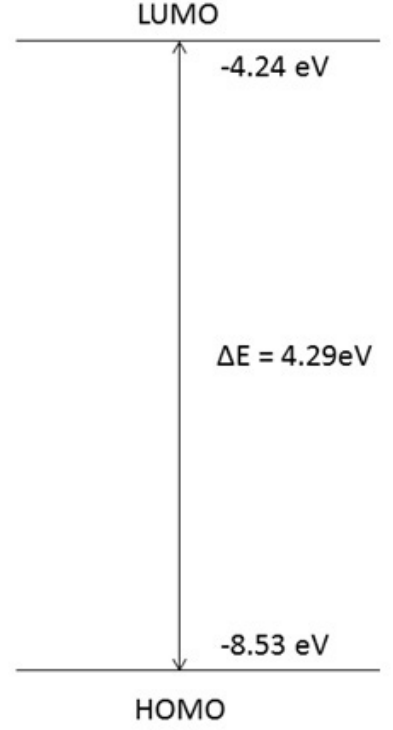
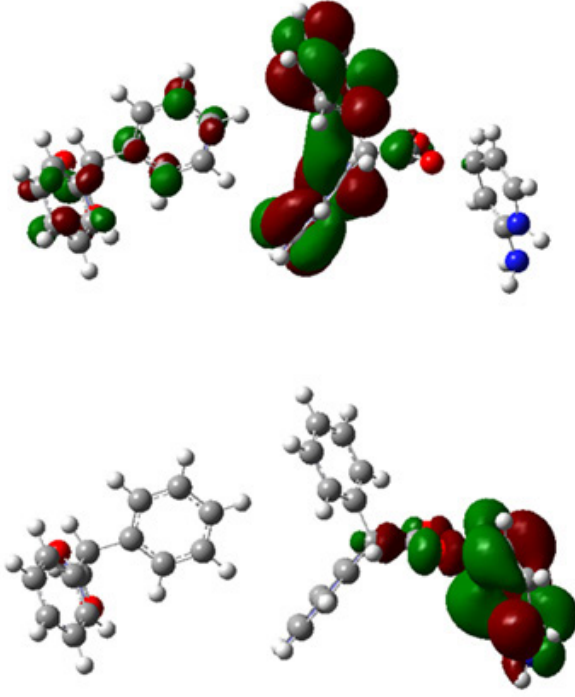


படம்.6. 2APD ஒளியியல் பட்டை இடைவெளி நிறைமாலை

### 3.4. எல்லை புற மூலக்கூறு எலக்ட்ரான் மண்டலம்

HOMO-வானது பல்வேறு முதன்மை கொடை எலக்ட்ரான் மண்டலங்களையும், LUMO-வானது முதன்மை ஏற்பு எலக்ட்ரான் மண்டலங்களையும் காட்டுகிறது. HOMO-LUMO ஆற்றல் இடைவெளியானது மூலக்கூறினுள் ஏற்படும் அயனி மாற்று உள்வினையைக் காட்டுகிறது. எலக்ட்ரான் உட்கவரானது தரைநிலையிலிருந்து முதல் கிளர்ச்சி நிலைக்கு செல்லும் நிலைமாற்றத்தினால் ஆனது. அதாவது ஓர் எலக்ட்ரானானது அதிகப்படியான ஆக்கிரமிக்கப்பட்ட மூலக்கூறு எலக்ட்ரான் மண்டலத்திலிருந்து (HOMO) கிளர்ச்சியுற்று குறைந்த ஆக்கிரமிக்கப்பட்டாத மூலக்கூறு எலக்ட்ரான் மண்டலத்திற்கு (LUMO) செல்வது. தலைப்பு பொருளின் எலக்ட்ரான் மண்டல ஆற்றல் மட்ட ஆய்வு HOMO மதிப்பு 8.53 eV, LUMO மதிப்பு 4.24eV மற்றும் கணக்கிடப்பட்ட  $\Delta E$  மதிப்பு DFT மட்டத்தில் 4.29 eV எனக் காட்டுகிறது. FMO

விலிருந்து பெறப்பட்ட கொள்கை படி ஆற்றல் பட்டை இடைவெளி மதிப்பு நன்கு சோதனை மதிப்புடன் ஏற்படையதாகிறது. பெறப்பட்ட எல்லை புற மூலக்கூறு எலக்ட்ரான் மண்டலங்கள் படம் 7-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம். 7 எல்லை புற மூலக்கூறு எலக்ட்ரான் மண்டலங்கள்

#### 4. முடிவுரை

சுருக்கமாக 2-அமினோபிரிடீனியம் டைபினைல் அசிடேட் டைபினைல் அசிடிக் அமிலம் (2APD) ஆனது தொகுக்கப்பட்டது. மேலும் நல்ல தரமான 2APD பதிகங்கள் மெதுவான குளிர்வு முறையில் வளர்க்கப்பட்டது. தனிப்பதிக X-கதிர் விளிம்பு விளைவு

ஆய்வு 2APD பதிகத்தின் கூடு மாறிலிகளை உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. பெண் ஆய்வு மற்றும் கிளாசியஸ்-மொசட்டி சமன்பாடுகளிலிருந்து பெறப்பட்ட முனைவாக்கங்கள் சமமாக உள்ளது. வளர்க்கப்பட்ட பதிகத்தின் ஒளிவுடும் திறன் 70%, மேலும் முழு கட்டிலன் பகுதி 350nm லிருந்து 900nm வரை ஒளி உட்புகும் தன்மையுடன் உள்ளது.

### மேற்கோள்:

1. J. Zyss and D. S. Chemla, in Nonlinear Optical properties of Organic Molecules and Crystals, Academic Press, New York, 1987, vol. 1.
2. B. K. Saha, A. Nangia and J.-F. Nicoud, Cryst. GrowthDes., 2006, 6, 1278.
3. P.A. Maggard, C. L. Stern and K. R. Poeppelmeier, J. Am. Chem. Soc., 2001, 123, 7742.
4. Yung S. Liu, Applied Physics Letters, 1977, 31, 187.
5. RO. MU. Jauhar, Paavai. Era, V. Viswanathan, P. Vivek, G. Vinitha, D. Velmurugan, P. Murugakoothan, New. J. Chem, 2017, DOI: 10.1039/c7nj03693k
6. Glenn A. Burdick, Physical Review, 129, 138, 1963.
7. N. M. Ravindra, R.P. Bharadwaj, K. Sunil Kumar and V.K. Srinivastava, Infrared Physics, 1981, 21, 369.
8. A.Ashour, N.El-Kadry., S.A.Mahmoud.,Thin Solid Films, 1995, 269, 117.
9. J.Tauc, R.Grigorovici, A.Vancu, Phys. Status Solid B, 1966, 15, 627.

# குரோமியம் கலப்பீடு செய்யப்பட்ட PbWO<sub>4</sub> மீநுண்துகள்கள் கட்டமைப்பு சேர்மங்களின் ஒளியியல் மற்றும் காந்தப் பண்புகள்

மு. முரளிதரன்<sup>அ</sup>, க. சிவகுமார்<sup>ஆ</sup>, கி. சிவாஜி<sup>அ</sup>

<sup>அ</sup> அணுக்கரு இயற்பியல் துறை, சென்னைப் பல்கலைக் கழகம், கிண்டி வளாகம், சென்னை-25  
<sup>ஆ</sup> இயற்பியல் துறை, அண்ணா பல்கலைக் கழகம், சென்னை-25

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

வேதி வீழ்ப்படிவு முறையின் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட காரியம் டங்ஸ்டேட் சேர்மத்தில் குரோமியம் மாசு கலந்ததன் விளைவாக ஏற்படும் கட்டமைப்பு, ஒளியியல் மற்றும் காந்தப் பண்புகளை கண்டறியப்பட்டது. துகள் X-கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வின் மூலம் காரியம் டங்ஸ்டேட் மற்றும் காரியம் டங்ஸ்டேட் சேர்மத்தில் குரோமியம் மாசு கலந்த சேர்மங்கள் நாற்கோண கட்டமைப்பை சார்ந்தது என கண்டறியப்பட்டது. உலோக ஆக்சைடுகளின் அதிர்வானது (Pb, W, O மற்றும் Cr) ஃபூரியர் நிலைமாற்ற அகச்சிவப்பு நிறமாலை மூலம் ஆய்வு செய்யப்பட்டது. மின்னணு நுண்ணோக்கி படமங்கள் PbWO<sub>4</sub>ன் சுற்றப்பட்ட இரட்டை போன்ற வடிவ உருவாக்கம் மற்றும் காரியம் டங்ஸ்டேட் ல் Cr அயனி மாசு கலந்ததால் ஏற்பட்ட உருவ அமைப்பு மாற்றம் ஆகியவற்றை உறுதி செய்கிறது. காந்தமாக்கல் ஆய்வானது, மாசு கலக்காத தூய சேர்மத்தின் இணைக்காந்த இயல்பு மற்றும் ஊர்தி தூண்டப்பட்ட பரிமாற்ற இடைவினைகள் காரணமாக PbWO<sub>4</sub>ல் Cr மாசு கலந்த மாதிரிகளின் எதிர் இரும்புக்காந்த கட்ட மாற்றம் அதிக செறிவை பெற்றுள்ளது என விளக்கப்பட்டது. தற்போதைய ஆய்விலிருந்து அறை வெப்பநிலையில் PbWO<sub>4</sub> சேர்மத்தில் மாசு செறிவை பொறுத்து மாறக்கூடிய காந்தவியலானது, காந்தவியல்-ஒளியியல் மற்றும் மின்னணு சாதனங்களின் தயாரிப்புகளுக்கு வழிவகுக்கிறது.

## முக்கியச்சொற்கள் :

ஸ்டோஸ்லைட் கட்டமைப்பு, காரியம் டங்ஸ்டேட், மீநுண் சுழல் அச்சுக்கள், காந்தவியல்.

## 1. முன்னுரை

மீநுண் அல்லது நுண் பொருட்களின் கட்டுபடுத்தப்பட்ட உருவ அமைப்பானது, பொருட்களின் வேதியில் மற்றும் இயற்பியல் பண்புகளை ஆராய புதிய வாய்ப்புகளை ஏற்படுத்தலாம் [1]. சமீபத்திய ஆண்டுகளில்,

MWO<sub>4</sub> என்ற விதிமுறையை உடைய உலோக டங்ஸ்டேட் டின் வசீகரமான கட்டமைப்பு மற்றும் ஒளிமுறை ஒளிர்வு பண்புகள் காரணமாக அதிக கவனத்தை ஈர்த்துள்ளது [2]. MWO<sub>4</sub> சேர்மத்தில், M<sup>2+</sup> குறைந்த அயனி ஆரம் < 0.77 Å (Ni = 0.69) பெற்று இருந்தால், அது வுல்ப்ரேமைட் -வகை

ஒற்றைச்சரிவு கட்டமைப்பை சார்ந்தது, அங்கு டங்க்ஸ்டன் அணுவானது ஒட்டுமொத்த ஆறு மடிப்பு ஒருங்கிணைப்பை ஏற்றுக்கொள்கிறது [3]. எனினும், அதிக இரட்டை இணைத்திறன் எதிர் அயனிகளின் அயனி ஆரம்  $>0.99 \text{ \AA}$  ( $Ba=1.35$ ) பெற்று இருந்தால், ஸ்லிலைட் வகை நாற்கோண கட்டமைப்பு, அங்கு டங்க்ஸ்டன் அணுவானது நான்முக ஒருங்கிணைப்பை ஏற்றுக்கொள்கிறது. இந்த ஸ்லிலைட் கட்டமைப்பு பெற்ற பொருட்களானது ஒளிர் மினுப்பான் எண்ணி, லேசர் மட்டும் ஒளியிழை ஆகிய பயன்பாடுகளுக்கு சிறந்தது என கண்டறியப்பட்டது [4-7].

சில இரட்டை இணைத்திறன் நிலைமாறு உலோக டங்க்ஸ்டேட்களால் லேசர் மற்றும் ஒளிரும் விளக்குகளில் வணிக ரீதியிலான ஆர்வம் அதிகரித்துள்ளது. மேலும் மின் கடத்து திறன் மற்றும் காந்த பண்புகளால் சில முக்கிய சிறப்பு பெற்றுள்ளது.

பல்வேறு உலோக டங்க்ஸ்டேட்களில், காரியம் டங்க்ஸ்டேட் ( $PbWO_4$ ) உயர் ஆற்றல் இயற்பியலில் மிக முக்கியமானது மற்றும் சிறப்பானது, ஏனெனில் அதன் அதிக அடர்த்தி ( $8.3 \text{ g/cm}^3$ ), குறைந்த வீழ்ச்சியுறு நேரம், அதிக கதிர்வீச்சுக்கு உட்படுதல் சேதம் எதிர்ப்பு, ஒளிர்வு மற்றும் தூண்டப்பட்ட ராமன் சிதறல் பண்பு ஆகியவை ஆகும் [3]. சமீபத்திய ஆண்டுகளில், உலோக டங்க்ஸ்டேட்கள் தங்கள் கட்டமைப்பு, ஒளியியல் மற்றும் ஒளி வினைவேக மாற்றம் ஆகிய பண்புகள் காரணமாக கவனம் செலுத்தப்படுகிறது.

முந்தைய அறிக்கைகள் இருந்து, வடிவம் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சோனோ வேதியல் முறை மூலம் பொருளாக்கம் செய்யப்பட்ட  $PbWO_4$  உடன் Sb மாசு கலக்கப்பட்ட மீநுண் சுழல் அச்சுகள் மேம்படுத்தப்பட்ட ஒளிர்வு பண்புகளை காட்டுகின்றது [9]. இரண்டு பரிமாண கிளைத்த நிலை  $PbWO_4$  சேர்மங்கள் நல்ல ஒளிர்வு நடத்தையை வெளிப்படுத்துகிறது[10].

டங்க்ஸ்டேட் சேர்மங்களின் வளர்ச்சிக்காக எண்ணற்ற உழைப்பு அற்பணிக்கப்பட்டது,

ஏனெனில் அதன் கட்டமைப்பு பண்புகள் மற்றும் பல்வேறு துறைகளில் சாத்தியமான பயன்பாடுகளான தன்னொளிர்வு, ஒளியிழை மற்றும் நிறமிகள் ஆகும் [11,12]. பொதுவாக,  $PbWO_4$  சேர்மங்கள் மென்மையான வேதியல் முறைகளால் பொருளாக்கம் செய்யப்படுகிறது, அவை வேதி வீழ்படிவு முறை, கரைசல்-களிமம், சோனோ வேதியல் பொருளாக்கம், நுண் பசைக்குழம்பு (பால்மம்) மற்றும் நீர்ம வெப்ப வழி [13- 17].  $PbWO_4$  சேர்மத்தின் வேதியல் கட்டமைப்பு, ஒருபடி தன்மை மற்றும் நுண் கட்டமைப்பு ஆகியவற்றை கட்டுப்படுத்த இந்த முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எனினும், அறை வெப்பநிலையில் வேதி வீழ்படிவு முறை முறை மிகவும் வசதியானது, பொருளாதார மற்றும் சுற்றுச்சூழலுக்கு ஏற்றது ஆகும்.

இந்த ஆய்வறிக்கையில், தூய மற்றும் Cr மாசு கலக்கப்பட  $PbWO_4$  சேர்மமானது எந்த பரப்புச் செயலியையும் பயன்படுத்தாமல் வேதி வீழ்படிவு முறை மூலம் பொருளாக்கம் செய்யப்பட்டது. பொருளாக்கம் செய்யப்பட்ட சேர்மமானது X-கதிர் விளிம்பு விளைவு (XRD), ஃபூரியர் நிலைமாற்ற அகச்சிவப்பு நிறமாலை (FTIR), ராமன் நிறமாலை, உயர் தெளிவுத்திறன் அலகீட்டு மின்னணு நுண்ணோக்கி (HRSEM), புற ஊதா-கட்புல நிறமாலை மற்றும் அறை வெப்ப காந்தவியல் பண்புகள் ஆகிய பகுப்பாய்வுகள் செய்யப்பட்டது.

## 2. சோதனை

### 2.1 பொருளாக்கம்

அனைத்து வேதி வினைபொருள்களும் பகுப்பாய்வு தரமானது மற்றும் வேறு எந்த சுத்திகரிப்பும் இல்லாமல் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு பொதுவான செயல்முறை, தூய மற்றும் Cr மாசு கலக்கப்பட  $PbWO_4$  சேர்மமானது சாதாரண வேதி வீழ்படிவு முறை மூலம் பொருளாக்கம் செய்யப்பட்டது. ஆரம்பத்தில், காரிய நைட்ரேட் [ $Pb(NO_3)_2$ ], குரோமியம் நைட்ரேட் [ $Cr(NO_3)_3$ ] மற்றும் சோடியம் டங்க்ஸ்டேட் ( $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ ) ஆகிய வேதிச் சமான கரைசல்கள் அயனியற்ற

நீரில் தனித்தனியாக தயாரிக்கப்பட்டது. பிறகு தயாரிக்கப்பட்ட காரிய நைட்ரேட் கரைசலானது சோடியம் டங்ஸ்டேட் கரைசலுடன் சொட்டு சொட்டாக சேர்க்கப்பட்டு சீராக கலக்கப்பட்டது. இந்த கரைசலானது 6 மணி நேரம் சீராக கலக்கப்பட்டு வீழ்படிவாக 12 மணி நேரம் விடப்படுகிறது. Na<sup>+</sup> போன்ற NO<sub>3</sub> கரைப்பான்கள் மற்றும் கரிம பகுதிப்பொருள் நீக்கும் பொருட்டு, மைய விலக்கல் மற்றும் முறை அயனியற்ற நீர், எத்தனால், அசிட்டோன் ஆகியவற்றை பயன்படுத்தி பலமுறை தொடர்ந்து கழுவப்படுகிறது அதன் பிறகு தயாரிப்பு பொருளானது 24 மணி நேரம் சுற்றுப்புற வெப்பநிலையில் உலர்த்தப்பட்டது.

இறுதியாக, தயாரிப்பு பொருளானது நன்கு அரைக்கப்பட்டு தேவையற்ற வேதிப்பொருட்களை வெளியேற்ற 500°C வெப்பப்படுத்தப்பட்டு நல்ல படிதன்மையுடைய இறுதி பொருள் பெறப்பட்டது. இது போன்ற செயல்முறையை பயன்படுத்தி Cr மாசு கலந்த PbWO<sub>4</sub> சேர்மமும் (குரோமியம் நைட்ரேட்) தயார் செய்யப்பட்டது.

## 2.2 பண்பறிதல் ஆய்வு

பொருளின் கட்டம் மற்றும் படிதன்மையானது Bruker D2 PHASER X-கதிர் விளிம்பு விளைவுமானி மூலம் சோதிக்கப்பட்டது. X கதிர் விளிம்பு விளைவு பாங்கானது CuKα (1.5418 Å) கதிர்வீச்சில் 2θ வரம்பில் 10°-80° மற்றும் படி அளவு 0.02° பதிவு செய்யப்பட்டது. Perkin- Elmer அகச்சிவப்பு கருவி மூலம் ஃபூரியர் நிலைமாற்ற அகச்சிவப்பு நிறமாலையானது 400- 4000 cm<sup>-1</sup> வரம்பில் பதிவு செய்யப்பட்டது.

மேற்பரப்பு உருவ அமைப்பு மற்றும் தனிம கூட்டமைப்பானது Quanta 200 FEG HRSEM சேர்ந்த EDAX மூலம் கண்டறியப்பட்டது. புற ஊதா- கட்டில் உட்கவர்தல் நிறமாலையானது தயாரிக்கப்பட்ட அனைத்து பொருட்களுக்கும் Shimadzu (UV2450) நிறமாலையானி மூலம் 200 ல் இருந்து 800 nm அலைநீளம் வரம்பில் எடுக்கப்பட்டது. காந்தமாக்கள் பண்பானது

Lakeshore 7410 அதிர்வுறு காந்த ஆற்றல்மானி (VSM) மூலம் பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டது.

## 3. முடிவுகள் மற்றும் விவாதங்கள்

பொருளாக்கம் செய்யப்பட்ட Cr மாசு கலந்த PbWO<sub>4</sub> மாதிரிகளின் கட்டம் மற்றும் படிதன்மையை X கதிர் விளிம்பு விளைவுமானி மூலம் சோதிக்கப்பட்டதை படம் 1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்திலிருந்து PbWO<sub>4</sub>ன் நான்கோண ஸ்டோல்சைட் கட்ட படிதன்மையல் ஒப்பான பிரதிபலிப்பு உச்சங்கள் (112), (004), (200), (204), (220), (116), (312), (224), (208) மற்றும் (316) ஆகும். இது நிலையான தரவுடன் (JCPDS card No. 19-0708, a = b = 5.462 Å மற்றும் c = 12.049 Å இடக்குழு I41/a) குறியிடப்பட்டு, ஒப்பிடப்பட்டது. தூய்மையான மற்றும் கூர்மையான விளிம்பு விளைவு சிகரங்கள் தயாரிக்கப்பட்ட மாதிரிகளின் நல்ல படிதன்மையை குறிக்கிறது. எனினும், மாதிரிகளின் படிதன்மைய Cr ன் செறிவு தாக்கத்தை ஏற்படுத்துவதை பல்வேறு மாசு செறிவின் விளிம்பு விளைவு உச்சங்களின் செறிவின் மூலம் தெளிவுபடுத்துகிறது. விளிம்பு விளைவு சிகரங்கள் ஒத்தவை என்பதால் PbWO<sub>4</sub> ல் ஒரே படிதன்மை காணப்பட்டது.

ஷெரர் முறையை பயன்படுத்தி நுண் படிதன்மையின் அளவானது அளவிடப்படுகிறது.

$$\{D\} = \left\{ \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \right\} \text{----- (1)}$$

D-நுண்படிதன்மையின் அளவு (nm)

K- அளவு மாறிலி (0.9)

λ- அலைநீளம் CuKα (1.5418 Å)

β- உச்ச மத்தியின் முழு அகலம் (FWHM)

θ- விளிம்பு விளைவு உச்சத்தின் இடம் (பிராக் கோணம்)

ஷெரர் முறையை பயன்படுத்தி கணக்கிடப்பட்ட தூய மாதிரியின் நுண்படிதன் அளவானது 55 nm ஆகும். மாசு கலக்கப்பட்ட உச்சங்களின் விரிவானது நுண்படிதன் அளவு குறைப்பு விளைவாக கருதப்படுகிறது. எனவே,

X கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வானது தூய மற்றும் Cr மாசு கலந்த  $PbWO_4$  ன் ஒத்த கட்ட உருவாக்கத்தை உறுதிப்படுத்துகிறது.

### 3.2 ஃபூரியர் நிலைமாற்ற அகச்சிவப்பு நிறமாலை ஆய்வு

தூய மற்றும் குரோமியம் மாசு கலந்த  $PbWO_4$  ன் ஃபூரியர் நிலைமாற்ற அகச்சிவப்பு நிறமாலை ஆய்வானது  $400-4000\text{ cm}^{-1}$  கணக்கிடப்பட்டு படம் 2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. நான்முக நேரயனி  $WO_4^{2-}$  ன் பண்பு அதிர்வுகள்  $1000-700\text{ cm}^{-1}$  ஆகும் [3]. பரந்த உட்கவர்தல் பட்டை  $777\text{ cm}^{-1}$  ஆனது  $v_3\text{ O-W-O}$  ன் நான்முக  $[WO_4]$  எதிர்-சமச்சீர் நீட்சி அதிர்வுகள் ஆகும். எஞ்சிய கரிம பொருட்களினால்  $1124\text{ cm}^{-1}$  மற்றும்  $2334\text{ cm}^{-1}$  ல் ஏற்படுகிறது. நீர் மூலக்கூறு உறிஞ்சுவதால்  $3396\text{ cm}^{-1}$  ல் உச்சம் ஏற்படுகிறது. படத்திலிருந்து,  $Pb-W-O$  அணிக்கோவையில் குரோமியம் அயனி உள்ளதால் உலோக ஆக்சைடு அதிர்வுகளில் சிறிய முரண்பாடுகள் உள்ளது என்பது தெரிகிறது. 03-8407

### 3.3 உருவ அமைப்பு ஆய்வுகள்

தூய மற்றும் (10% & 20%) Cr மாசு கலந்த  $PbWO_4$  சேர்மங்களின் உயர் தெளிவுத்திறன் அலகீட்டு மின்னணு நுண்ணோக்கி (HRSEM) நுண்வரையானது படம் 3ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்திலிருந்து, தூய  $PbWO_4$  சேர்மத்தின் சுழல் அச்சக்கள் போன்ற வடிவம் அறியப்பட்டது, மாசு செறிவானது மாதிரிகளின் வடிவத்தின் மாற்றத்தை அதிகரிக்கிறது. இது வளர்ச்சிக் இயங்கமைவில் ஈடுபடும் Cr அயனிகளின் காரணமாக இருக்கலாம். பொதுவாக, மேற்பரப்பு உருவ அமைப்பு மற்றும் துகள்களின் பரிமாணங்களானது ஆரம்ப செறிவு, மொலர் சதவிகிதம், வெப்பநிலை மற்றும் கரைசலின் pH ஆகிவற்றை பொறுத்து அமையும். எனவே சோதனைகளின் நிலைமைகளை கட்டுப்படுத்துவதன் மூலம் சேர்மங்களின் அளவு அல்லது வடிவத்தை எளிதில் சரி செய்ய முடியும்.

இந்த வினை செயல்முறையில், மூலபொருள் கரைசலில்  $Pb^{2+}$  மற்றும்  $WO_4^{2-}$  ஆகிய

இரண்டிற்கும் இடைப்பட்ட வினையில்  $PbWO_4$  அணுக்கரு உருவாக்கப்படுகிறது. உருவாக்கப்பட்ட  $PbWO_4$  அணுக்கருவானது பெரிய துகளாக வளர முனைகின்றது. மீநுண் துகள்களின் பல்வேறு முகங்களின் வளர்ச்சி விகிதங்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட இணக்க ஏற்பு, மேற்பரப்பின் மேல் பிணக்க வெளியற்றும் ஆகிய இயக்கவினைகளால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது [5,6]. தொடர்ச்சியான அணுக்கரு மற்றும் வளர்ச்சிக்குப் பிறகு பல்லின  $PbWO_4$  பல படிக மாதிரிகள் மூலம் சுழல் அச்சக்கள் போன்ற  $PbWO_4$  துகள்கள் பெறப்படுகிறது. இந்த நிகழ்வு, ஆஸ்ட்வாட் பழுக்க வைக்கும் செயல்முறையின் மூலம் விளக்கப்படலாம் மீநுண் துகள்கள் சிறிய துகள்களின் இழப்பில் பெரிய துகள்களின் வளர்ச்சியான விவரித்தார் [13]. ஒடுக்கப்பட்ட புறப்பரப்பு ஆற்றலானது மீநுண் துகள்கள் மற்றும் உருவ அமைப்பிற்கு உந்துதலாக அமைகிறது.

### 3.3 ஒளியியல் ஆய்வுகள்

தூய மற்றும் (Cr) மாசு கலந்த  $PbWO_4$  ன் புற ஊதா-கட்புல நிறமாலை படம் 4ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.  $O_2p$  சுற்றுப்பாதை மற்றும்  $W\ 4f$  சுற்றுப்பாதைக்கு இடைப்பட பட்டை நிலைமாற்றத்தால்  $300\text{nm}$  ல் உட்கவர்தல் உச்சம் பெறப்பட்டது[16]. பட்டை கோட்பாட்டின் படி,  $PbWO_4$  ல் கீழ் பகுதியினுடைய கடத்துப் பட்டையானது  $5d$  நிலையினுடைய  $W^{6+}$  அயனி மற்றும்  $6p$  நிலையினுடைய  $Pb^{2+}$  அயனி ஆகியவற்றால் உருவாகிறது. மேலும் இணைப்பு பட்டை  $6s$  நிலையினுடைய  $Pb^{2+}$  மற்றும் அயனி  $2s$  நிலையினுடைய  $O^{2-}$  அயனி ஆகியவற்றால் உருவாகிறது.

$PbWO_4$  ன் பட்டை இடைவெளி மின்னணு பொறி மையங்களாக  $(WO_4)^{3-}$  மற்றும்  $Pb^{2+}-VO$  இருக்கலாம் என்று அறிவிக்கப்பட்டுள்ளது [16].  $(WO_4)_3$  மற்றும்  $Pb^{2+}-VO$  மையங்கள் கடத்துப்பட்டைக்கு கீழே அடியில்  $0.05\text{ eV}$  மற்றும்  $0.55\text{ eV}$  ஆகும். ஒளியியல் உட்கவர்தல் நிறமாலையிலிருந்து, அணிக்கோவையில் Cr மேலும் சேர்த்தல், அவற்றிற்கு இடையில் தூண்டப்பட்ட ஒளியியல் நிலைமாற்றம்,

இது கட்டபுல பகுதிஉட்கவர்தலில் இருந்து தெளிவாகிறது. டங்ஸ்டனின் Cr 2p நிலை உடன் 4f நிலை வலுவான ஒளியியல்.

### 3.4 காந்தமாக்கல் ஆய்வுகள்

தூய மற்றும் Cr மாசு கலந்த  $PbWO_4$  ன் காந்தமாக்கல் ஆய்வனது படம் 5 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்திலிருந்து, தூய  $PbWO_4$  சேர்மமானது இணைகாந்த பண்பை பெற்றுள்ளது. மேலும் Cr மாசு கலந்த  $PbWO_4$  மாதிரிகள் எதிர் இரும்பியல் காந்தம் பண்பை விளக்குகிறது. பொதுவாக உலோக டங்ஸ்டேட்டானது இணைகாந்த பண்பை பெற்றிருக்கும். எதிர் இரும்பியல் காந்தப் பண்பை ஆக்ஸிஜன் காலியிடங்கள் காரணமாக சுழற்சிகள் மற்றும் தனித்த மின்னணு இடையேயான பரிமாற்ற ஒருங்கிணைப்பை மேற்பரப்பில் மீநுண் துகள்கள் தூண்டுகிறது.

ஆக்ஸிஜன் காலியிடங்கள் கூடுதலாக ஒரு எலக்ட்ரானை உருவாக்கி அதன் மூலம் டங்ஸ்டேட்டை 6+ அயனியாக மேற்பரப்பில் மாற்றுகிறது. இதன் விளைவாக  $[WO_4]$  சிறு மாறுதல் ஏற்பட்டு டங்ஸ்டேட்டின் ஒளியியல் ஆற்றல் இடைவெளியில், இடைநிலை ஆற்றல் நிலைகள் உருவாகின்றன [16]. இந்த ஆற்றல் நிலை ஆக்ஸிஜன் 2p நிலையையும் மற்றும் டங்ஸ்டன் 5d நிலைக்கும் இடையே வினைபுரிந்து உருவாகிறது. குரோமிய மாசு கலக்கப்படும் போது துணையில்லா எலட்ரான்கள் அதிகம் உருவாக்கப்படுகின்றன. இதனால் காந்தப்புலம் அதிகமாக வெளிகொண்டு வர உதவுகிறது.

குறிப்பிட்டு சொல்ல வேண்டும் எனில் துகள்களின் மேற்பரப்பில் குறைப்பாடுகள் தயாரிப்பு முறைகளில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இந்த தயாரிப்பு முறைகளில் துகள்களின் மேற்பரப்பில் சுழற்சியின் (spin) ஒழுங்கற்ற தன்மையும் மற்றும் சேர்மங்களின் மாற்றுத்தினையும் உருவாக்குகிறது. மேலும் குரோமியம் மற்றும் குரோமியம் அயனிகளுக்கிடையே நடக்கும் வினைகளால் அதிக அளவு மாசு கலக்கப்பட்ட 20% குரோமியம்

(Anti-ferromagnetic) எதிர் காந்த நிலையை வெளிப்படுத்துகிறது. இந்த நிலையை RKKY வினைபுரிதல் தேற்றம் மூலம் விளக்கலாம். காந்த தன்மையானது Fermi wave number-ன் கடத்திக்கும், அண்மையிலுள்ள காந்த நகர்வின் தூர்த்தினையும் பொருத்து அமையும். இந்த ஆய்வு கட்டுரையில், மாசு கலக்கப்பட்ட காரிய டங்ஸ்டேட் (paramagnetic to Anti-ferromagnetic) மாற்றம் அடைகிறது. இந்த ஆக்ஸிஜன் காலியிடங்கள் விடுதலை கடத்திகள் மூலம் நடைபெறுகிறது.

### 4. முடிவுகள்

இந்த ஆய்வில், வேதி வீழ்படிவு முறை மூலம் தூய மற்றும் மாசு கலந்த காரியம் டங்ஸ்டேட் மீநுண் கட்டமைப்பு பொருளாக்கம் செய்யப்பட்டது. துகள் X-கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வின் மூலம் ஸ்ஸிலைட் வகை நான்கோண அமைப்பு உறுதி செய்யப்பட்டது. தூய மற்றும் Cr மாசு கலந்த  $PbWO_4$  ன் அதிர்வுகள் ஒப்பீயர் நிலைமாற்ற அகச்சிவப்பு நிறமாலை மூலம் ஆய்வு செய்யப்பட்டது. மேற்பரப்பு உருவ அமைப்பு ஆய்வுகளிலிருந்து, தூய சேர்ம துகள்கள் சுழல் அச்சக்கள் போன்ற வடிவம் பெற்றுள்ளது, Cr மாசு கலந்த  $PbWO_4$  சேர்மமானது ஒன்றுசேர் குவியல் மற்றும் தூய சேர்மத்தின் வடிவம் மாற்றப்படுகிறது. தூய மற்றும் Cr மாசு கலந்த  $PbWO_4$  ன் புற ஊதா-கட்டபுல நிறமாலை 260nm ல் அதிக உட்கவர்தல் பண்பை பெற்றுள்ளது மேலும் அணைத்து சேர்மங்களும் சிறந்த ஒளியியல் பண்பை பெற்றுள்ளது. அலைநீளம் மாற்றம் உயர்ந்த பகுதியை நோக்கி நகர்வதற்கு மாசு கலந்த சேர்மத்தின் Cr அயனி Pb-W-O அணிக்கோவையுடன் இடைவினை புரிவதால் ஏற்படுகிறது. காந்தமாக்கல் ஆய்விலிருந்து Cr மாசு கலந்த  $PbWO_4$  சேர்மமானது இணைகாந்த பண்பிலிருந்து எதிர் இரும்பியல் காந்த கட்ட நிலைமாற்றம் ஏற்படுவது தெளிவாகிறது. எனவே, ஒளியில் மற்றும் காந்த பண்புகளை சத்தியமான இசைவு செய்வதால்  $PbWO_4$  சேர்மங்களின் அடிப்படை பரந்த பட்டை இடைவெளி குறைகடத்திகள், காந்த மற்றும் மின்னணு பயன்பாடுகளுக்கான மிகச்சிறந்த வழிவகுக்கும்.

## மேற்கோள்

- [1]. Dayong Tan, Wansheng Xiao, Wei Zhou, Ming Chen, Wenge Zhou, Jian Xu, "Effects of pressure on PbWO<sub>4</sub> III" Phys Chem Minerals (2013) 40:341-348
- [2] Rohit Saraf, C. Shivakumara, Sukanti Behera, H. Nagabhushana, N. Dhananjaya "Facile synthesis of PbWO<sub>4</sub>: Applications in photoluminescence and photocatalytic degradation of organic dyes under visible light" Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 136 (2015) 348-355
- [3]. Jun Geng, Jun-Jie Zhu, and Hong-Yuan Chen, Sonochemical Preparation of Luminescent PbWO<sub>4</sub> Nanocrystals with Morphology Evolution, Crystal Growth & Design, Vol. 6, No. 1, 2006 ( SEM)
- [4]. Qiao Zhang, Wei-Tang Yao, Xianyu Chen, Liwei Zhu, Yibing Fu, Guobin Zhang, Liusi Sheng, and Shu-Hong Yu, Nearly Monodisperse Tungstate MWO<sub>4</sub> Microspheres (M -Pb, Ca): Surfactant-Assisted Solution Synthesis and Optical Properties, Crystal Growth & Design, Vol. 7, No. 8, 2007 (FTIR)
- [5]. Jun Geng, Dujuan Lu, Jun-Jie Zhu, and Hong-Yuan Chen 'Antimony (III)-Doped PbWO<sub>4</sub> Crystals with Enhanced Photoluminescence via a Shape-Controlled Sonochemical Route' J. Phys. Chem. B 2006, 110, 13777-13785
- [6]. W.S. Wang, L. Zhen, C.Y. Xu, L. Yang, W.Z. Shao, Z.L. Chen ,Aqueous solution synthesis and photoluminescence properties of two-dimensional dendritic PbWO<sub>4</sub> nanostructures, Materials Research Bulletin 56 (2014) 1-7
- [7]. Hu X and Zhu Y 2004 Langmuir 20 1521
- [8] Yu J, Zhao X, Liu S, Li M, Mann S and Ng D 2007 Appl. Phys. A 87 113
- [9] Geng J, Zhu J, Lu D and Chen H 2006 Inorg. Chem. 45 8403
- [10] Zhao G, Lu M, Gu F, Yu D and Yuan D 2005 J. Cryst. Growth, 276 577
- [11] Liu B, Yu S, Li L and Zhang Q 2004 Angew. Chem. Int. Edn, 43 4745
- [12] Liu S, Yu J, Zhao X and Cheng B 2007 J. Alloys Compounds, 433 73
- [13]. W.S. Wang, L. Zhen, C.Y. Xu, L. Yang, W.Z. Shao, Z.L. Chen, Aqueous solution synthesis and photoluminescence properties of two-dimensional dendritic PbWO<sub>4</sub> nanostructures, Materials Research Bulletin 56 (2014) 1-7 (XRD, SEM)

[14] D. Tawde, M. Srinivas and K. V. R. Murthy, Effect of lead source and cerium (III) doping on structural and photoluminescence properties of PbWO<sub>4</sub> microcrystallites synthesized by hydrothermal method, *Phys. Status Solidi A* 208, No. 4, 803-807 (2011)

[15]. Chunhua Zheng, Chenguo Hu, Xueyan Chen, Hong liu, Yufeng Xiong, Jing Xu, Buyong Wana and Linyong Huang, Raspite PbWO<sub>4</sub> nanobelts: synthesis and properties, *Cryst Eng Comm*, 2010, 12, 3277-3282

[16]. Matthew W. Stoltzfus, Patrick M. Woodward, Ram Seshadri, Jae-Hyun Klepeis, and Bruce Bursten, Structure and Bonding in SnWO<sub>4</sub>, PbWO<sub>4</sub>, and BiVO<sub>4</sub>: Lone Pairs vs Inert Pairs, *Inorg. Chem.* 2007, 46, 3839-3850

[17]. Y. Yamada, K. Ueno, T. Fukumura, H. T. Yuan, H. Shimotani, Y. Iwasa, L. Gu, S. Tsukimoto, Y. Ikuhara, M. Kawasaki, Electrically Induced Ferromagnetism at Room Temperature in Cobalt-Doped Titanium Dioxide, *Science* 332, 1065-67 (2011)

[18]. S. B. Ogale, R. J. Choudhary, J. P. Buban, S. E. Lofland, S.R. Shinde, S. N. Kale, V. N. Kulkarni, J. Higgins, C. Lanci, J. R. Simpson, N. D. Browning, S. Das Sarma, H. D. Drew, R. L. Greene, T. Venkatesan, High Temperature Ferromagnetism with a Giant Magnetic Moment in Transparent Co-doped SnO<sub>2</sub>, *Phys. Rev. Lett.* 91, 077205-4 (2003)

[19]. J. M. D. Coey, M. Venkatesan, C.B. Fitzgerald, Unexpected magnetism in a dielectric oxide *Nat. Mater.* 4,173, (2005)

[20]. A. Sundaresan, R. Bhargavi, N. Rangarajan, U. Siddesh, C. N. R. Rao, Ferromagnetism as a universal feature of nanoparticles of the otherwise nonmagnetic oxides, *Phys. Rev. B.* 74,161306(R)-4 (2006)

# முன்றாம் தலைமுறை சூரிய மின்கலத்தில் (DSSCs) எதிர் மின்வாய் (CE) பொருட்களைப் பற்றிய கண்ணோட்டம்

விஜயகுமார், செந்தில் பாண்டியன், பெ. இராமசாமி

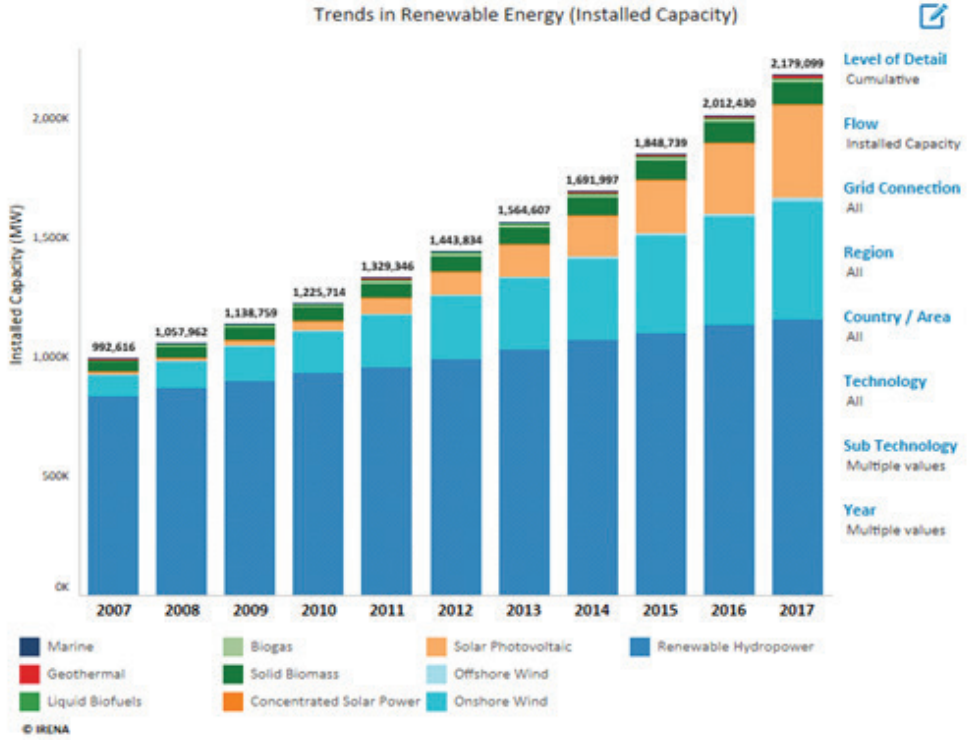
(மொழிப் பெயர்ப்பு: மா. காரல் சின்னு, இயற்பியல் துறை,  
டாக்டர் அம்பேத்கர் அரசு கலைக் கல்லூரி, சென்னை பல்கலைக்கழகம், சென்னை-600 039

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

சாய உணர் கொண்ட சூரிய மின்கலமானது, சுலபமாக தயரிக்கவல்ல மற்றும் சுற்று-புறகூழலுக்கு உகந்த மின்கலமாகும். இன்றைய மின்சார கட்டுப்பாட்டை தவிர்க்க 1991 லிருந்து ஓர் நம்பிக்கையான கவன ஈர்ப்பைக் கொண்டுள்ளது. எண்ணற்ற ஆராட்சியாளர்கள் முன்றாம் தலைமுறையில் சூரிய மின்சார உபயோகத்திற்காக பாடுபட்டு வருகிறார்கள். இவற்றில் முக்கியமானது சாய உணர்வு சூரிய மின்கலமாகும். இச்சூரிய மின்கலத்தில், நேர்மின்வாய், எதிர்மின்வாய் மற்றும் மின்பகுப்பான் என்ற மூன்று பாகங்களை கொண்டுள்ளது இவற்றில் எதிர்மின்வாய் (CE) முக்கிய பங்காற்றுகிறது, அதாவது ஆக்ஸிஜன் மின்பகுப்பானில் ஆக்சிஜனேற்றம் (Oxide) மற்றும் குறைப்பு (Redox) கொண்டு சாய மூலக்கூறுகளை கிளர்ச்சியடைய செய்கிறது. தற்போதுள்ள (Pt) பிளாட்டினம் எதிர்மின்வாயானது அதிக விலை கொண்டதாகவும் மின்னாற்பகுப்பின்போது (I/I3) அரிக்கும் தன்மை கொண்டதாகவும் உள்ளது. குறைந்த விலையில் பிளாட்டினம் அல்ல பொருட்களான மாற்ற உலோகங்களை (TM) பயன்படுத்தினால், அதிக மின்னாற்பகுப்பு கொண்ட, அரிப்புத்தன்மையற்ற, ஒளிமாற்று தன்மை கொண்டதாக அமைந்துள்ளது.

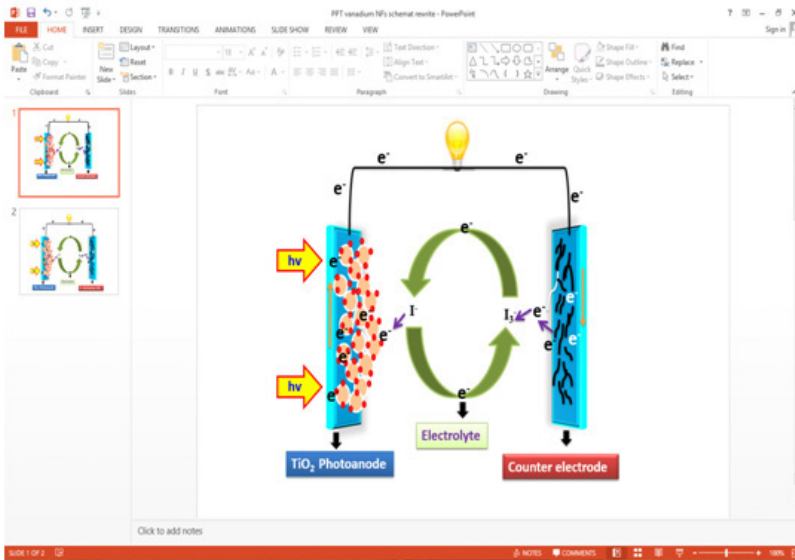
## 1. அறிமுகம் :

இன்றைய தினம் மின்சார உபயோகமானது ஒவ்வொரு நாளும் மிக அதிகமாகிறது. இதற்கு எளிப்பொருட்களை உபயோகித்தால் கார்பன்-டை-ஆக்சைடு வெளியேற்றத்தால் சுற்றுப்புறகூழல் அதிக அளவு பாதிப்படைகிறது. எனவே புதுபிக்கவல்ல மின்சாரத்தை உபயோகிக்க எல்லாவகை ஏற்பாடுகளையும், உலகளவில் பெரும் அறிவியியல் அறிஞர்களால் அரசு உதவியுடன் செய்து கொண்டு வருவது மேற்கண்ட கட்ட வரைபடம் (படம் 1) இதை விளக்குகிறது.



படம் -1 புதுபிக்கவல்ல மின்சாரத்தை உபயோகித்த கட்ட வரைபடம்

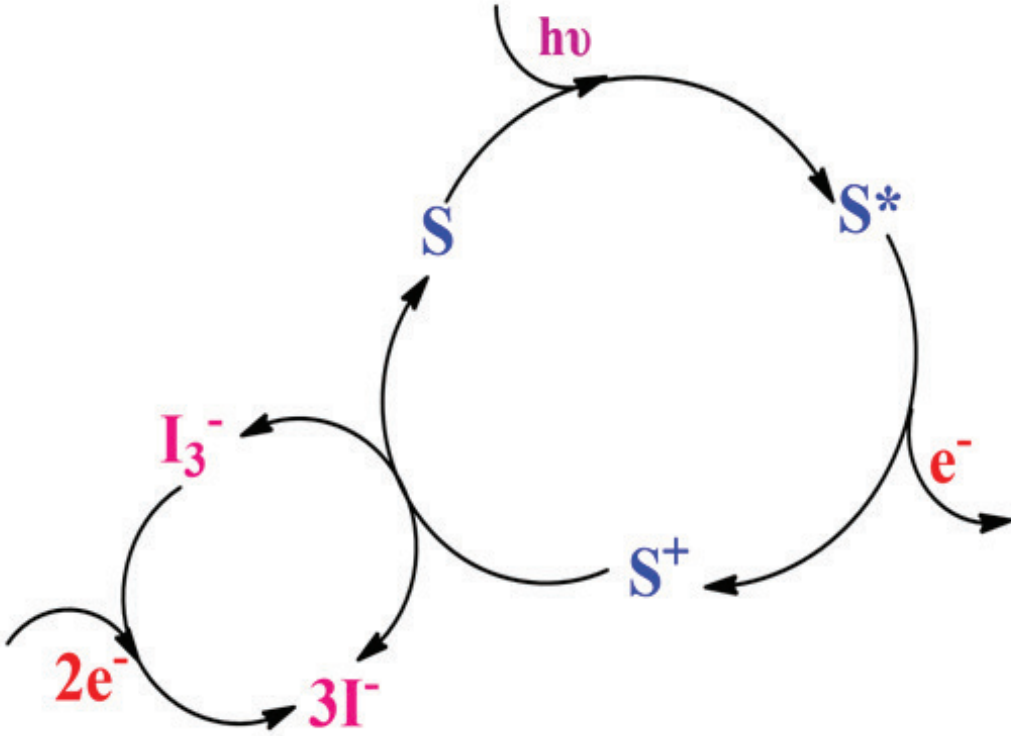
வளர்ந்த, வளர்ந்து வரும் நாடுகளில் தற்போது சூரிய ஆற்றலை பயன்படுத்தும் கட்ட வரைபடம் சதவிதத்துடன் படம் - 2-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குறிப்பாக சூரிய ஒளி மூலம் கிடைக்கும் மின்னாற்றலை  $3.8 \times 10^{23} \text{KW/hr}$  என கணக்கிடுகின்றனர் (1) இவை சராசரியான உலக அளவில் 2014-ம் ஆண்டின் கணக்கெடுப்பின்படி 20% ஆகும்.



படம் -2  
சாய உணர்திறன் சூரிய மின்கலத்தின் செயல்பாடுகளை விளக்கும் படம்.

சாய உணர்திறன் சூரிய மின்கலத்தின் செயல்பாடுகளை விளக்கும் எளிய வரைபடம் (படம்-2). ஒளிபட்டையின் மூலம் சாய உணர்திறன் சூரிய மின்கலத்தின் செயல்பாடுகளை பார்ப்போம். முதலில் சூரிய ஒளியிலிருந்து ஒளி ஆற்றலை (Photon) சாய அணுக்கள் (மூலக்கூறுகள்) உறிஞ்சி கிளர்ச்சியடைகிறது. இக்கிளர்ச்சியை நடைபெறும் எலக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாய் ஒளிபட்டை (Photo Anode) யில் உள் செலுத்தப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் உட்செலுத்துவதன் மூலம் டைட்டானியம் ஆக்சைடு மீநுண்துகள்கள் தூண்டப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் கடத்துகை குழுவிற்கு தூண்டுகிறது. இது சாய மீநுண்துகள் FTO இடைமுகத்தின் மூலம் எலக்ட்ரான் கடத்தப்படுகிறது. இதில் பல எலக்ட்ரான்கள் மீட்சியடைந்துவிடுகிறது. இவ்வாறு உருவாக்கப்படும் எலக்ட்ரான் சுமைகள்

சுற்று வளையத்தின் மூலம் Pt நேர்மின்தகடை நோக்கி பாய்கிறது. எலக்ட்ரான்கள் Pt -கடத்து தகடு மற்றும் Pt மின்பகுப்பு (Pt/electrolyte) இடைமுகத்தின் மூலம் மின்னாற்பகுதளுக்கு பரவுகின்றன. இது மின்னாற்பகுப்பில் ஆக்ஸிஜன் எதிர்வினை (சமன்-1) எடுக்கிறது. மின் வேதியியல் குறைப்பு ஆக்ஸைடு (Redox/Oxide) எதிர்வினையின்போது அயோடின் மூலக்கூறுகள் அயனியாக்கம் (I/I<sup>3</sup>) பெற்று மேலும் எலக்ட்ரான்களை உருவாக்குகிறது. இந்த உருவாக்கப்பட்ட மின்னாக்கிகள் மீண்டும் தூண்டிய சாயமூலக்கூறுகள் மற்றும் மின்சக்தி மீநுண்துகள்கள் சாய இடை நிலைகளின் மூலம் ஒளிபட்டை மூலம் ஆற்றலை மாற்றும் சுடு பளு மின்னடையை பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்ட மின் ஆற்றலை அளவிடலாம் பயன்படுத்தலாம்.



படம் -3 சாய உணர்திறன் சூரிய மின்கலத்தின் சாய மூலக்கூறுகளின் செயல்பாடுகளை விளக்கும் படம்

1.1. ஒளிமின்னழுத்த விளைவு:

வளர்ந்து வரும் தொழில் நுட்பத்தில் குறைக்கடத்தின் பங்கு மகத்தானதாகும் சூரிய ஒளி நேரடியாக மின்னாற்றலாகும் விளைவு ஒளி மின்னழுத்த விளைவு என்பர். அலேக்ஸ்சான் எட்மாண்ட் பெக்யூரல் முதன் முதலாக 1839-ல் ஒளி மின்னழுத்த விளைவை கண்டறிந்தார் (2) அடுத்த 4 பத்தாண்டுக்கு பிறகு 1883-ல் சார்லஸ் பிரிட்ஷ் முதல் சூரிய மின்கலத்தை வெற்றகரமாக நிறுவினார் (3) ஆனால் அதன் மின்மாற்றுத்திறன் 1% மட்டுமே.

இந்த கண்டுபிடிப்புதான் மின்னழுத்த மின்கலம் அமைவதற்கான மிக சிறந்த கண்டுபிடிப்பாக அமைந்தது. பின்னர் 1954-ல் Bell Lab மூலம் 6% மின்னாற்றல் செயல் திறன் கொண்ட Si அடிப்படையிலான சூரிய மின்கலம் வடிவமைக்கப்பட்டது (4) இருப்பினும் இதற்கான செலவு மிக அதிகமாக இருந்தது, இதற்கு பதிலாக சாய உணர் சூரிய மின்கலம் (DSSC) 1991-ல் கெஜல் அவர் குழுவினருடன் இணைந்து வடிவமைக்கப்பட்டது.

அட்டவணை -1 Si சூரிய மின்கலத்திற்கும் சாய உணர் சூரிய மின்கலத்திற்குமான ஒப்பீடு

வ.எண்	பண்பியல்புகள்	Si சூரிய மின்கலம்	சாய உணர் சூரிய மின்கலம் (DSSC)
1.	வெளிப்படைத்தன்மை	தெளிவற்றது	தெளிவானது
2.	சுற்றுச்சூழல் பாதிப்பு	இயல்பானது	சுற்றுச்சூழல் பாதிப்பற்றது
3.	உற்பத்தி செலவு	அதிகம்	குறைவு
4.	மின்மாற்று திறன்	அதிகம்	இயல்பானது
5.	நிறம்	வரையறுத்தது	நிறையவண்ணம் கொண்டது

நன்மைகள்

1. செலவு குறைவு
2. விசத்தன்மையற்றது, பூமியில் இயற்கையாக கிடைக்கக் கூடிய பொருட்கள்.
3. சுலபமான முறையில் தயாரிக்கலாம்.
4. குறைந்த எடை உடையது வளையும் தன்மை உடையது.
5. குறைவான வெளிப்படையாக ஒளி உட்கவர் திறன் கொண்டது.
6. நம்மை சுற்றி உருவாக்க கூடியது
7. நல்ல ஒளிமாற்று திறன் கொண்டது. அதிக ஆண்டுகள் உழைக்கக்கூடியது.

தீமைகள்:

- சாயம் வெளுக்கும் தன்மையுடையது.
- மின்பிறிமாற்று திரவம் ஒழுக கூடும்.

- குறைந்த மின்மாற்று திறன் கொண்டது.
- அதிக வெப்பத்தை தாங்கும் தன்மையற்றது.
- குறைந்த அளவில் மட்டுமே உற்பத்தி பண்ண முடியும்.
- ருதேனியம் மற்றும் Pt அதிக விலையுடையது.

1.2. சாய உணர் சூரிய மின்கலத்தின் வரலாறு

1970 வாக்கில் வோகல் பெர்லின் ஒளிபடசுருள் மற்றும் ஒளி மின்வேதியியல் சாயங்களை உபயோகித்தனர். பின்னர் அலைட் குறைக்கடத்தியை பயன்படுத்தி பான்குரோமிக் ஒளிபடத்தில் பிம்பத்தை வரவைத்தனர். ஜேம்ஸ் மோசர் உணர்திறன் நேர்மின்வாய் தகடாக 1887ல் பயன்படுத்தினார் (5) 1960-ல் ஒளி வேதியல் கலன்களாக பயன்படுத்தினார். இதில் தான் ஒளியானது எலக்ட்ரான்களை கிளர்ச்சி செய்து செலுத்தப்பட்டதை அறிந்தனர். 1991ல்

கோஜல் மற்றும் ரிகன் சாய உணர் சூரிய மின்கலத்தை வடிவமைத்தனர். அதற்கடுத்து  $TiO_2$  அடிப்படையான நேர்மின்வாயை கொண்டு அதிக நிலைத்தன்மை கொண்ட, அதிக மாற்றுதிறன் கொண்ட சூரிய மின்கலத்தை வடிவமைத்தனர் (6). காகியற் ஆராய்ச்சி குழுவினர் 14.3% ஒளி மின் மாற்று திறன் கொண்ட மின்கலத்தை உருவாக்கினர் (7).

### 1.3. DSSC-ன் முக்கிய பாகங்கள்:

சாய உணர் சூரிய மின்கலத்தில் நான்கு முக்கிய பாகங்கள் உள்ளது. அவைகள்

- நேர்மின்வாய்
- உணர்வியியல் (சாயம்)
- எதிர்மின்வாய்
- மின்பகுப்பாய்வு திரவம்

#### 1.3.1. நேர்மின்வாய்:

நேர்மின்வாயானது வெளிப்படையான, ஒளி ஊடுருவ கூடிய கண்ணாடியின் மேல் (FTO/ITO) கடத்தும் தன்மையுடைய ப்புரோடைடு கலந்த டின் ஆக்ஸைடு அல்லது இண்டியம் கலந்த டின் ஆக்ஸைடு பூசப்பட்டது. இதன்மேல் சாய உணர்நுட்பமுடைய டைட்டானியன் ஆக்ஸைடு அடிப்படையிலான குறைக்கடத்தி பொருள் பூசியப்படுகிறது. இவை சாய மூலக்கூறுகளை உறிஞ்சக்கூடியது. இவ்வாறே,  $ZnO$ ,  $SnO_2$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $WO_3$  மற்றும்  $Sb_2O_5$  (6,8-10) போன்ற குறை கடத்தி பொருட்கள் ரூதேனியம் போன்ற சாயத்தை நன்கு உறிஞ்ச வல்லது, மற்றும் இச்சாய உணர்திறன் ஒளியை கிளர்ச்சியுள்ள எலக்ட்ரானாக மாற்றவல்லது.  $TiO_2$  அல்லது அதிக ஆற்றல் பட்டை கொண்ட பொருட்களுடன் கலந்து (FTO/ITO) கண்ணாடிமேல் (12-14 nm) பல்வேறு முறைகளில் தேவையான அளவு பூசப்படுகிறது. இவை சூரிய ஒளியை உட்கிறகித்து எலக்ட்ரானான கிளர்ச்சியடை செய்ய வல்லதாக அமைய வேண்டும்.

கரிம கரைசலுடன் அதிக நிலைத்தன்மை கொண்டுள்ளது, அதிக வெப்பநிலையை தாங்கும் தன்மையும், வேதிவினைக்கு உகந்ததாகவும் இருக்ககனும்.

சூரிய ஒளியை உட்கிறகித்து எலக்ட்ரானான கிளர்ச்சியடைய செய்யவல்லதாக

இருக்கவேண்டும்.

#### 1.3.2. உணர் நுட்பம்:

சாயத்தின் முக்கிய வேலை நானோ படிக குறைக்கத்தி பொருட்களின் உணர் நுட்பத்தை தூண்ட கூடியது. ஒளி ஆற்றலை உட்கிறகித்து எலக்ட்ரானை கிளர்ச்சியடைய செய்கிறது. இவ்வாறு கிளர்ச்சியடைந்த எலக்ட்ரான்கள் நானோ படிக நேர்மின்வாய் வழியாக கடத்தப்பட்டு மின்னாற்றலாக மாற்றுகிறது. மிக அதிக மாக பயன்படுத்தும் சாயங்கள் ரூதேனியம், ப்பிரோபியன், ரூதேனியம் கலவையான (N719, 2909, N3) (11,12) ஆகும்.

ஒரு நல்ல சாய பண்பிற்கு பின்வரும் காரணிகள் தேவை

அதிக அளவு ஒளியை உறிஞ்சும் தன்மை, மின்சுமை, மீள்தன்மை, நீண்டகாலம் நிலைத்திருத்தல் மற்றும் எலக்ட்ரான் கடந்தும் தன்மை.

- அதிக கடத்தும் திறன் கொண்ட மின்சுமை இயக்கத் துகள்கள், எலக்ட்ரான் கடத்து மின்தடையை குறைக்கவல்லதாக இருக்க வேண்டும்.

- இடைத்தளத்தில் உள்ள சாய மூலக்கூறுகள் கடத்தும் படையை விட அதிக எதிர்மின் சுமை கொண்டதாகும். இவ்வாறே கிளர்ச்சி மட்டத்தில் சாயம் நேர் குறியை கொண்டிருக்கும்.

- சாய மூலக்கூறுகள் நானோ வடிவ குறைக்கடத்தி நேர்மின்வாய் பொருட்களுடன் அதிக பிணைப்பு கொண்டிருக்கும். இவை எலக்ட்ரான்களை உட்செலுத்த ஏதுவாகிறது. இதனால் எலக்ட்ரான் குறைப்பு மூலம் மீள்வடைவதை குறைக்கிறது.

- சாய மதிப்பீடு குறையாத அதிக கிளர்ச்சி (குறப்பு) யூட்ட கூடியதாகவும் நீண்ட நாட்கள் உழைக்க கூடியதாகவும் இருக்க வேண்டும்.

#### 1.3.3. மின்பகுப்பான்

மின்னாற்பகுப்பான் சாய உணர் சூரிய மின்கலத்திற்கு ஓர் முக்கியமான பாத்திரம் வைக்கிறது. இவை எலக்ட்ரானை எதிர்மின்வாயிலிருந்து வாங்கி மீண்டும் மீண்டும் சாய மூலக்கூறுக்கு ஆக்சிஜனேற்றம் செய்கிறது.

பொதுவாக ஒளி உட்கவர் நேர்மின்வாய்க்கும் எதிர்மின்வாய்க்கும் இடையே எலக்ட்ரான் ஓட்டத்தை சாய மூலக்கூறுகள் மீள் உற்பத்தி (Regeneration) மூலம் நிறைவடைய செய்கிறது. மின்பகுப்பான் பொதுவாக அயோடின் (I), லித்தியம் அயோடின் (LiI) மற்றும் லித்தியம் பெர்க்களோரேட் ( $LiCl_4$ ) அடிப்படையிலானது. ஆக்சிஜனேற்றம் அல்லது ஆக்சிசுறைப்பான் மூலம் இந்த மின்பகுப்பான் (Oxide / Redox) எலக்ட்ரான் சுழற்சி ஓட்டம் தொடர்கிறது. அதாவது அயோடின் மின்பகுப்பானில் சேர்ப்பதால் அயோடின் அயனியால் குறைப்பு (Redox) ஏற்படுகிறது. இதன் மூலம் எலக்ட்ரான் ஓட்டம் அதிகரிக்கிறது. அதாவது ( $I/I_3$ ) குறைப்பான் எலக்ட்ரான் ஊடுருவல் மற்றும் மீள் எலக்ட்ரான் சுற்று நிறைவடைகிறது (13). இருந்தபோதும், மின்பகுப்பானில் அரிப்பு மற்றும் அடைப்பானில் ஒழுக்கல் ஏற்படுவதால் DSSC- ல் உற்பத்தி

பாதிப்படைகிறது(14). இவை நிவர்த்தி செய்யும் விதமாக தற்போது திண்ம மின்பகுப்பான் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

#### 1.3.4. எதிர்மின்வாய்

எதிர்மின்வாயானது DSSLல் ஒரு முக்கிய பகுதியாகும். பகுப்பானால் ஆக்சிஜனேற்றம் ஆன எலக்ட்ரான் எதிர்மின்வாயின் மூலம் குறைப்படைகிறது. மின்பகுப்பானில் உள்ள அயோடனை அயனியாக்கி எலக்ட்ரான்களை கடத்துவதற்கு எதிர்மின்வாய் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. முக்கியமாக எதிர்மின்வாய் பொருட்கள் அதிக கடத்து திறன், நல்ல நிகண்டு துருப்பிடிக்காத, எலக்ட்ரான் ஓட்டத்தை துரிதப்படுத்த கூடியதாகவும் இருக்க வேண்டும். சுற்று வில் ஓட்டத்தில் உள்ள எலக்ட்ரானை உடனடியாக கடத்துவதுடன் அயனிக் குறைப்பை துரிதப்படுத்துவதாகவும் இருக்க வேண்டும்.



படம் - 4 சாய உணர்திறன் சூரிய மின்கலத்தின் எதிர்மின்வாய்களின் பண்புகள்

1.4. பினாடினம் (Pt) அல்ல பொருட்களை கொண்ட எதிர்மின்வாய்களின் ஒரு கண்ணாட்டம்:

- கார்பன் பொருட்களால் ஆன எதிர்மின்வாய்
- கடத்தும் பாலிமர்
- சேர்மம் ∴ கலப்பு பொருட்கள்.
- மாற்ற உலோக வழிப்பொருட்கள் (TM)

#### 1.4.1 கார்பன்

கார்பன் அடிப்படையிலான எதிர்மின்வாய் (CE) க்கள் மீதான ஆய்வு உலகெங்கிலும் உள்ள ஆராச்சியாளர்களால் குறைந்த செலவு, அரிப்பு தன்மையற்ற, மிகுதியான அளவில் மாற்றக்கூடியதும், அதிக மேற்பரப்பு மற்றும் உயர்கடத்துதிறன் போன்ற தன்மைக்காக மேற்கொள்ளப்படுகிறது. இன்றைய தினம் பெருமளவில் கார்பன், கார்பன் பிளாக், கடின கார்பன், ஆக்டிவ் கார்பன், கண்ணாடி கார்பன், ரானோ. டைப், மிசோபோரஸ், கார்பன், கலப்பு கார்பன், நானோ குழாய்கள் போன்ற பல்வேறு கார்பன் பொருட்கள் சாய உணர் சூரிய மின்கலத்தில் (DSSC) பயன்படுத்தப்படுகின்றன (15,16). ஜெங்-யூராம் மற்றும் குழுவினர் கார்பன் அடிப்படையிலாக Pt அல்லாத எதிர்மின்வாயை (CE) பயன்படுத்தி 10.4% மின்மாற்றுத்திறனை பெற்றனர் (17). இருப்பினும், கார்பன் சார்ந்த CE -ன் முக்கிய குறைபாடு, இந்த பொருட்களின் மோசமான வினையூக்கி நடவடிக்கைகளாலும் மற்றும் TCO கண்ணாடியில் கார்பன் ஒட்டுதலில் குறைபாடும் கொண்டுள்ளதால் அதன் ஆயுட்காலம் குறிப்பிட்ட வரையறுத்த காலமாகியது.

#### 1.4.2 கடத்தும் பாலிம்

அயோடின் குறைப்பு, குறைந்த செலவில் தயாரிப்பு, நெகிழ்வுத் தன்மை, எங்கும் கிடைக்கும் நல்ல ரசாயின் நிலைத்தன்மை மற்றும் அதிக வினைவேக செயல்பாடு காரணமாக சமீபகாலமாக Pt அல்லாத எதிர்மின்வாய் (CE) தயாரிப்பின் பாலிமர் பண்படுத்தப்படுகிறது. பல்வகை கடத்தும் பாலிமர்கள் நல்ல வினைவே செயல்பாடுகளில் DSSC-ல் பயன்படுகிறது. (15,16) அவைகளான : புரோப்பலின் (PP<sub>4</sub>) பாலிஅனிலின் (PAN) மற்றும் மைக்ரோபோரஸ் (M) நோனோ போரஸ் பாலி அனிலன் மற்றும் பாலி எத்திலின் டை ஆக்ஸிதையோபிரப்பின் (PEDOT-PSS). ஐக்ரோடாசாவ் மற்றும் குழுவினர் அதிக

போரஸ் கொண்ட PEDOT -CE ஐ பயன்படுத்தி 10.3% மின்மாற்று திறனை அடைந்தனர் (18). எவ்வாறாயினும் மின்சக்தி நிலைமைகளில் கட்டமைப்பு மாற்றங்களைக் கொண்டிருக்கும் பொருள்களின் கட்டமைப்பு சிக்கலாகவே உள்ளது. இவைகளால் ஆன சாதனங்களின் நீண்டகால உறுதிபாடு மற்றும் நடைமுறை செயல்பாற்றில் இன்னும் பின்னடைவாக உள்ளது.

#### 1.4.3. சேர்மங்கள் கலப்பு பொருட்கள்:

DSSC-ன் மின்மாற்று செயல்திறனை மேம்படுத்த CE-ல் சேர்மங்கள் ∴ கலப்பின ஊறுகள் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த புதிய அணுகுமுறைகள் மிகவும் திறமையான மற்றும் குறைந்த செலவில் DSSC-ஐ உருவாக்கும் வழியை திறந்துள்ளது எனலாம். சமீபத்தில் கலப்பின CE-னை வளர்ப்பதற்கு அதிக முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. அவைகள் 1. பாலிகாம்போனன்ட் நானே கலப்பு (CE) 2. நானோ டிரான்சிசன் உலோக கார்பைட் பாலிமர் நானோ கலப்பு CE. 3. பாலிமர் கலப்பு CE 4. பாலிமர் கார்பன நானே கலப்பு CE 5. TMCs / பாலிமர் நானோ கலப்பு CE 6. கார்பன் நானோ கலப்பு CE (15,19) இன்று புதிய பைனி, மோலோர் விகிதங்கள், எடை விகிதங்கள் போன்ற பல்வேறு சேர்க்கைகளின் அடிப்படையிலான முக்கோண கலப்பு பொருட்கள் தொடர்ச்சியாக உருவாக்கப்படுகின்றன. கேவன் மற்றும் சக ஆய்வு குழுவினர்களும் இராபெனின் ஆக்சைடு கிராபெனின் நானோ பிலிடெட்டுகள் (GO-GNP) கலவையை ஒருங்கிணைந்தது, தயாரித்த CE-ஐ பயன்படுத்தி 9.3% PCE பெற்றனர் (20).

#### 1.4.4. மாற்ற உலோக வழிப்பொருட்கள் (CE)

இன்னும் பல TMs வழிப்பொருட்கள் (Pt) பிளாட்டினத்தை தவிர்த்து ஆராய்ச்சி நலன்களை ஈர்க்கிறது. மற்ற உலோகங்களை விட மாற்ற உலோக பொருட்கள் முக்கிய வேறுபாடு கொண்டது. தங்கள் (VB) மதிப்பு எலக்ட்ரான்களை ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட செல் அமைப்பில் இருக்கலாம் என்றும், இதனால் பெரும்பாலான மாற்ற உலோகங்கள் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஆக்சிஜனேற்ற ஆற்றல் மட்டங்களை கொண்டுள்ளது. இவ் எலக்ட்ரான்களின் பண்புகள் வினைத்திறன், இயந்திர வலிமை, வெப்ப கடத்து திறன் மற்றும் அதிவேக கடத்து திறன் கொண்டதாக உள்ளது.

2009-ம் ஆண்டு முதல் TM வழிப்பொருட்கள் பரவலாக CE-ல் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகிறது. TM வழிப்பொருட்கள் கார்பைட்ஸ், நைட்ராகுகள், ஆக்சைடுகள் மற்றும் சல்வைடுகள் ஆகியவை கொண்டுள்ளன. நல்ல வெப்பத்தன்மை, அதிகவேக வினை செயல்திறன், உயர் வேதியியல் நிலைத்தன்மை மற்றும் குறைந்த விலைக்காரணமாக W, V, Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Mo மற்றும் Ni (i5) போன்ற TM வழிப்பொருட்கள் CE-பயன்படுத்தி ஆய்வு செய்யப்பட்டுள்ளது.

குறிப்பாக, ஒரு பரிமான (1D) நானோபடிக TM வழிப்பொருட்கள் அதிவேக எலக்ட்ரான் கடத்து திறன், உயர் மேற்பரப்பு பகுதி மற்றும் (I<sup>3</sup>) அயோடின் குறைப்பு மின்வேதியியல் செயல்பாடு போன்ற பல நன்மைகளை வெளிப்படுத்துகின்றன. DSSC-க்காக Pt அல்லாத CE-களின் வரிசையில் நானோ குழாய்கள் (1D) நானோபாரஸ், நானோ ராடுகள் (NRs), நானோ ரிப்பன் (NRs) மற்றும் நானோ கம்பிகள் (NWs) கடந்த இருபதாண்டுகளாக குறிப்பிடத்தக்க கவனத்தை ஈர்த்துள்ளன (21) ஒரு பரிமான TM பொருட்கள் அதிக கடத்தும் திறனையும் வினையூக்கியாகவும் இருக்கும். A மற்றும் சக ஆய்வாளர்கள் (1D) TM பொருட்கள் அதிக செயல்திறன் கொண்டதை நிறுவித்து காட்டியுள்ளனர் (22-26) இவர்கள் நானோ வடிவ பொருட்கள் அதிக

செயல்திறன் கொண்டது பெரிய பொருட்களை விட என நிருவித்தனர். மற்றும் ஹாவேவ்-ஜோ ஆய்வு குழுவினர் W<sub>18</sub>O<sub>49</sub> மாற்ற உலோக எதிர்மின்வாய் அதிக செயல்திறன் கொண்டது என்றும் அயோடின் குறைப்பு திறன் கொண்டது என்றும் காட்டினர்(27).

முடிவுரை:

சுருக்கமாக சொன்னால், கடந்த இரண்டு சதாப்தங்களாக ஆராய்ச்சியாளர்கள் DSSC-களை உருவாக்கியதில் பல்வேறு வகை எதிர்மின்வாய் (CE) பொருட்களை உருவாக்கினர். இருப்பினும் DSSC-ன் செயல்திறன் வெவ்வேறு ஊறுக்களள் மற்றும் மின்கலன் உறுதிபாடுகளை மேம்படுத்தினர் மற்றும் Pt அல்லாத CE ஷடன் வேறுபடுத்தினர். அதாவது துகள் அளவு, வடிவம், படிகத்தன்மை, பிணைப்பு வலிமை மற்றும் அயோடின் குறைப்பு (Kedox) பண்புகள் போன்ற முக்கிய காரணிகள் வினையூக்கியின் செயல்பாடு மேம்பாட்டிற்கு கணிசமான விளைவுகளை ஏற்படுத்தும் என நம்பப்படுகிறது. எதிர்கால பணிகள், வணிகரீதியான பயன்பாடுகளுக்கான உயர் திறத்தன்மையுடன் கூடிய செயல்திறன் சூரிய மின்கலங்களை அடைய பொருத்தமான வழிகளில் குறைந்த செலவில் பிளாட்டினம் அல்லாத பொருட்களை பயன்படுத்த கவனம் செலுத்தப்பட வேண்டும்.

## References

1. Li, B, Wang, L, Kang, B, Wang, P & Qiu, Y 2006, 'Review of recent progress in solid-state dye-sensitized solar cells', Solar Energy Materials and Solar Cells, vol. 90, no. 5, pp. 549-573.
2. Becquerel, E 1839, 'Recherches sur les effets de la radiation chimique de la lumière solaire, au moyen des courants électriques', CR Acad. Sci, vol. 9, pp. 145-149.
3. Fritts, CE 1885, 'On the Fritts selenium cells and batteries', Journal of the Franklin Institute, vol. 119, no. 3, pp. 221-232.
4. Chapin, DM, Fuller, CS & Pearson, GL 1954, 'A new silicon pon junction photocell for converting solar radiation into electrical power', Journal of Applied Physics, vol. 25, no. 5, pp. 676-677.
5. Moser, J 1887, 'Notiz über Verstärkung photoelektrischer Ströme durch optische Sensibilisierung', Monatshefte für Chemie/Chemical Monthly, vol. 8, no. 1, pp. 373-373.

6. O'regan, B & Gratzel, M 1991, 'A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized', *Nature*, vol. 353, no, 6346, pp. 737-740.
7. Kakiage, K, Aoyama, Y, Yano, T, Oya, K, Fujisawa, JI & Hanaya, M 2015, 'Highly-efficient dye-sensitized solar cells with collaborative sensitization by silyl-anchor and carboxy-anchor dyes', *Chemical Communications*, vol. 51, no. 88, pp. 15894-15897.
8. Martinson, AB, Elam, JW, Hupp, JT & Pellin, MJ 2007, 'ZnO nanotube based dye-sensitized solar cells', *Nano Letters*, vol. 7, no. 8, pp. 2183-2187.
9. Sayama, K, Sugihara, H & Arakawa, H 1998, 'Photoelectrochemical properties of a porous Nb2O5 electrode sensitized by a ruthenium dye', *Chemistry of Materials*, vol. 10, no. 12, pp. 3825-3832.
10. Tennakone, K, Bandara, J, Bandaranayake, PKM, Kumara, GRA & Konno, A 2001, 'Enhanced efficiency of a dye-sensitized solar cell made from MgO-coated nanocrystalline SnO2', *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 40, no. 7B, p. L732.
11. Hwang, S, Lee, JH, Park, C, Lee, H, Kim, C, Park, C, Lee, MH, Lee, W, Park, J, Kim, K & Park, NG 2007, 'A highly efficient organic sensitizer for dye-sensitized solar cells', *Chemical Communications*, vol. 0, no. 46, pp. 4887-4889.
12. Nazeeruddin, MK, Kay, A, Rodicio, I, Humphry-Baker, R, Müller, E, Liska, P, Vlachopoulos, N & Grätzel, M 1993, 'Conversion of light to electricity by cis-X2bis (2, 2'-bipyridyl-4, 4'-dicarboxylate) ruthenium (II) charge-transfer sensitizers (X= Cl-, Br-, I-, CN-, and SCN-) on nanocrystalline titanium dioxide electrodes', *Journal of the American Chemical Society*, vol. 115, no. 14, pp. 6382-6390.
13. Chiba, Y, Islam, A, Watanabe, Y, Komiya, R, Koide, N & Han, L 2006, 'Dye-sensitized solar cells with conversion efficiency of 11.1%', *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 45, no. 7L, pp. L638-L640.
14. Boschloo, G & Hagfeldt, A 2009, 'Characteristics of the iodide/triiodide redox mediator in dye-sensitized solar cells', *Accounts of Chemical Research*, vol. 42, no. 11, pp. 1819-1826.
15. Yun, S, Hagfeldt, A & Ma, T 2014, 'Pto Free counter electrode for dye-sensitized solar cells with high efficiency', *Advanced Materials*, vol. 26, no. 36, pp. 6210-6237.
16. Theerthagiri, J, Senthil, AR, Madhavan, J & Maiyalagan, T 2015, 'Recent progress in nonoplatinum counter electrode materials for dye-sensitized solar cells', *ChemElectroChem*, vol. 2, no. 7, pp. 928-945.
17. Nam, JG, Park, YJ, Kim, BS & Lee, JS 2010, 'Enhancement of the efficiency of dye-sensitized solar cell by utilizing carbon nanotube counter electrode', *Scripta Materialia*, vol. 62, no. 3, pp. 148-150.
18. Tsao, HN, Burschka, J, Yi, C, Kessler, F, Nazeeruddin, MK & Grätzel,

M 2011, 'Influence of the interfacial charge-transfer resistance at the counter electrode in dye-sensitized solar cells employing cobalt redox shuttles', *Energy & Environmental Science*, vol. 4, no. 12, pp. 4921-4924.

19. Wu, M & Ma, T 2014, 'Recent progress of counter electrode catalysts in dye-sensitized solar cells', *The Journal of Physical Chemistry C*, vol. 118, no. 30, pp. 16727-16742.

20. Kavan, L, Yum, JH & Graetzel, M 2012, 'Optically transparent cathode for Co (III/II) mediated dye-sensitized solar cells based on graphene oxide', *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 4, no. 12, pp. 6999-7006.

21. Qu, J & Lai, C 2013, 'One-dimensional TiO<sub>2</sub> nanostructures as photoanodes for dye-sensitized solar cells', *Journal of Nanomaterials*, vol. 2013, no. 2, pp. 1-11.

22. Wu, M, Lin, X, Hagfeldt, A & Ma, T 2011, 'A novel catalyst of WO<sub>2</sub> nanorod for the counter electrode of dye-sensitized solar cells', *Chemical Communications*, vol. 47, no. 15, pp. 4535-4537.

23. Wu, M, Lin, X, Hagfeldt, A & Ma, T 2011, 'Low Cost molybdenum carbide and tungsten carbide counter electrodes for dye sensitized solar cells', *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 50, no. 15, pp. 3520-3524.

24. Wu, M, Lin, X, Wang, L, Guo, W, Wang, Y, Xiao, J, Hagfeldt, A & Ma, T 2011, 'In situ synthesized economical tungsten dioxide imbedded in mesoporous carbon for dye-sensitized solar cells as counter electrode catalyst', *The Journal of Physical Chemistry C*, vol. 115, no. 45, pp. 22598-22602.

25. Wu, M, Lin, X, Wang, T, Qiu, J & Ma, T 2011, 'Low-cost dye-sensitized solar cell based on nine kinds of carbon counter electrodes', *Energy & Environmental Science*, vol. 4, no. 6, pp. 2308-2315.

26. Wu, M, Lin, X, Wang, Y, Wang, L, Guo, W, Qi, D, Peng, X, Hagfeldt, A, Grätzel, M & Ma, T 2012, 'Economical Pt-free catalysts for counter electrodes of dye-sensitized solar cells', *Journal of the American Chemical Society*, vol. 134, no. 7, pp. 3419-3428.

27. Zhou, H, Shi, Y, Dong, Q, Wang, Y, Zhu, C, Wang, L, Wang, N, Wei, Y, Tao, S & Ma, T 2014, 'Interlaced W<sub>18</sub>O<sub>49</sub> nanofibers as a superior catalyst for the counter electrode of highly efficient dye-sensitized solar cells', *Journal of Materials Chemistry A*, vol. 2, no.12, pp. 4347-4354.

# செக்ரால்ஸ்கி படிக வளர்ப்பு தொழில்நுட்பத்தின் வரலாறும் மேம்பாடுகளும்

மு. அறிவானந்தன்

மீநுண் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப மையம், அண்ணா பல்கலைக்கழகம், சென்னை

இன்றைய நவீன தொழில்நுட்ப வளர்ச்சியில் படிகங்கள் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. பொருட்களை தனி படிகங்களாக உருவாக்கும்போது அதன் பல்வேறுபட்ட பண்புகள் சீராண உட்கட்டமைப்பு காரணமாக மேம்பட்டு காணப்படுகிறது. ஆகவே பொருட்களை படிகமாக வளர்ப்பதும் படிக வளர்ச்சி தொழில்நுட்பமும் இன்றியமையாததாகின்றன. படிக வளர்ச்சி முறைகள் பல்வேறு வகைப்படும். பொருட்களின் நிலை மாறுதல்களை (Phase transition) பொருத்து படிக வளர்ச்சியை பின்வருமாறு வகைப்படுத்தலாம்.

1. கரைசல் முறையில் படிகம் வளர்த்தல்
2. உருக்குதல் முறையில் படிகம் வளர்த்தல்
3. ஆவியாதல் முறையில் படிகம் வளர்த்தல்

மேற்கண்ட வகைகளில் உருக்கி படிகம் வளர்த்தல் என்பது மிகவும் முக்கியமான முறை ஆகும். உருக்குதல் முறையில் பல்வேறு முறைகள் உள்ளன.

அவைகளாவன பிரிட்ச்மென் கைரோ போலஸ் மற்றும் செக்ரால்ஸ்கி முறைகள் ஆகும். இந்த முறைகளில் செக்ரால்ஸ்கி முறை என்பது அதிகம் பயன்படக்கூடிய தொழில்நுட்பம் ஆகும். அதன் கண்டுபிடிப்பு மற்றும் மேம்பாடு பற்றி இங்கே விரிவாக பார்ப்போம்.

செக்ரால்ஸ்கி படிக இழுப்பு முறை:

பேராசிரியர் ஜான் செக்ரால்ஸ்கி என்பவர் போலந்து நாட்டை சேர்ந்த உலோகவியல் ஆராய்ச்சியாளர் ஆவார் (படம் -1). அவர் பல்வேறுபட்ட உலோக ஆராய்ச்சியை மேற்கொண்டிருந்தார். அவரின் காலமானது 1885-ல் இருந்து 1953-வரை ஆகும். அது முதல் உலகப்போர் நடந்து கொண்டிருந்த காலம். அப்போது உலோகங்களின் தேவை அதிகமாக இருந்தது.

மேலும் உலோகங்கள் கிடைப்பது அரிதாக இருந்தது. ஆகவே உலோக படிகங்களை வேகமாக வளர்ப்பது பற்றிய ஆராய்ச்சியில் பேராசிரியர் ஜான் செக்ரால்ஸ்கி ஈடுபட்டிருந்தார்.



படம்-1: பேராசிரியர் ஜான் செக்ரால்ஸ்கி அவர்களின் புகைப்படம்

ஒருநாள் அவர் ஆய்வகத்தில் வெள்ளீயம் படிக்காமாதல் மற்றும் அதன் வேகம் பற்றி ஆராய்ச்சி மேற்கொண்டிருந்தார். அப்போது ஆராய்ச்சியின் முடிவுகளை குறிப்பெடுத்து கொண்டிருக்கும்போது அவரது தொட்டு எழுதும் எழுதுகோலை மையில் தொடுவதற்கு பதில் உருகிய நிலையில் உள்ள வெள்ளீயத்தில் (Sn) தவறுதலாக தொட்டுவிட்டார். அவ்வாறு தொட்டு எடுக்கும்போது, எழுதுகோலின் முனையில் இருந்து நீளமான மெல்லிய கம்பி போன்று வருவதை கண்டு வியந்தார். பிறகு இதை மீண்டும் மீண்டும் செய்து பார்த்தார். எல்லா முயற்சியிலும் மெல்லிய கம்பி எழுதுகோலின் முனையில் தோன்றுவதை கண்டுபிடித்தார். பிறகு அந்த மெல்லிய கம்பியை பகுப்பாய்வு செய்து பார்த்த போது அது வெள்ளீய படிகம் என்பது கண்டறியப்பட்டது.

மேலும், அவர் எழுதுகோலின் முனையை வேகமாக வெள்ளீய உருக்கில் விட்டு இழுக்கும் போது கம்பின் நீளம் குறைவாக இருப்பதை கண்டறிந்தார். மெதுவாக விட்டு இழுக்கும்போது நீளமான வெள்ளீய கம்பி வருவதை கண்டறிந்தார். இவ்வாறு அவர் மீண்டும்

மீண்டும் வெவ்வேறு வேகத்தில் உருக்கில் அமிழ்த்தி இழுக்கும்போது, இழுக்கும் வேகத்திற்கு ஏற்ப நீளம் வேறுபடுவதை கண்டறிந்தார். மேலும் வெள்ளீய படிகம் எவ்வாறு வளர்ந்தது என்பதை ஆராய்ந்து கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கினார்.

அதாவது, உயர்வெப்பநிலையில் உள்ள வெள்ளீய உருக்கில் குறைந்த வெப்பநிலையில் உள்ள எழுதுகோலின் முனையை தொடுவதின் மூலம் வெப்பமானது, வெள்ளீய உருக்கில் இருந்து எழுதுகோலின் முனைக்கு பரவுகிறது. இதனால் உருக்கின் வெப்பம் குறைகிறது. மேலும் பரப்பு இழுவிசை காரணமாக சிறிதளவு உருக்கானது எழுதுகோலின் முனையில் ஒட்டி மேலெழும்பும் அவ்வாறு மேலெழும் உருக்கின் வெப்பமானது, கொள்கலனில் இருக்கும் வெப்பத்தை காட்டிலும் வெகுவாக குறைகிறது. இதனால், எழுதுகோலின் முனையில் உள்ள உருக்கு திட பொருளாக அதாவது படிக்கமாக மாறுகிறது. மேலும் எழுதுகோலை மேல்நோக்கி இழுக்கும்போது படிக்கமானது மேற்கொண்டு வளர்கிறது.

இந்த ஆராய்ச்சி முடிவுகளை லியட்ஸ்சரிப்ட் பர் பிசிக்கலிஸ்சே கெமி என்ற சஞ்சிகையில் உலோகத்தின் படிக்காமாதல் வேகத்தை அளப்பத்திற்கான புதிய முறை என்ற தலைப்பில் 1918 ஆம் ஆண்டு வெளியிட்டார் (1) செக்ரால்ஸ்கி அவர்கள் தவறுதலாக வெள்ளீய உருக்கில் எழுதுகோலை அமிழ்த்தும் போதும் சரி அந்த எதிர்பாராமல் நடந்த தவறை ஆராய்ச்சி செய்யும் போதும் சரி இது ஒரு பெரிய சக்திவாய்ந்த தொழில்நுட்பமாக வளரப்போகிறது என்பதை நினைத்துக்கூட பார்த்திருக்கமாட்டார். மேலும் அவர் உலோகம் அல்லாத படிக்கங்களை இந்த முறையில் வளர்க்கவில்லை.

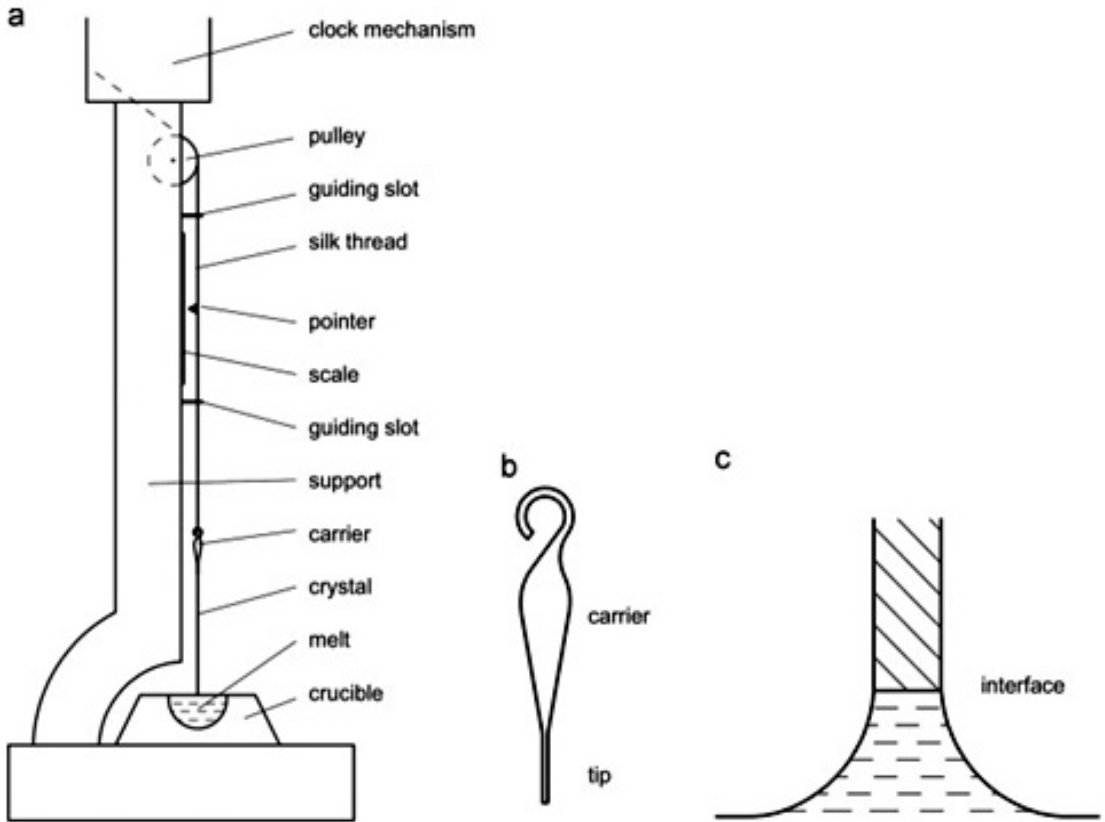
செக்ரால்ஸ்கி தொழில்நுட்பத்தின் மேம்பாடு:

ஜான் செக்ரால்ஸ்கி அவர்கள்,

அடுத்தகட்டமாக கையால் எழுதுகோலின் முனையை இழுப்பதற்கு பதில், மோட்டார் மற்றும் பற்சக்கரத்தின் உதவியுடன் சீராண வேகத்தில் உலோக முனையை உருகிய நிலையில் உள்ள உலோகத்தில் அமிழ்த்தி இழுக்க செய்தார். இவ்வாறு அவர் வெவ்வேறு உலோகங்களை வெவ்வேறு உலோக முனையை வைத்து இழுத்து படிக்கத்தின் வளர்ச்சி வேகத்தை கண்டறிந்தார். அவர் பயன்படுத்திய ஒரு படிக்க இழுப்பு உபகரணத்தை படம் 2-ல் காணலாம் [1].

அதன்பிறகு வந்த ஆராய்ச்சியாளர்கள், உலோக முனைக்கு பதிலாக முன்னமே வளர்த்த படிக்கத்தை விதை படிக்கமாக

பயன்படுத்தி, இழுத்தல் முறையில் பல்வேறு படிக்கங்களை வளர்க்க செய்தனர் ஜ2ஸ. அதன்பிறகு சற்றே எறக்குறைய 40 ஆண்டுகள் செக்ரால்ஸ்கியின் படிக்க இழுப்பு முறையை பயன்படுத்தி உலோகம் அல்லாத படிக்கத்தை யாரும் வளர்க்கவில்லை. 1950-களில் முதல் டிரான்ஸ்சிஸ்டர் ஜெர்மானிய படிக்கத்தில் தயார்செய்து அதன் பண்புகள் மற்றும் பயன்கள் வெளிகொணரப்பட்டது. ஜ3ஸ அதன்பிறகு சிலிக்கான் படிக்கத்திலும் டிரான்ஸ்சிஸ்டர் செய்து அதன் பயன்பாடுகள் அறியப்பட்டன. இதன் மூலம் ஜெர்மானியம் மற்றும் சிலிக்கான் படிக்கங்களின் தேவை அதிகமாயின.



படம் -2 பேராசிரியர் ஜான் செக்ரால்ஸ்கி பயன்படுத்திய படிக்க இழுப்பு உபகரணம் (a) உலோக முனை (b) மற்றும் திட திரவ இணைமுகம் (c) [4]

அப்போது பெல் ஆய்வகத்தை சேர்ந்த டீல் மற்றும் லிட்டில் ஆகியோர் சேர்ந்து செக்ரால்ஸ்கியின் படிக இழுத்தல் முறையை மேலும் நவீனப்படுத்தி உலோகம் அல்லாத படிகமான சிலிக்கான் படிகத்தை வளர்ப்பதற்கு பயன்படுத்தினார்கள் [2,4,5]. மேலும் அவர்கள் அந்த முறைக்கு செக்ரால்ஸ்கி படிக இழுப்பு முறை என பெயரிட்டனர். அதன்பிறகு செக்ரால்ஸ்கி படிக தொழில்நுட்பத்தில் பல்வேறு மாற்றங்கள் செய்யப்பட்டன. படிகத்தின் விட்டம் மற்றும் அதன் வளர்ச்சி வீதம் ஆகியவற்றை தானியங்கி (Automatic) முறையில் கட்டுப்படுத்தப்பட்டது [6]. மேலும் சிலிக்கான் படிகங்கள் பல்வேறு அளவுகளில் செக்ரால்ஸ்கி முறையில் வளர்க்கப்பட்டது. சிலிக்கான் மட்டும் அல்லாது பல்வேறு பொருட்களான உலோக ஆக்ஸைடுகள், உலோக பாஸ்பைடுகள், உலோக ஆர்சனைடுகள் இந்த முறையில் படிகங்களாக வளர்க்கப்பட்டன. ஆகவே குறைகடத்தி தொழில்நுட்ப வளர்ச்சியில் செக்ரால்ஸ்கி தொழில்நுட்பத்தின் பங்கு இன்றியமையாதது [7].

குறிப்பாக செக்ரால்ஸ்கி படிக இழுப்பு முறையின் மூலம் படிகங்களை பெரிய அளவில் உருளை வடிவில் வளர்க்கலாம். உருளை வடிவில் வளர்த்த படிகங்களை மெல்லிய வட்ட வடிவ தகடுகளாக வெட்டி எடுத்து அதை நுண்ணிய மின்னணுவியலுக்கு பயன்படுத்தலாம்.

சிலிக்கான் படிகவளர்ப்பு தொழில்நுட்பம்:

மின்னணுவியலில் தொகுக்கப்பட்ட மின்சுற்று தயாரிப்பதற்கு சிலிக்கான் படிகங்கள் மிகவும் அதிக அளவில் தேவைப்படுகின்றன. இந்த படிகங்கள் செக்ரால்ஸ்கி முறையில் வளர்க்கப்படுகின்றன. மேலும் சூரியமின்கலத்திற்கான சிலிக்கான் படிகங்களும் செக்ரால்ஸ்கி முறையில் வளர்க்கப்படுகின்றன [8-12]. செக்ரால்ஸ்கி முறையில் படிகம் வளர்த்தலை ஐந்து நிலைகளாக பிரிக்கலாம்.

I. சிலிக்கான் பல்படிக மூலப்பொருட்களை உருவாக்குதல்

II. விதை படிகத்தை உருகிய சிலிக்கான் உருக்கில் மூழ்கும்படி செய்து திட திரவ இணைமுகத்தை உருவாக்குதல்.

III. படிகத்தின் கழுத்து மற்றும் தோள் பகுதியை உருவாக்குதல்

IV. படிகம் வளர்த்தல்

V. வால் பகுதியை உருவாக்குதல்

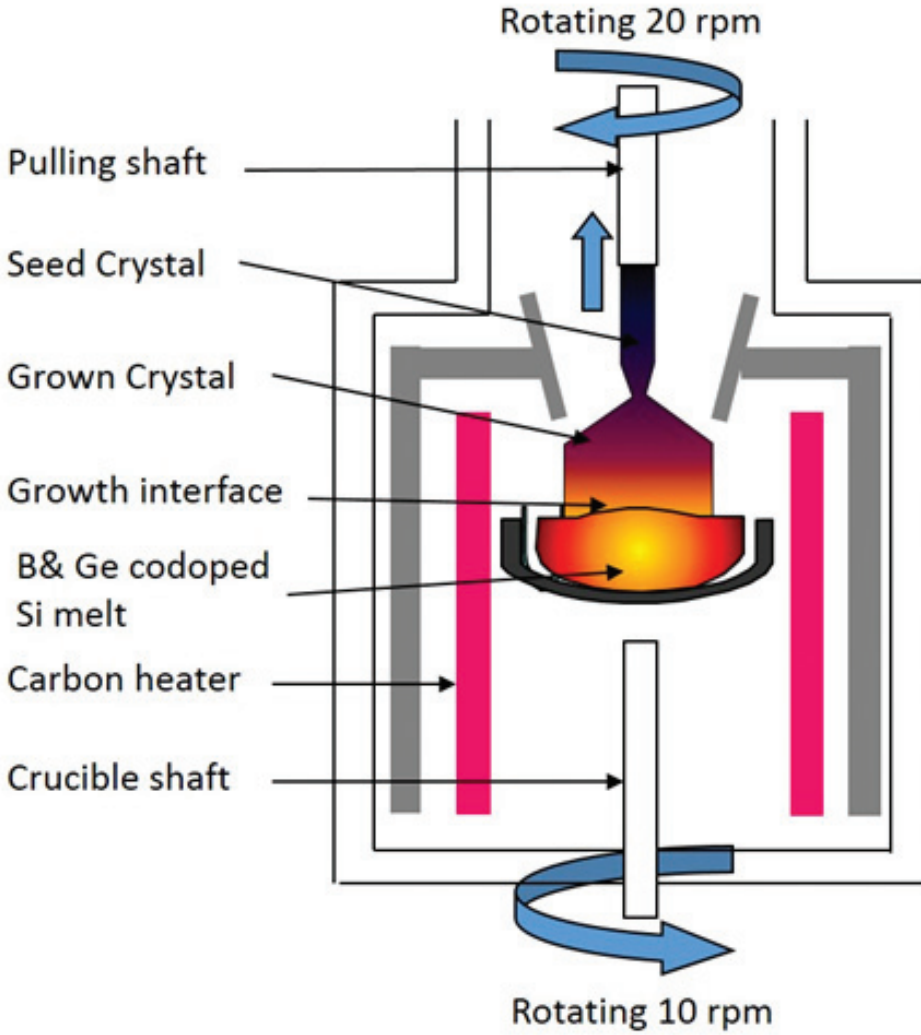
அதிசுத்தமான (Si) பல்படிகங்களை சிலிக்கான் டை ஆக்ஸைடு எனப்படும் சிலிக்கா கொள்கலனில் எடுத்து கொள்ள வேண்டாம். Si மூலப்பொருட்கள் அடங்கிய உலை உள்ள படிக வளர்ப்பு அறையில் உள்ள ஆக்ஸிஜனை வெளியேற்றி வெற்றிட மாக்கப்பட்டபின் மந்த வாயுக்களை கொண்டு நிரப்ப வேண்டும். ஏனெனில் ஆக்ஸிஜன் முன்னிலையில் Si ஆனது SiO<sub>2</sub> ஆக மாறி அதன் கடத்தும் பண்பை இழந்துவிடும். ஆர்கான் மந்த வாயு நிறைந்த அறையில் சிலிக்கான் வெப்பப்படுத்தி உருக்க வேண்டும். உருகிய பின் விதை படிகத்தை Si உருக்கில் மூழ்கும்படி செய்ய வேண்டும். அப்போது திட நிலையில் உள்ள விதை படிகமும் திரவ நிலையில் உள்ள Si உருக்கும் இணைந்து திட திரவ இணைமுகமானது உருவாகும். இந்த இணைமுகமானது படிக வளர்ப்புக்கு மிகவும் முக்கியமானதாகிறது.

விதை படிகத்தை உருக்கில் அமிழ்த்தும் போது, படிகமானது சுழன்ற நிலையில் இருக்க வேண்டும். விதை படிகமும் உருக்கும் வெப்ப சமநிலை அடைந்த பிறகு, விதை படிகத்தை மெல்ல மேல்நோக்கி இழுக்க வேண்டும். இழுப்பு வேகத்தை மாறுபடுத்தி கழுத்து பகுதியையும் தோள் பகுதியையும் நேர்த்தியாக வளர்க்கலாம். கழுத்து பகுதியின் விட்டமானது விதை படிகத்தின் விட்டத்தைவிட குறைவாக இருக்குமாறு வளர்க்கும்போது விதை படிகத்தில் உள்ள

குறைபாடு ஆனது வளரும் படிக்கத்தில் ஊடுருவாமல் கட்டுப்படுத்த இயலும். தேவையான படிக்க விட்ட அளவிற்கு ஏற்றவாறு தோள் பட்டையை அமைக்க வேண்டும். பிறகு படிக்க இழுப்பு வேகத்தை மெல்ல அதிகரித்து சீரான விட்டத்தில் படிக்கத்தை வளர்க்க வேண்டும். தேவையான நீளத்திற்கு படிக்கம் வளர்ந்தவுடன், திட-திரவ இணைப்பு முகத்தை உடனே துண்டிக்க கூடாது. அவ்வாறு துண்டிக்கும்போது படிக்கமானது வெப்ப அதிர்ச்சியை உணரும். அது பல்வேறு

குறைபாடுகளை படிக்கத்தில் உருவாக்கும்.

எனவே மெதுவாக வெப்பநிலையையும், படிக்க இழுப்பு வேகத்தையையும் அதிக படுத்தி, படிக்கத்தை உருக்கில் இருந்து மெல்ல துண்டிக்கவேண்டும். பிறகு உலையின் வெப்பத்தை சீரான வேகத்தில் குளிர்விக்க வேண்டும். அவ்வாறு செய்யும்போது Si படிக்கத்தை குறைந்த குறைபாடுகளுடன் வளர்க்க முடியும். சிலிக்கான் படிக்க வளர்ப்பு முறையை படம் 3-இல் காணலாம்.

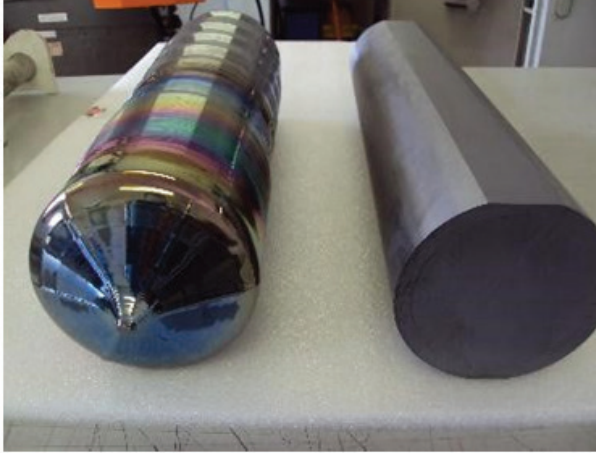


படம் - 3 : சிலிக்கான் படிக்க வளர்ப்புக்கான செக்ரால்ஸ்கி முறையின் எளிய வரைபடம்.

உருகிய நிலையில் எளிதில் ஆவியாக கூடிய பொருள்களை உதாரணமாக, புய்யுள போன்ற பொருட்களை செக்ரால்ஸ்கி முறையில் படிக்காமா வளர்க்கும்போது, திரவ பொருளை கொண்டு உருக்கை மூட வேண்டும். இதற்கு, திரவ மூடுதல் செக்ரால்ஸ்கி முறை (Liquid Encapsulated Czochralski) என்று பெயர் செக்ரால்ஸ்கி முறையில் படிக்கத்தை அதிக நீளமாக வளர்க்க முடியும். மேலும் படிக்க விட்டத்தையும் அதிகரிக்க முடியும். சிலிக்கான் படிக்கமானது ஆரம்ப காலத்தில் 50 மி.மீ விட்டத்தில் வளர்க்கப்பட்டன. படிப்படியாக உயர்ந்து 300 மி.மீ விட்ட அளவு வரை சிலிக்கான் தனி படிக்கங்கள் தொழிற்சாலைகளில் செக்ரால்ஸ்கி முறையில் வளர்க்கப்படுகின்றன. மேலும் 400 மி.மீ விட்ட அளவிலான சிலிக்கான்

படிவங்கள் தொழிற்சாலைகளில் செயல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. தொழிற்சாலைகளில் செக்ரால்ஸ்கி முறையில் வளர்க்கப்பட்ட பெரிய படிக்கங்கள் சிலவற்றை படம் 4-ல் காணலாம். சமீபத்தில் 450 மி.மீ விட்ட அளவில் சிலிக்கான் படிக்கமானது வளர்க்கப்பட்டது. இதுவே உலகின் பெரிய படிக்கமாக கருதப்படுகிறது. (படம் 4).

மேலும் இதுவரை 1.75 மீட்டர் நீளம் வரை ஞை படிக்கம் வளர்க்கப்பட்டிருக்கின்றது. மேலும் இந்த நீளத்தை அதிகப்படுத்த தொடர்ந்து மூல பலப் படிக்கத்தை செலுத்தும் முறை அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. இந்த முறைக்கு தொடர் செக்ரால்ஸ்கி முறை என்று பெயர் (Continuous Czochralski Method). [13]



படம்-4: செக்ரால்ஸ்கி முறையில் வளர்க்கப்பட்ட மிக பெரிய சிலிக்கான் படிக்கங்கள்.

மேலும் தேவையான மற்ற பொருள்களை (dopant) குறைந்த அளவில் சேர்த்து படிக்கத்தை வளர்க்க இயலும். குறைந்த அளவில் சேர்த்த பொருளின் அளவானது படிக்கம் வளரவளர படிக்கத்தை காட்டிலும் உருக்கில் அதிக அளவில் இருக்கும். மற்ற பொருள்களின் ஊடுருவு திறனானது திட பொருளை காட்டிலும் திரவத்தில் அதிகமாக இருப்பதே அதற்கு காரணம். இதனால் சிலிக்கான் உருக்கியை முழுவதுமாக படிக்கமாக வளர்க்க கூடாது. 20-இல் இருந்து 30 சதவிகிதம் உருக்கு இருக்கும் போதே திட-திரவ இணைப்பு முகத்தை மெல்ல துண்டித்துவிடுவது நல்லது. சிலிகாணை எதிர் மின் கடத்தி அதிகமாக இருக்கும் (n-type) படிக்கமாக வளர்க்க பாஸ்பரனை குறிப்பிட்ட

அளவு சேர்த்து வளர்க்க வேண்டும். சிலிகாணை நேர் மின் கடத்தி அதிகமாக இருக்கும் (p-type) படிக்கமாக வளர்க்க போராணை குறிப்பிட்ட அளவு சேர்த்து வளர்க்க வேண்டும்.

மேலும் சிறிதளவு ஜெர்மனியம் மற்றும் பேரான் சேர்க்கும் போது சிலிக்கான் படிவத்தில் உள்ள குறைபாடுகள் வெகுவாக குறைக்கப்படுகிறது என்பது கண்டறியப்பட்டது [13,14]. அது மட்டும் இல்லாமல் அதன் உறுதித்தன்மை அதிகரிக்கின்றது என்பது கண்டறியப்பட்டது. இந்த பண்புகள் சிலிகானின் பயன்பாடுகளை அதிகப்படுத்த உதவுகின்றது. அவ்வாறு ஜெர்மனியம் மற்றும் போரான் சேர்த்து வளர்க்கப்பட்ட சிலிக்கான் படிக்கங்கள் படம் 5-இல் காணலாம்.

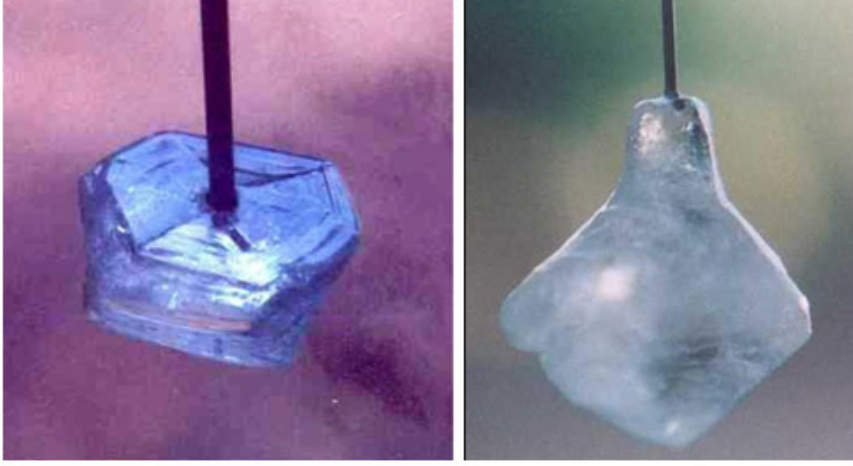


படம்-5: செக்ரால்ஸ்கி முறையில் ஜெர்மனியம் மற்றும் போரான் சேர்த்து வளர்க்கப்பட்ட சிலிக்கான் படிக்கங்கள்.

விதை படிக்கத்திற்கு பதில் நுண்ணிய குழாயை பயன்படுத்தி இந்த முறையில் படிக்கம் வளர்க்க முடியும். இந்த முறைக்கு நுண்ணிய குழாய் செக்ரால்ஸ்கி (Micro-tube Czochralski) முறை என்று

பெயர். [15-17] இந்த முறையின் மூலம் விதை படிக்கம் இல்லாமல் படிக்கம் வளர்க்க முடியும்.

இந்த முறையில் வளர்க்கப்பட்ட சில கரிம படிக்கங்களை படம் 6-இல் காணலாம்.



படம்-6: நுண் குழாய் செக்ரால்ஸ்கி முறையில் வளர்க்கப்பட்ட கரிம படிக்கங்கள்.

இவ்வாறு பல்வேறுபட்ட மேம்பாடுகளுடன் செக்ரால்ஸ்கி படிக்க வளர்ப்பு தொழில் நுட்பமானது உலோகம் மட்டுமில்லாது, குறைகடத்திகள், கனிமபொருட்கள், மற்றும் கரிம

பொருட்களைப் படிக்கமாக வளர்க்கும் ஒரு உன்னதமான தொழில்நுட்பமாக வளர்ந்து நிற்கிறது.

## References

1. J. Czochralski, Zeitschrift für Physikalische Chemie, 92 (1918) 219–221.
2. G.K. Teal, J.B. Little, Phys. Rev. 78, 647 (1950)
3. W.E. Bradley, Proceedings of the IRE. 41 (12) (1953)1702–1706.
4. Reinhard Uecker, J. of Crystal Growth, 401 (2014) 7-24.
5. Anna Pajaczowska, J. of Crystal Growth, 401 (2014) 5-6.
6. Nishinaga, Tatau (2015). Handbook of Crystal Growth: Fundamentals (Second ed.). Amsterdam, the Netherlands: Elsevier.

7. Capper, Peter; Rudolph, Peter (2010). Crystal growth technology: semi-conductors and dielectrics. Weinheim: Wiley-VCH.
8. Koichi Kakimoto, Bing Gao, Xin Liu, Satoshi Nakano, Prog. in Cryst. Growth and Characterization of Mater. 62 (2016) 273-285.
9. Mukannan Arivanandhan, Raira Gotoh, Tatsuro Watahiki, Kozo Fujiwara, Yashiro Hayakawa, Satoshi Uda, Makoto Konagai, Journal of Applied Physics, 111, 043707 (2012) .
10. J.Vanhellemont, J.Chen, J.Lauwaert, H.Vrielinck, W.Xu, D.Yang, J.M.Rafi, H.Ohyama, E.Simoen, J. Cryst. Growth, 317 (2011) 8-15.
11. M. Arivanandhan, Raira Gotoh, Kozo Fujiwara, Satoshi Uda, Applied Physics Letters, vol. 94, pp. 072102 (2009).
12. Han Xu, Energy Procedia, 77 (2015) 658-664.
13. C. Wang, H. Zhang, T.H. Wang, T.F. Cizek, Journal of Crystal Growth. 250 (1-2) (2003) 209–214.
14. Xinming Huang, M.Arivanandhan, Raira Gotoh, Takeshi Hoshikawa, Satoshi Uda, J. Crystal Growth Vol. 310, Pages 3335-3341 (2008).
15. K.Sankaranarayanan, P.Ramasamy, Journal of Crystal Growth, Vol. 193, (1998) 252-256.
16. M.Arivanandhan, K.Sankaranarayanan, C.Sanjeeviraja, A.Arulchakkaravarthi, P.Ramasamy, Journal of Crystal Growth, Vol. 281, Pages 596-603 (2005).
17. M.Arivanandhan, K.Ramamoorthy, K.Sankaranarayanan, C.Sanjeeviraja, P.Ramasamy, Optical Materials, Vol. 27, (2005) 1864-1868.

# சமேரியத்தின் சேர்க்கையால் இட்ரியம் ஆக்சைடு மீநுண் படிகங்களின் கட்டமைப்பு மற்றும் ஒளியியல் பண்புகளின் மாற்றங்கள்

பா. ஆனந்தன்<sup>அ</sup>,\* சே. திவ்யா<sup>ஆ</sup>, து. சரவணன்<sup>இ</sup>, ம. காரல் சின்னா<sup>ஐ</sup>, மு. அறிவானந்தன்<sup>ஈ</sup>

<sup>அ</sup> முதுகலை மற்றும் ஆய்வு இயற்பியல் துறை, திரு. கொளஞ்சியப்பர் அரசு கலைக் கல்லூரி, விருத்தாசலம்.

<sup>ஆ</sup> பொருளாய்வு மையம், திருவள்ளூர் பொறியியல் மற்றும் தொழில் நுட்பக் கல்லூரி, வந்தவாசி.

<sup>இ</sup> இயற்பியல் துறை, டாக்டர் அம்பேத்கர் அரசு கலைக் கல்லூரி, சென்னை.

<sup>ஈ</sup> மீநுண்ணறிவியல் மற்றும் தொழில் நுட்ப மையம், அண்ணா பல்கலைக்கழகம், சென்னை.

\*தொடர்பாசிரியர் மின்னஞ்சல் : anandantcet@gmail.com கைபேசி எண்: +91-9443809583

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

சகவீழ்ப்படிதல் முறையில், தூய மற்றும் சமேரியம் சேர்க்கப்பட்ட இட்ரியம் ஆக்சைடு மீநுண்துகள்கள் X- கதிர் தூள் விளிம்பு விளைவு மற்றும் ஃபூரியர் மாற்ற அகச்சிவப்பு நிறமாலை ஆகியவற்றின் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட தூய மற்றும் சமேரியம் சேர் இட்ரியம் ஆக்சைடு நானோதுகள்களின் கட்டமைப்புப் பண்புகள் கண்டறியப்பட்டன. இத்துகள்கள், மூடிய உலையின் மூலம் சாதாரண சூழலில் 750°C மற்றும் 1000°C வெப்ப நிலையில் பதனிடப்பட்டன. துகள்களின் படிகத்தன்மை மற்றும் படிக அமைப்பு ஆகியவை X - கதிர் தூள் விளிம்பு விளைவு பாங்குகளின் மூலம் கண்டறியப்பட்டன. வரிக்கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியை (SEM) பயன்படுத்தி, X - கதிர் ஆற்றல் விரவல் நிறமாலையின் மூலம் துகள்களின் தனிம ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. பதனிடப்பட்ட மாதிரிகளின் புற அமைப்பானது உயர்பகுப்பு SEM படங்களினால் கண்டறியப்பட்டது. பதனிடப்பட்ட துகள்களின் பருமன் மற்றும் படிக அமைப்பு ஆகியவை ஊடுருவு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (TEM) படங்கள் மற்றும் தேர்ந்த பரப்பின் எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவு (SAED) பாங்குகள் மூலம் உறுதி செய்யப்பட்டன. வெப்பப் பதனிடப்பட்ட சமேரியம் சேர் இட்ரியம் ஆக்சைடு மாதிரியானது, தூய இட்ரியம் ஆக்சைடைவிட அதிக நீலவண்ண ஒளி உமிழ்வு கொண்டுள்ளதென்பது ஒளி ஒளிர்வு நிறமாலை ஆய்வு மூலம் புலப்படுகின்றது.

## முக்கியச்சொற்கள் :

புவியரிதான உலோகங்கள், X-கதிர் தூள் விளிம்பு விளைவு, வரிக்கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி, ஊடுரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி, ஒளி ஒளிர்வு நிறமாலை

## 1. முன்னுரை

பல்வகை மீநுண் கட்டமைப்புகள் கொண்ட புவியரிதான உலோக ஆக்சைடுகள் அவற்றின் வருங்கால பயன்பாடுகளான செயல்திறன் மிக்க ஒளிர்வு சாதனங்கள் (Ormerod 2003),

உயிர்ப் பெயரிடல் மேலும் அவற்றின் மின், ஒளி மற்றும் ஒளிமின் பண்புகளின் அடிப்படையிலான வினையூக்கிகளால் மிகுந்த முக்கியத்துவம் பெறுகின்றன (Slooff et al, 2002, Patsalas et al 2002). Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மீ நுண் துகள்களின்

பொது முக்கியத்துவம் மற்றும் ஆய்வுக்கூட சோதனையினால் உண்டாகும் நச்சுத்தன்மை ஆகியவற்றின் மீ நுண்துகள் வேதியியலை புரிந்துகொள்ளும் பொருட்டு அவற்றின் பண்பாய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுவிட்டன (Andelman et al, 2010).

இட்ரியம் ஆக்சைடு மூலம் பூசப்பட்ட டைட்டேனியம் ஆக்சைடன் வினையூக்கிப் பண்புகள் மற்றும் மேற்பரப்புப் பண்புகள் தூய டைட்டேனியம் ஆக்சைடை விட நன்றாக உள்ளது கண்டறியப்பட்டுள்ளது (Fajardo et al, 2012). அயனிகள் நீக்கப்பட்ட தண்ணீருடன் வெவ்வேறு விகிதத்தில் சாதாரண ஆல்கஹால் மற்றும் சாதாரண புரொபனால் ஆகியவற்றைக் கலந்து கரைப்பனாகப் பயன்படுத்தி ஒரே அளவினாலான கோள வடிவ யூரோப்பியம் சேர் இட்ரியம் ஆக்சைடு மீ நுண் துகள்களின் அளவுக் கட்டுப்பாடும் ஒளி ஒளிர்ந்தல் பண்பும் Yoo et al (2007) மூலம் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. இட்ரியம் ஆக்சைடில் இணைதிறன் மூன்றுடைய யூரோப்பியம் மற்றும் டிஸ்ப்ரோசியம் ஆகிய இரு அயனிகளையும் சேர்த்து அதன் ஒளிர்ந்தல் பண்புகள் ஆராயப்பட்டன. இதன் மூலம் சிவப்பு வண்ணத்தில் இருந்து மஞ்சள் வரை ஒளிர்ந்தலை 254 முதல் 350 நேனோமீட்டர் தூண்டொளியைப் பயன்படுத்தி அடையமுடியும் எனக் கண்டறியப்பட்டது. மேலும் இதனால் படிக்கத்தன்மை மற்றும் ஒளிர்ந்தல் செறிவு ஆகியன சராசரித்துகளளவுக்குறைய அதிகரித்திருப்பதும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது (Atabaev et al, 2012). இந்த ஆய்விலக்கியக் கண்ணோட்டத்தில், புவியரிதான உலோக ஆக்சைடு களில் புவியரிதான உலோக அயனிகளைச் சேர்த்து அதன் பண்பாய்தல் கட்டுரைகள் குறைந்த அளவிலேயே காணப்படுகின்றன.

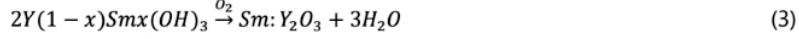
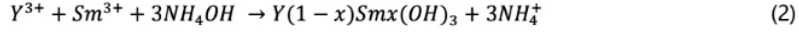
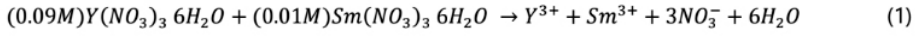
எனவே, இவ்வாய்வானது சமேரியம் சேர்க்கையினால் இட்ரியம் ஆக்சைடன் பண்புகளில் ஏற்படும் மாற்றங்களை அறியும் நோக்கில் மேற்கொள்ளப்பட்டு இக்கட்டுரை தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது.

## 2. சமேரியம் சேர் இட்ரியம் ஆக்சைடு (Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) மீ நுண்துகள்கள் தயாரித்தல்

இட்ரியம் ஆக்சைடு (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) மீ நுண்துகள்கள் இட்ரியம் நைட்ரேட் ஹெக்சா ஹைட்ரேட்டுடன் (Y(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O) அயனிகள் நீக்கப்பட்ட நீர் மற்றும் அம்மோனியம் ஹைட்ராக்சைடு (NH<sub>4</sub>OH) ஆகிய வேதிப்பொருட்களைக் கொண்டு சகவீழ்படிவு முறையில் தயாரிக்கப்பட்டது.

சரியான தயாரிப்பு முறைக்காக, அயனிகள் நீக்கப்பட்ட நீர் கொண்டு தயாரிக்கப்பட்ட 0.1 மோலார் இட்ரியம் நைட்ரேட் ஹெக்சா ஹைட்ரேட்டுடன் தேவையான அளவு அம்மோனியம் ஹைட்ராக்சைடானது துளித்துளி யாக கரைசலைக் கலக்கிக் கொண்டே வெண்ணிறத்தில் தயிர் போன்ற வீழ்படிவு உண்டாகும் வரை விடப்பட்டது. தொடர்ந்து மூன்று மணி நேரம் வீழ்படிவைக் கலக்கியபின் வீழ்படிவு வடித்தெடுக்கப்பட்டு 70°C வெப்ப நிலையில் உலர்த்தப்பட்டது. உலர்த்தப்பட்ட துகள்கள், தூய்மைப்படுத்துவதற்காக தண்ணீர் மற்றும் எத்தனால் கொண்டு பலமுறை கழுவி மீண்டும் உலர்த்தப்பட்டது.

சமேரியம்சேர்இட்ரியம்ஆக்சைடு(Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) தயாரிப்பிற்காக அயனிகள் நீக்கப்பட்ட நீர் கொண்டு தயாரிக்கப்பட்ட 0.09 மோலார் இட்ரியம் நைட்ரேட் ஹெக்சா ஹைட்ரேட்டுடன் 0.01 மோலார் சமேரியம் நைட்ரேட் ஹெக்சா ஹைட்ரேட்டை சேர்த்து தேவையான அளவு அம்மோனியம் ஹைட்ராக்சைடானது துளித்துளி யாக கரைசலைக் கலக்கிக் கொண்டே வெண்ணிறத்தில் தயிர் போன்ற வீழ்படிவு உண்டாகும் வரை விடப்பட்டது. பின்வரும் வினையின் மூலம் சமேரியம் சேர் இட்ரியம் ஆக்சைடு உருவாதலை விளக்கலாம்.



### 3. முடிவுகள் மற்றும் விவாதங்கள்

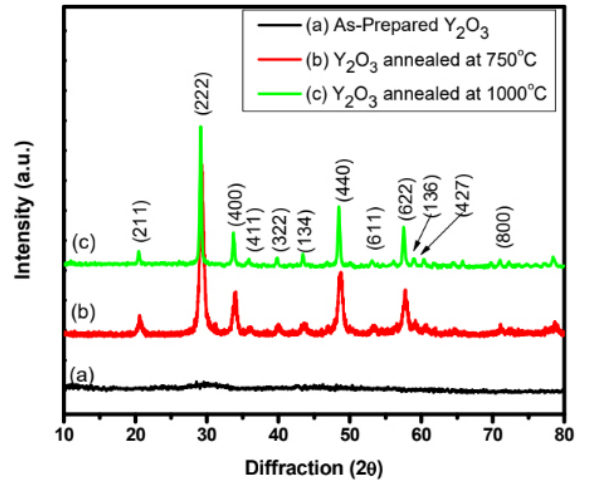
#### 3.1. துகள் X-கதிர் விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வு

எக்ஸ் பெர்ட் ப்ரோ என்ற X-கதிர் விளிம்பு விளைவுமானியில்  $Cu K_\alpha$  ( $\lambda=1.5406 \text{ \AA}$ ) X-கதிர்களைக் கொண்டு எதிரொளிப்பு முறையில் X-கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வு மேற்கொள்ளப்பட்டது. தூய இட்ரியம் ஆக்சைடு மீ நுண் துகள் மற்றும் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட மாதிரிகளின் X-கதிர் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கானது படம் 1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

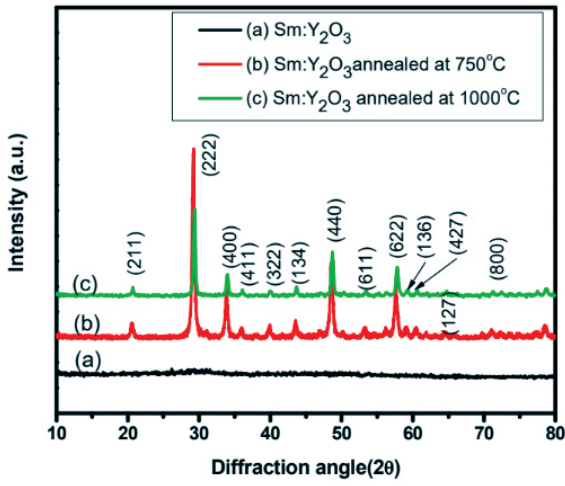
படம் 2இல், சமேரியம் சேர் இட்ரியம் ஆக்சைடு மற்றும் அதன் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட மாதிரிகளின் X-கதிர் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கானது காட்டப்பட்டுள்ளது. வெப்பப்படுத்தப்படாத தூய  $Y_2O_3$  மற்றும்  $Sm:Y_2O_3$  ஆகியவற்றின் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கில்  $30^\circ$  மற்றும்  $45^\circ$  இல் உள்ள இலேசான திமில் போன்ற அமைப்பு  $Y_2O_3$  உருவாகியிருப்பதை உறுதி செய்கிறது.  $750^\circ C$  இல் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட மாதிரியில் இருந்து அணிக்கோவை எண்  $a = 10.6197 \text{ \AA}$  ஐக் கொண்ட கனசதுர படிக நிலையாக அது உருவெடுத்திருப்பது JCPDS #83-0927 மூலம் உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது.

மேலும்  $Y_2O_3$  மீ நுண்துகளின் அணைத்து அணிக்கோவைத் தளங்களிலும் கணக்கிடப்பட்ட இம்மதிப்பு நிலையாக உள்ளது.  $1000^\circ C$  இல் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட மாதிரியில் விளிம்பு விளைவுக் கதிர்வீச்சின் உயர் நெடுக்க மதிப்பு நிலையானது சற்று இடதுபுறம் ஒதுங்கியுள்ளது தெளிவாகத் தெரிகின்றது. வெப்ப நிலை வேறுபாட்டால் உருவான அணிக்கோவைத்திரிபே இதற்கு காரணமாகக்

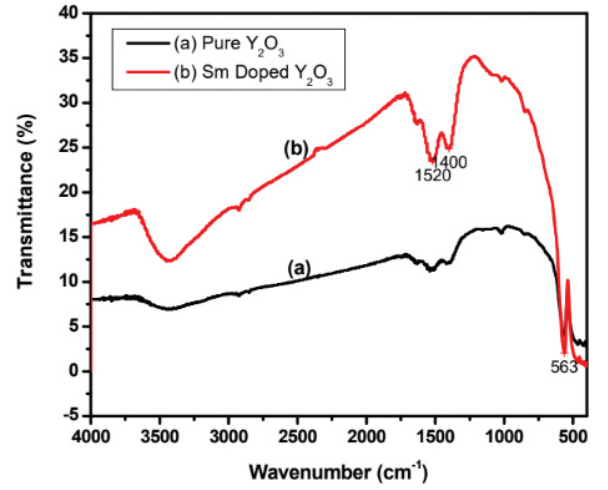
கொள்ளலாம். தூய இட்ரியம் ஆக்சைடு மற்றும் சமேரியம் சேர் இட்ரியம் ஆக்சைடுகளிடையே குறிப்பிடத்தக்க படிக உட்கட்டமைப்பு மாற்றம் ஏதும் புலப்படவில்லை என்பது படங்கள் 1 மற்றும் 2 இலிருந்து புலப்படுகிறது. மேலும் சமேரியமானது அணிக்கோவை எண்ணில் எவ்வித மாற்றத்தையும் ஏற்படுத்தவில்லை என்பதன் மூலம் இது அணிக்கோவையினுள் இரண்டறக் கலந்துள்ளது தெளிவாகிறது. மேலும், சமேரியம் சேர்க்கை மற்றும் வெப்பப்பதனிடுதல் ஆகிய இரண்டும் படிகத்தன்மையைக் கூட்டியுள்ளதை அரை உயரத்தில் முழு அகலம் (FWHM) குறைந்துள்ளதைக்கொண்டு அறிய முடிகின்றது.



படம் 1. தயாரிக்கப்பட்ட  $Y_2O_3$  மற்றும் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட  $Y_2O_3$  மீ நுண்துகள்களின் துகள் X-கதிர் விளிம்பு விளைவுப் பாங்குகள்



படம் 2. தயாரிக்கப்பட்ட Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மற்றும் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மீநுண்துகள்களின் துகள் X-கதிர் விளிம்பு விளைவுப் பாங்குகள்



படம் 3. 750°C இல் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மற்றும் Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மீ நுண்துகள்களின் அகச்சிவப்பு நிறமாலைகள்

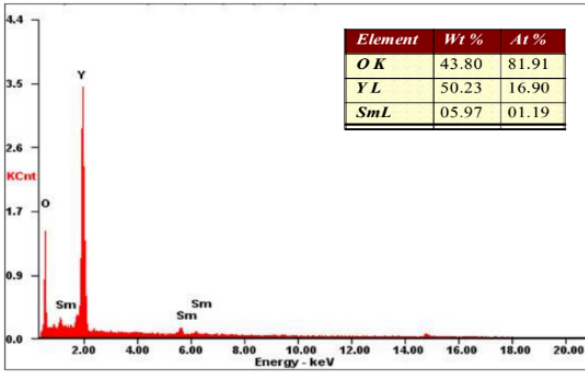
### 3.2. ஃபூரியர் மாற்ற அகச்சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்வு

நிக்கோலட் அகச்சிவப்பு நிறமாலை மானியைப் பயன்படுத்தி 750°C இல் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட தூய Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மற்றும் Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மீ நுண்துகள்களின் அகச்சிவப்பு நிறமாலைகள் படம் 3 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இரண்டு நிறமாலைகளிலும் O-H க்கான நீட்சி அதிர்வானது 3420 cm<sup>-1</sup> காணப்படுகிறது. அதிர்வெண் 2340 cm<sup>-1</sup> இல் C=O நீட்சி அதிர்வானது மிகப் பலவீனமானதாக காணப்படுகிறது. இது வளிமண்டலத்தில் உள்ள கார்பண்டை ஆக்சைடினால் உருவானதாகும்.

அதிர்வெண் 1640 cm<sup>-1</sup> இல் பலவீனமானதாக உள்ள பெரும மதிப்பானது தண்ணீரில் உள்ள ஹைட்ராக்சில் தொகுதியால் உண்டானதாகும். நன்றாகக் காணப்படும் அதிர்வுகள் முறையே அதிர்வெண்கள் 1520 cm<sup>-1</sup>, 1400 cm<sup>-1</sup> மற்றும் 630 cm<sup>-1</sup> புவி அறிய உலோகங்களின் ஆக்ஸிஜனுடன் ஏற்படுத்தும் நீட்சி அதிர்வாகும்.

### 3.3. தனிமங்களின் பகுப்பாய்வு

உள்ளபடியே சமேரியமானது எந்த அளவு இடரியம் ஆக்சைடினுள் சேர்ந்துள்ளது என்பதைக் கண்டறிய தனிமங்களின் பகுப்பாய்வு மேற்கொள்ளப்பட்டது. வரிக்கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி மூலம் Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> இன் X-கதிர்களின் ஆற்றல் விரவல் நிறமாலை பாங்கு படமாக்கப்பட்டு படம் 4 இல் பாட்டப்பட்டுள்ளது. பத்தின்மூலம் இடரியம் மற்றும் ஆக்சிஜன் அதிக அளவிலும் சமேரியமானது மிகச்சிறிய அளவிலும் கலந்துள்ளது தெளிவாகத் தெரிகிறது. இவ்வய்விற்கு 750°C வெப்பநிலையில் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மாதிரி பயன்படுத்தப்பட்டதால் ஆக்சிஜன் அதிக அளவு மேற்பரப்பிற்கு பரவல் மூலம் வந்தடைந்துள்ளது தெளிவாகத் தெரிகிறது. தனிமங்களின் எடை விகிதம் மற்றும் அணு விகிதம் ஆகியன படம் 4 இன் உள்ளே அட்டவணையாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 4. 750°C இல் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மீ நுண்துகள்களின் X-கதிர் ஆற்றல் விரவல் நிறமாலைப் பாங்கு

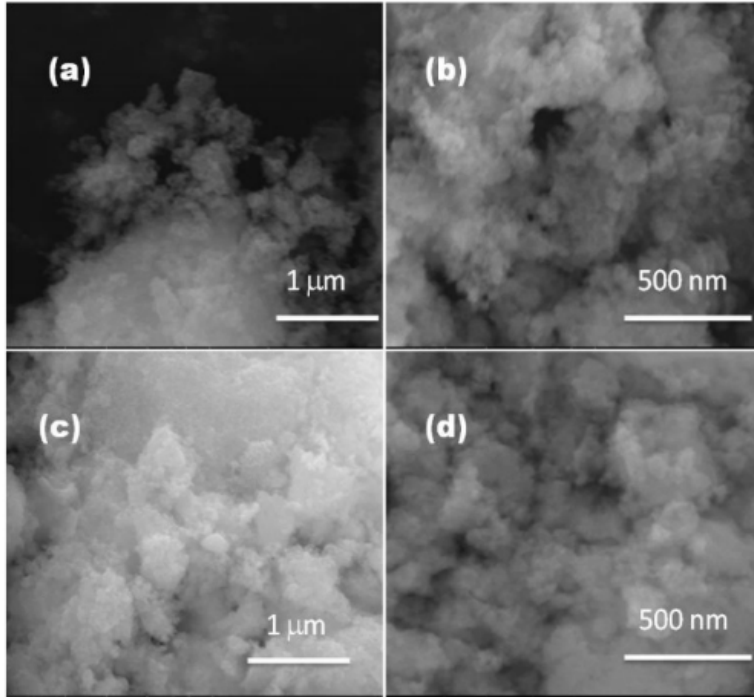
### 3.4. உருவியல் மற்றும் படிக்கத்தன்மைப் பகுப்பாய்வு

உணர்திறன் மிக்க வரிக்கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (HRSEM) மற்றும்

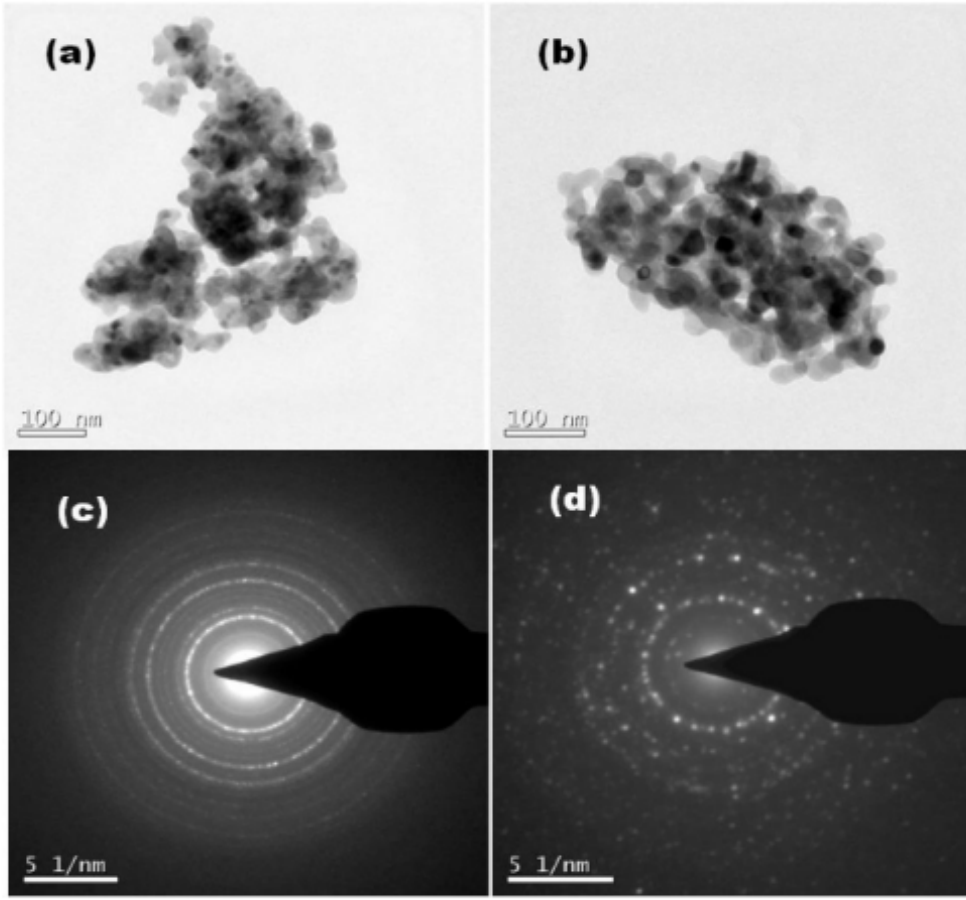
ஊடுரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் (TEM) மூலம் உருவியல் பகுப்பாய்வு மேற் கொள்ளப்பட்டது. படம் 5இல் 750°C இல் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட தூய Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மற்றும் Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மாதிரிகளின் HRSEM படங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒரே மாதிரியான பந்து வடிவில் துகள்கள் காணப்படுகிறது.

இதனைத் தெளிவுபடுத்த TEM படங்கள் படம் 6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. தூய Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> துகள்கள் 12 நேனோ மீட்டர் அளவிலும் சமேரியம் சேர் இட்ரியம் ஆக்சைடு சற்று அதிக அளவிலும் உள்ளது கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

மேலும் படம் 6 இல் உள்ள அவற்றின் தேர்ந்த பரப்பின் எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவுப் (SAED) பாங்குகள் சமேரியம் சேர் இட்ரியம் ஆக்சைடு சற்று அதிக படிக்கத்தன்மை உடையது என நல்ல ஒளிப் புள்ளிகள் மூலம் நன்றாக உணர்த்துகிறது.



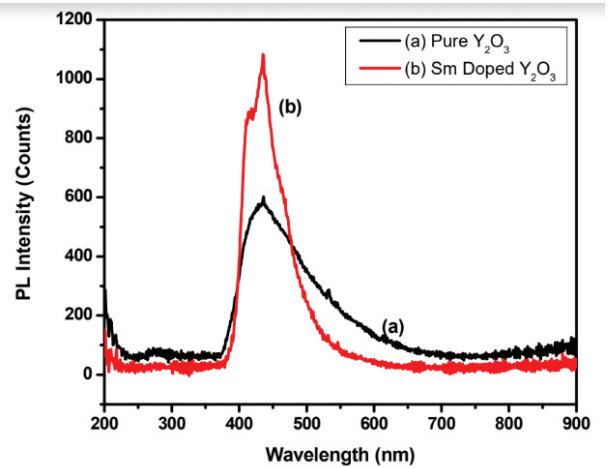
படம் 5. 750°C இல் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட (a & b) Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மற்றும் (c & d) Sm:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> மீ நுண்துகள்களின் பிரிதிறன் மிக்க வரிக்கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிப் படங்கள்



படம் 6. 750°C இல் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட (a)  $Y_2O_3$  மற்றும் (b)  $Sm:Y_2O_3$  மீ நுண்துகள்களின் ஊடுரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிப் படங்கள் (c & d) முறையே அவற்றின் தேர்ந்த பரப்பின் எலக்ட்ரான் விளிம்பு விளைவுப் (SAED) பாங்குகள்

### 3.5. ஒளி ஒளிர்வு நிறமாலைப் பகுப்பாய்வு

தூண்டொளி 350 nm அலை நீளத்திற்கான 750°C இல் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட (a)  $Y_2O_3$  மற்றும் (b)  $Sm:Y_2O_3$  மீ நுண்துகள்களின் ஒளி ஒளிர்வு நிறமாலைகள் படம் 7 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவை 434 நேனொ மீட்டர் அலை நீளப்பகுதியில் நீல வண்ண ஒளிர்வை கொண்டு விளங்குகின்றன. இது 4f மற்றும் இணைதிறன் பட்டைக்கிடையேயான ஆற்றல் மாற்றமாகக் கருதப்படுகிறது (Krishna Chandar et al 2012). மேலும் சமேரியம் சேர்க்கையினால் ஒளிர்வு பண்பு நன்றாக உயர்ந்துள்ளது தெளிவாகிறது.



படம் 7. தூண்டொளி 350nm அலை நீளத்திற்கான 750°C இல் வெப்பப்பதனிடப்பட்ட (a)  $Y_2O_3$  மற்றும் (b)  $Sm:Y_2O_3$  மீ நுண்துகள்களின் ஒளி ஒளிர்வு நிறமாலைகள்

#### 4. தீர்மானம்

தூய மற்றும் சமேரியம் சேர்க்கப்பட்ட இட்ரியம் ஆக்ஸைடு மீநுண்துகள்கள் சகவீழ் படிதல் முறையில் உருவாக்கப்பட்டன. இத்துகள் கள், மூடிய உலையின் மூலம் சாதாரண சூழலில் 750°C மற்றும் 1000°C வெப்ப நிலையில் பதனிடப்பட்டன. சமேரியம் சேர்க்கையால் துகள்களின் படி அளவு மற்றும் படித்தன்மை ஆகியவை அதிகரித்திருப்பது X – கதிர் தூள் விளிம்பு விளைவு வடிவப் பாங்குகள் மற்றும்

ஊடுருவு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (TEM) படங்கள் மூலம் கண்டறியப்பட்டன. வரிக் கண்ணோட்ட எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியை (SEM) பயன்படுத்தி, X-கதிர் ஆற்றல் விரவல் நிறமாலை மூலம் துகள்களின் தனிம அளவுகள் கண்டறியப்பட்டன. வெப்பப் பதனிடப்பட்ட சமேரியம் சேர் இட்ரியம் ஆக்சைடு மாதிரியானது, தூய இட்ரியம் ஆக்சைடைவிட அதிக நீல வண்ண ஒளி உமிழ்வு கொண்டுள்ளதென்பது ஒளி ஒளிர்வு நிறமாலை ஆய்வு மூலம் உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது.

#### மேற்கோள்கள்

1. Andelman, T, Gordonov, S, Busto, G, Moghe, PV & Riman, RE 2010, 'Synthesis and cytotoxicity of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nano particles of various morphologies', Nanoscale Research Letters, vol. 5, pp. 263-273.
2. Atabaev, TS, Hwang, YH & Kim, HK 2012, 'Color tunable properties of Eu<sup>3+</sup> and Dy<sup>3+</sup> Codoped Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> phosphor particles', Nanoscale Research Letters, vol. 7, pp. 556-562.
3. Fajardo, HV, Longo, E, Leite, ER, Libanori, R, Probst, LFD & Carreno, NLV 2012, 'Synthesis, characterization and catalytic properties of nanocrystalline Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-coated TiO<sub>2</sub> in the ethanol dehydration reaction', Materials Research, vol. 15, no. 2, pp. 285-290.
4. Krishna Chandar, N & Jayavel, R 2012, 'Synthesis and photoluminescence properties of HMT passivated Dy<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nano particles', Physica E, vol. 44, pp. 1315-1319.
5. Ormerod, RM 2003, 'Solid oxide fuel cells', Chem. Soc. Rev., vol. 32, pp. 17-28.
6. Patsalas, P, Logothetidis, S & Metaxa, C 2002, 'Optical performance of nanocrystalline transparent ceria films', Appl. Phys. Lett. vol. 81, pp. 466-468.
7. Saravanan, T, Gokulraj, S, Krishna Chandar, N & Jayavel R 2014, 'Synthesis, Optical and Electrochemical properties of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticles prepared by Co-Precipitation Method', Journal of Nanoscience and Nanotechnology, vol. 14, pp. 1-5.
8. Slooff, LH, Van-Blaaderen, A, Polman, A, Hebbink, GA, Klink, SI, Van-Veggel, FCJM, Reinhoudt, DN & Hofstraat, JW 2002, 'Rare-earth doped polymers for planar optical amplifiers', J. Appl. Phys., vol. 91, no. 7, pp. 3955-3980.
9. Yoo, HS, Jang, HS, Im, WB, Kang, JH & Jeon, DY 2007, 'Particle size control of a monodisperse spherical Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> :Eu<sup>3+</sup> phosphor and its photoluminescence properties', Journal of Materials Research Society, vol. 22, pp. 2017-2024.

# தமிழில் கட்டற்ற கலைக்களஞ்சியங்கள் : உள்ளடக்க மேம்பாடு ஓர் ஆய்வு

முனைவர் மா. தமிழ்ப்பரிதி

Assistant Professor, Department of Journalism and Mass Communication, Periyar University,  
Salem-636011, Tamilnadu, Email.: tparithi@gmail.com, Mobile:+91-7299397766

## சுருக்கம்

மாந்தர்கள் தங்களுக்குள் அறிவைப் பகிர்ந்து கொள்வதன் பொருட்டு ஒரு முறை யான கட்டமைப்புடன் உருவாக்கப்பட்ட தொகுப்புகளே கலைக்களஞ்சியங்கள் ஆகும். கலைக்களஞ்சியத் தொகுப்புகளில் உள்ளடக்கங்கள் அகரவரிசைப்படி அளிக்கப் பட்டு ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மை குறித்து முழுமையானத் தரவுகளை கலைக்களஞ்சிய நடையில் அளிக்கும் தன்மையுடன் இருக்கும். பிரித்தானிக்கா கலைக்களஞ்சியம் மூன்று தொகுதிகளாக 1768-1771 வாக்கில் பிரான்சிலிருந்து ஆங்கிலத்தில் வெளியிடப்பட்டது. இக்கலைக்களஞ்சியமே இவ்வுலகின் பழமையான கலைக்களஞ்சியமாகும். அண்மையில் வெளிவந்திருக்கும் பிரித்தானிக்கா கலைக்களஞ்சியம் 32 தொகுதிகளுடன் பதிப்பிக்கப்பட்டுள்ளது. காலத்தின் தேவைக்கேற்ப பிரித்தானிக்கா கலைக்களஞ்சியம் தற்போது இணைத்தில் கிடைக்கின்றது. தற்போது அனைத்துத் துறைகளிலும் பொருண்மை சார் கலைக்களஞ்சியங்கள் பெருகி வருகின்றன.

அச்சநூல்வடிவில் இருக்கும் பிரித்தானிக்கா போன்ற கலைக்களஞ்சியங்கள் காப்புரிமை கொண்டவை, ஒரு குறிப்பிட்ட ஆசிரியர் அல்லது ஆசிரியர் குழுவால் உருவாக்கப்பட்டவை. இவற்றினை நாம் தொகுக்கவோ, சீராக்கிடவோ, பகிரவோ, பதிப்பிக்கவோ, மொழிபெயர்க்கவோ இயலாது. விகடன் பிரசுரம், பிரிட்டானிகாவுடன் இணைந்து பிரிட்டானிகா தகவல் களஞ்சியம் என்னும் நூலினை 28 ஆயிரம் கலைக்களஞ்சியக் கட்டுரைகளுடன் மூன்று தொகுதிகளாக வெளியிட்டுள்ளது.

பிரித்தானிக்கா கலைக்களஞ்சியத்தின் 32

தொகுதிகளை அணுகுவது அனைவருக்கும் எளிய ஒன்றல்ல. இதன் விலையும் எல்லோருக்கும் உரியது அல்ல. பிரித்தானிக்கா போன்ற கலைக்களஞ்சியங்கள் கட்டற்ற அறிவுப்பரவலை மேற்கொள்வதில் காப்புரிமைச் சிக்கல்கள் உள்ளன.

எனவே கட்டற்ற முறையில் காப்புரிமைச் சிக்கலற்று யாருடனும் பகிரும் வகையில், சேமிக்கும் வகையில், இணையத்தில் வாயிலாக நமக்கு கலைக் களஞ்சிய உள்ளடக்கங்களை அளிக்கும் தன்மையுடன் செயல்படும் விகிப்பீடியா போன்ற கட்டற்ற கலைக் களஞ்சியங்களை நாம் மேம்படுத்த வேண்டும்.

இன்றையச் சூழலில் எதுவொன்றைத் தேடினாலும் பெரும்பாலும் அதற்கான முதல் விடையாக வருவது விகிப்பீடியாவின் உள்ளடக்கமாகவே உள்ளது. கடந்த 17 ஆண்டுகளில் ஆங்கில விகிப்பீடியாவிலும் தமிழ் விகிப்பீடியாவிலும் நிகழ்ந்து வரும் உள்ளடக்க மேம்பாடு/ கட்டுரை உருவாக்கச் செயற்பாடுகளின் அடிப்படையில் தமிழ் விகிப்பீடியாவில் தரமான உள்ளடக்கம் கொண்ட கட்டுரைகளை எப்படி உருவாக்கலாம்? தமிழ் கட்டுரைகளை உருவாக்கு தற்காக காப்புரிமைச்சிக்கல் இல்லாமல் எங்கெங்கு உள்ளடக்கங்கள் கிடைக்கின்றன? அவற்றைக் கொண்டு தமிழ் விகிப்பீடியாவை எவ்வாறு மேம்படுத்தலாம்? என்பதே இவ்வாய்வுக் கட்டுரையின் நோக்கங்கள் ஆகும்.

இக்கட்டுரை தமிழ் விகிப்பீடியாவின் பயனர்களுடன் நிகழ்த்தப்பெற்ற குழு கலந்துரையாடல், தமிழ்/ ஆங்கில விகிப்பீடியா பக்கங்களின் ஒப்பாய்வுகளின் அடிப்படையில் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. தமிழ்நாட்டு அரசின்

படைப்பாக்கப் பொதும உரிமை ஆணையின் அடிப்படையில் தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் கட்டுரைகளை உருவாக்கவதற்கான மூலங்களையும் தரவுகளையும் இக்கட்டுரை இனங்கண்டுள்ளது. தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் பொதுமக்களும், ஆய்வாளர்களும் பங்கேற்பதில் காணப்படும் இடைவெளிகள் ஆராயப்பட்டு, அவற்றினைச் சரி/சீர் செய்வதற்கான பரிந்துரைகள் அளிக்கப்பட்டுள்ளன. விக்கி மூலத்தில் இருக்கும் தமிழ் உள்ளடக்க வளங்களை எவ்வாறு தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் பயன்படுத்தி கட்டுரைகளை உருவாக்கலாம் என்பதற்கான வழிகள், வாய்ப்புகள், மூலங்கள் ஆராயப்பட்டுள்ளன.

ஆங்கில விக்கிப்பீடியாவில் உள்ள 56,67,359 கட்டுரைகளும் தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் 1,17,000 கட்டுரைகளும் உள்ளன. உலக அளவில் 301க்கும் மேற்பட்ட மொழிகளில் விக்கி மீடியா நிறுவனத்தால் கட்டற்ற கலைக்களஞ்சியங்கள் உருவாக்கப்பட்டு இருப்பினும் அதில் தமிழ் கட்டுரைகள் தரத்தின் அடிப்படையில் 27ஆம் இடத்தில் இருப்பது குறிப்பிடத்தக்க ஒன்றாகும். ஆங்கில விக்கிப்பீடியாவில் ஏன் கட்டுரைகள் அதிகமாக உள்ளன? தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் கட்டுரைகள் ஏன் குறைவாக உள்ளன? என்று ஆராய்ந்து இடைவெளிகளைக் களைய வேண்டியது காலத்தின் தேவை. தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் கட்டுரைகளின் எண்ணிக்கையை உயர்த்துவது, அதன் உள்ளடக்கத்தரத்தை மேம்படுத்துவது என்பது தமிழின் இருப்பை இணையத்தில் வலுப்படுத்துவதற்குரிய தேவைகளில் முதன்மையான ஒன்றாகும்.

இவ்வாய்வின் பொருட்டு தமிழில் உள்ளடக்கங்களை மேம்படுத்துவதற்கு கட்டற்ற உரிமத்தின் கீழ் கிடைக்கும் மூலங்கள், நூல்கள், தரவுகள் போன்றவை ஆராயப்பெற்றுள்ளன. இவ்வாய்வு தமிழ்நாட்டு அரசின் படைப்பாக்கப் பொதும உரிமை குறித்த அரசாணை எவ்வாறு தமிழ் விக்கிப்பீடியா உள்ளடக்க மேம்பாட்டிற்கு உதவும் என்பதை ஆராய்ந்து அதன் அடிப்படையில் தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் உள்ள உள்ளடக்கத்தின் தரத்தினையும் அதன் பண்புகளையும் இடைவெளிகளையும் உலகு தழுவிய ஆராய்ந்து அதனை மேம்படுத்துவதற்குரிய பரிந்துரைகளை வழங்கி உள்ளது.

மின்னணுக்கருவிகளில் தமிழ் உள்ளீட்டில் உள்ள இடைவெளிகள், மென்பொருள்கள், செயலிகளில் தேவைப்படும் மாற்றங்கள், பயனர்கள் தமிழில் கட்டுரை எழுத/மேம்படுத்த உள்ள தடைகள், அவர்களின் மனப்பாங்கு ஆகியனவற்றின் அடிப்படையில் இவ்வாய்வு தன் முடிவுகளை வழங்கி உள்ளது. மின்னணுக்கருவிகளில் தமிழ் உள்ளீட்டு முறையை செந்தரப்படுத்துவது தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் கட்டுரைகளை உருவாக்குவது/ மேம்படுத்துவது/ செறிவாக்குவது என்பனவற்றோடு நேரிடைத் தொடர்புகளைக் கொண்டுள்ளன.

மக்கள் பங்கேற்புடன் ஆங்கில விக்கிப்பீடியாவைப்போல்தமிழ் விக்கிப்பீடியாவை 56 இலக்கத்திற்கும் மேற்பட்ட கட்டுரைகளைக் கொண்ட தரமான ஓர் இணையக் கலைக்களஞ்சியமாக மாற்றுவதற்கான அடிப்படைச் செயல் திட்டத்தினை இவ்வாய்வு எதிர்காலவியல் பார்வையில் அணுகி அளித்துள்ளது. தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் தன்னியக்கமாக கட்டுரைகளை எந்தெந்தத் துறைகளில் உருவாக்கலாம் என்பதை இவ்வாய்வு வெளிக்கொணர்ந்துள்ளது.

## விக்கிப்பீடியா

ஜிம்மி வேல்ஸ், லாரி சாங்கரால் சனவரி 15, 2001இல் முதலில் ஆங்கிலத்தில் தொடங்கப்பட்ட விக்கிப்பீடியா என்னும் கட்டற்ற கலைக்களஞ்சியம் உலகின் 301 மொழிகளில் கட்டற்ற கலைக்களஞ்சிய உருவாக்கத்திற்கு உறுதுணை செய்து, கலைக்களஞ்சிய உள்ளடக்கங்களை அளித்து வருகின்றது. தமிழ் விக்கிப்பீடியா தமிழின் இணைய உள்ளடக்கத்திற்கான உறைவிடமாகத் திகழ்ந்து வருகிறது. விக்கிப்பீடியாவில் தமிழில் பக்கங்களை அளிக்கும் முயற்சியானது 2003 ஆம் ஆண்டு தொடங்கப்பட்டது. தற்போது தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் இதில் 1,17,000 கட்டுரைகள் உள்ளன. 1,34,769 பயனர் கணக்குகள் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளன.

தமிழை இணையத்தில் நிலை நிறுத்தியதற்கும் உலகு தழுவிய தமிழை 24/7 ஆக மாற்றியதிலும் தமிழ் விக்கிப்பீடியாவின் பங்கு குறிப்பிடத்தக்கது. 2003இல் தொடங்கிய தமிழ் விக்கிப்பீடியா 1,16,979க்கும் மேற்பட்ட கட்டுரைகளுடன் (சூலை 14, 2018 அன்றைய கணக்கின்படி) தரத்தின் அடிப்படையில்

27ஆவது இடத்தில் இருந்து வருகின்றது. ஆங்கில விக்சிப்பீடியாவில் உள்ள 56,67,359 கட்டுரைகளை தமிழ் விக்சிப்பீடியாவில் உள்ள 1,16,979 கட்டுரைகளுடன் ஒப்பிடும்போது, தமிழ் விக்சிப்பீடியாவை நாம் மேம்படுத்த வேண்டிய தேவைகளைச் சுட்டுகின்றன. ஆங்கிலத்தை ஒப்பிடும்போது 56 மடங்கு இடைவெளி உள்ளது எனும் நிலை ஒருபுறம். ஆனால், தர அடிப்படையில் ஆங்கில விக்சிப்பீடியா 90ஆம் இடத்திலும் தமிழ் விக்சிப்பீடியா 27ஆம் இடத்திலும் இருப்பது தமிழ் உள்ளடக்கங்கள் மீதான நம்பிக்கையை ஏற்படுத்துகின்றன.

### தமிழ் விக்சிப்பீடியா எதிர்நோக்கும் சிக்கல்கள்

தமிழ் விக்சிப்பீடியா தொகுத்தல் பணி குறித்த விழிப்புணர்வு பொதுமக்கள், ஆசிரியர்கள், மாணவர்கள் ஆகிய மூன்று நிலைகளிலும் போதுமான அளவில் இல்லை. தமிழ் விக்சிப்பீடியா தொகுப்பு குறித்து தமிழ்நாட்டின் எழுத்தாளர்கள், ஆய்வாளர்கள், ஆசிரியர்களிடையே உரிய விழிப்புணர்வு இல்லை.

### தமிழ் விக்சிப்பீடியா- தமிழ் இணையக் கல்விக் கழகத்தின் உறுதுணைகள்

தமிழ் இணையக் கல்விக் கழகத்தின் உறுதுணையோடு தமிழ்நாட்டின் ஊராட்சிகள், திருக்கோயில்கள் போன்றவற்றின் தரவுகள் தன்னியக்கமாக ஆயிரக் கணக்கான கட்டுரைகளாக மாற்றப்பெற்று தமிழ் விக்சிப்பீடியாவில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. பக்க அடிப்படையில் 58ஆம் இடத்தில் இருந்த தமிழ் விக்சி மூலம் இன்று உலக அளவில் ஏழாம் இடத்திற்கு வந்துள்ளது. தமிழ் இணையக்கல்விக் கழகம் மின்னூருவாக்கம் செய்துள்ள நூல்கள், ஆவணங்கள், ஒலைச்சுவடிகள் ஆகியனவற்றை இணையத்தில் படைப்பாகப் பொதும உரிமையின் கீழ் பகிர்ந்தால் அவற்றில் அடிப்படையில் தமிழ் விக்சிப்பீடியாவான் உள்ளடக்கத்தாரும் கட்டுரைகளின் எண்ணிக்கையும் மேம்படும். தமிழ் விக்சி மூலத்தில் உள்ள தரவுகளை

விக்சிப்பீடியாவிற்கு ஏற்றவகையில் மாற்று வதன் வாயிலாக தமிழில் தரமான மின் உள்ளடக்கங்களை உருவாக்கி மேம்படுத்தலாம்.

### தமிழ்நாட்டு அரசின் அரசாணையும் உறுதுணையும்

தமிழ்நாட்டு அரசும் அதன் சார்பு நிறுவனங்களும் வெளியிடுகின்ற படைப்புகளை படைப்பாக்க பொதும உரிமையின் (Attribution-ShareAlike 3.0 Unported- CC BY-SA) கீழ் 01.07.2016 அன்று தமிழ்நாட்டு அரசு அறிவித்து ஆணை வெளியிட்டுள்ளது. இந்த அரசாணையின் (தமிழ் வளர்ச்சி மற்றும் செய்தி (தவ2-2)த்துறை, அரசாணை நிலை எண்: 25, நாள்: 01.07.2016) அடிப்படையில் பின்வரும் ஆக்கங்கள், படைப்புகளின் படைப்பாக்க பொதும உரிமையின் கீழ் அறிவிக்கப்பட்டுள்ளன.

1. நாட்டுடையாக்கப்பட்ட நூல்கள்/படைப்புகள்.
2. தமிழ் வளர்ச்சித்துறை/ தமிழ்ப் பல்கலைக் கழகம் மற்றும் இதர அரசுத்துறைகள் வெளியிடும் நூல்கள் மற்றும் படைப்புகள்.
3. தமிழ் வளர்ச்சித்துறை மற்றும் தமிழ்ப் பல்கலைக் கழகம் உள்ளிட்ட இதர அரசுத்துறைகள் சேகரித்துள்ள அரிய நூல்கள், ஒலைச்சுவடிகள், கல்வெட்டுகள், ஒளிப்படங்கள் ஆகியற்றின் மின்னூருவாக்கப் படிக்கள்.

எனவே தமிழ்நாட்டு அரசின் ஆணையின் அடிப்படையில் தமிழ்நாட்டு அரசின்கீழ் செயல்படும் அனைத்து துறைகள், சார்பு நிறுவனங்கள், வாரியங்கள் ஆகியனவற்றின் வெளியீடுகளை எளிதில் இணங்கண்டு, கலைக்களஞ்சிய உள்ளடக்க உருவாக்கத்திற்குப் பயன்படுத்தும் வகையில் அட்டவணைப்படுத்தப்பட்டு தரவுப் பட்டியல் உருவாக்கப்பெற வேண்டும்.

இதுவரை எண்மியப்படுத்தப்பட்ட ஆவணங்களை விக்சி பொதுவகத்தில் வெளியிட்டு அதனை விக்சி மூலத்தில் சேர்க்கலாம்; பிறகு தமிழ் விக்சிப்பீடியாவில் கட்டுரைகளை உருவாக்கலாம்.

### தமிழ்ப்பல்கலைக்கழகத்தின் மூலங்கள்/ தரவுகள்

தமிழ்ப்பல்கலைக்கழகம் வெளியிட்டுள்ள

பின்வரும் களஞ்சிய வடிவிலான நூல்களை விக்கிப்பீடியாவிற்கு உரிய வகையில் சீர் செய்து ஆயிரக்கணக்கான கட்டுரைகளை உருவாக்கலாம். அறிவியல் களஞ்சியம் தொகுதி 1 முதல் 19 தொகுதிகள், கோயிற் களஞ்சியம், செங்கை எம்.ஜி.ஆர். மாவட்ட காஞ்சிபுரம் கோயில்கள், கோயிற் களஞ்சியம், வடார்க்காடு மாவட்டம் தொகுதி 1, 2, கோயிற் களஞ்சியம், கோயிற்களஞ்சியம் அறிமுகம், சங்க இலக்கியப் பொருட்களஞ்சியம் தொகுதி 1 முதல் 4 தொகுதிகள், தற்காலத் தமிழ்ச் சொற்களஞ்சியம் (30 ஆயிரம் சொற்கள்), நாடகக் களஞ்சியம் தொகுதி 1, 2, வாழ்வியற் களஞ்சியம் தொகுதி 1 முதல் 15.

### அகரமுதலி- கலைச்சொல் தரவுகள்

தமிழ்ப்பல்கலைக்கழகம் வெளியிட்டுள்ள பின்வரும் அகராதி வடிவிலான நூல்களின் உள்ளடக்கங் களை தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் உரிய வகையில் சேர்க்கலாம். அகராதியியல், அருங்கலைச்சொல் அகரமுதலி (ஆங்கிலம் - தமிழ்), ஆங்கிலம் - தமிழ் வழிகாட்டி அகராதி, கல்வியியல் கலைச்சொல் விளக்க அகராதி, சங்க இலக்கியச் சொல்லடைவு, சித்த மருத்துவத் தொகை அகராதி, தமிழ் அகராதியியல் ஆய்வடங்கல் (1992 வரை), தமிழ் நிகண்டுகள் உள்ளடக்கமும் வரலாறும், தமிழ் பாரம்பரியமிக்க வெளிநாட்டு அறிவிப்புகள், தமிழ் மின்சொற்களஞ்சியம், நாமதீப நிகண்டு, பெருஞ்சொல்லகராதி தொகுதிகள் 1- 6, மர இனப்பெயர்த் தொகுதி 1, 2, வயது வந்தோர் கல்வியியல் கலைச்சொல் விளக்க அகராதி.

தமிழ்ப்பல்கலைக்கழகம் வெளியிட்டுள்ள பின்வரும் நூல்களின் துணையோடு பல்வகைத்துறைகளுக்கான அடிப்படை கலைச்சொற்களை விளக்கும் கட்டுரைகளை உருவாக்கலாம். இயந்திரவியல் இயந்திரப் பொறியியல் கலைச்சொற்கள், இயற்பியல், வேதியியல், கணிதவியல் கலைச்சொற்கள், இரும்புத் தொழில் கலைச்சொல்லகராதி, உயிரியல் கலைச்சொல் விளக்க அகராதி சமூகவியல் மற்றும் மானிடவியல் கலைச்சொல்லகராதி, தொழில் கலைச்சொல் அகராதி, பொறியியல் தொழில் நுட்பவியல் கலைச்சொற்கள், மருத்துவக் கலைச்சொற்கள், மின்னணு-மின்னியல் கலைச்சொல் விளக்க அகராதி, மின்னியல் மற்றும் மின்னணுவியல்

கலைச்சொற்கள், வேளாண்மையியல் மண்ணியல் கலைச்சொற்கள்.

### தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் தரவுகள்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டுள்ள ஆயிரத்திற்கும் மேற்பட்ட நூல்களின் தரவுகளை தமிழ் விக்கிப்பீடியாவிற்கு ஏற்ற வகையில் கட்டுரைகளைகளாக உருவாக்கலாம். இந்நிறுவனம் வெளியிட்ட தமிழ்நாட்டு வரலாற்று நூல்கள், பாடநூல்கள், அறிவியல் தொழிற்நுட்ப நூல்கள் செறிவான மூலங்களுடன் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இந்நிறுவனம் புறவை களுக்கும், நிலைத்திணைகளுக்கும் வெளியிட்டுள்ள நூல்கள் உயிரியியல் புலத்திற்கான அடிப்படைக் கட்டுரைகளை உருவாக்க உதவும்.

### தமிழ் வளர்ச்சித்துறையின் தரவுகள்

தமிழ் வளர்ச்சித்துறையின் கட்டுப்பாட்டில் செயல்பட்டு வரும் தமிழ்ப்பல்கலைக்கழகம், உலகத் தமிழாராய்ச்சி நிறுவனம், செந்தமிழ் சொற்பிறப்பியல் அகரமுதலித்திட்டம், உலகத் தமிழ்ச்சங்கம் ஆகிய நிறுவனங்களின் படைப்புகள் அனைத்தும் படைப்பாக்கப் பொதும உரிமையின்கீழ் அறிவிக்கப்பட்டுள்ளதால் இப்படைப்புகளை விக்கி மூலத்தில் தரவேற்றம் செய்யப்பட்டு, உரிய வகையில் தமிழ் விக்கிப் பீடியாவிற்கு ஏற்றாற்போல் மாற்றப்பட்டு தமிழ் கட்டுரைகளாக்கப்பட வேண்டும்.

### தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக்கழக, கல்லூரிகளின் நூல்களும் தரவுகளும்

தமிழ்நாட்டிலுள்ள அனைத்துப் பல்கலைக் கழக வெளியீடுகளையும் ஒப்புநோக்கி அவற்றின் அடிப்படையில் ஆயிரக்கணக்கான கட்டுரைகளை உருவாக்கலாம்.

### தரவுகளை கட்டுரைகளாக மாற்றுதல்

தமிழ்நாட்டு அரசின் பள்ளிக்கல்வித் துறையின் கீழ் செயல்படும் அனைத்துப் பள்ளிகளின் தரவுகளையும் கட்டுரைகளாக உருவாக்கி ஆயிரக்கணக்கான கட்டுரை களைத் தன்னியக்கமாக தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் சேர்க்கலாம். தமிழ்நாட்டின் சட்டமன்ற உறுப்பினர்கள், பாராளுமன்ற உறுப்பினர்கள் குறித்த தரவுகளை தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் சேர்க்கலாம்.

## நாட்டுடமை நூல்கள்

தமிழ்நாட்டு அரசு நாட்டுடமை ஆக்கியுள்ள நூல்களின் தரவுகள் விக்கி மூலத்திற்கு அளிக்கப்பட்டுள்ளதால் இந்த நூல்களின் தரவுகளின் அடிப்படையில் தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் கட்டுரைகளை உருவாக்கலாம்.

## ஒருங்கிணைப்பு தேவைப்படும் துறைகள்

தமிழ் வளர்ச்சிக்கழகம் நூற்றுக்கணக்கான நூல்களை கலைக்களஞ்சிய வடிவில் வெளியிட்டுள்ளது. தமிழ் வளர்ச்சிக்கழகம் வெளியிட்ட குழந்தைகள் கலைக்களஞ்சியம் படைப்பாக்க பொதும உரிமையின் கீழ் முன்னமே தமிழ் விக்கி மூலத்திற்கு கொடை யளித்துள்ளது. தமிழ் வளர்ச்சிக்கழகம் வெளியிட்டுள்ள கலைக்களஞ்சியம் - 10 தொகுதிகள், மருத்துவக் களஞ்சியம் -10 தொகுதிகள், வேளாண்மை, வனவியல், தகவல் தொழிற்னுட்பவியல் போன்றவற்றை படைப்பாக்க பொதும உரிமையின் கீழ் வெளியிடச் செய்தால் ஆயிரக் கணக்கான கட்டுரைகளைத் தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் உருவாக்கலாம்.

## தொகுப்புரை

1. தமிழ்நாட்டின் அரசு நூலகங்களில் உள்ள காப்புரிமைச் சிக்கல் இல்லாத தமிழ் நூல்களை எண்மியப்படுத்தி இணையத்தில் வெளியிட்டால் கட்டற்ற முறையில் தமிழ்க்கட்டுரைகள் தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் சேர்க்க ஏதுவாகும்.

2. தமிழ் விக்கிப்பீடியா அதன் வளங்கள் தொகுப்பு முறைகள் குறித்து மாணவர்கள், ஆசிரியர்கள், அரசு ஊழியர்கள் என்னும் நிலைகளில் பயிலரங்குகளை அரசு நடத்த வேண்டும்.

3. தமிழ்நாட்டு அரசு வெளியீடுகளுக்கான ஒருங்கிணைந்த நூற்றொகை உருவாக்கப்பட்டு இணையத்தில் வெளியிட வேண்டும்.

4. தமிழ் இணையக்கல்விக்கழகம் மின்னூரு வாக்கம் செய்துள்ள தஞ்சை சரசுவதி மகால் நூலகத்தின் ஆவணங்களையும், ஓலைச்சுவடிகளையும், நூல்களையும் இணையத்தில் படைப்பாக்க பொதும உரிமையின் கீழ் வெளியிடுவது தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் கட்டுரை உருவாக்கத்திற்குப் பயன்படும்.

5. கலைக்களஞ்சியங்கள் குறித்த விழிப்புணர்வை பாடத்திட்டத்தில் சேர்க்கப்பட வேண்டும். தமிழ் விக்கிப் பீடியா போன்ற படைப்பாக்கப்பொதும அடிப்படையில் செயல்படும் கலைக்களஞ்சியத்தின் தொகுப்புப்பணிகள் பள்ளி, கல்லூரி, பல்கலைக்கழகப் பாடத்திட்டங்களில் சேர்க்கப்பட வேண்டும்.

6. தமிழ்நாட்டு அரசின் ஆவணக்காப்பகத் தரவுகள் இணையத்தில் படைப்பாக்க பொதும உரிமையின் கீழ் வெளியிடப்பட்டால் அவை தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் கட்டுரை உருவாக்கத்திற்குப் பயன்படும்.

7. தமிழ்நாட்டு அரசின் தொல்லியல் துறை வெளியீடுகளின் அடிப்படையில் கட்டுரைகள் தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் உருவாக்கப்பட வேண்டும்.

8. தமிழக தாவர, விலங்கினங்களின் அளவாய்வு அடிப்படையில் தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் கட்டுரைகள் உருவாக்கப்பட/மேம்படுத்தப்பட வேண்டும்.

9. மின்னணுக்கருவிகளில் தமிழ் உள்ளீட்டில் உள்ள இடைவெளிகளைக் களைவதற்கு ஏதுவாக தமிழ்நாட்டு அரசு அனைத்து மின்னணுக்கருவிகளும் தமிழ் உள்ளீட்டிற்கான ஒத்திசைவோடு வெளியிடப்படுவதை உறுதி செய்ய வேண்டும்.

10. மென்பொருள்கள், செயலிகளில் தமிழ்ப் பதிப்புகளை அரசு உறுதி செய்ய, தமிழின் பொருத்தப்பாடு/ ஒத்திசைவினை தமிழ்நாட்டு அரசு சான்றளிப்புச் செய்து உறுதிபடுத்த வேண்டும்.

11. தமிழ்நாட்டரசின் ஒவ்வொருத்துறையும் தங்களின் துறை சார்ந்த உள்ளடக்கங்களை தமிழில் கலைக்களஞ்சிய வடிவில் உருவாக்க வேண்டும்.

12. தமிழ்நாடு வேளாண்மைப் பல்கலைக் கழகம் உருவாக்கியுள்ள வேளாண் தொழிற்னுட்ப இணையம் படைப்பாக்க பொதும உரிமையில் அறிவிக்கப்பட்டால் தமிழ் விக்கிப்பீடியாவில் ஐந்து இலக்கத்திற்கும் மேற்பட்ட கட்டுரைகளை உருவாக்கும் வாய்ப்புகள் உள்ளன.

### சான்றுகள்:

1. <https://www.britannica.com/>, பார்த்த நாள்: 01.05.2018
2. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GoTN\\_Tamil\\_Development\\_Departments\\_order\\_on\\_creative\\_commons\\_cc\\_by\\_sa.pdf](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GoTN_Tamil_Development_Departments_order_on_creative_commons_cc_by_sa.pdf) பார்த்த நாள்: : 01.05.2018
3. <https://en.wikipedia.org/wiki/Special:Statistics>, பார்த்த நாள்: : 01.05.2018
4. <https://ta.wikipedia.org/wiki/சிறப்பு:Statistics>, பார்த்த நாள்: : 01.05.2018
5. <https://ta.wikisource.org/wiki/சிறப்பு:Statistics>, பார்த்த நாள்: : 01.05.2018
6. <https://ta.wikipedia.org/wiki/தமிழ்-வளர்ச்சிக்-கழகம்>, பார்த்த நாள்: : 02.05.2018
7. <http://www.tamiluniversity.ac.in/tamil/வெளியீடுகள்-2/நூல்கள்-2/>, பார்த்த நாள்: : 02.05.2018
8. <http://www.tnarch.gov.in/lib.htm>, பார்த்த நாள்: : 02.05.2018
9. <https://www.udumalai.com/brittanikka-thagaval-kalanchiyam.htm>, பார்த்த நாள்: : 03.05.2018

### குறிச்சொற்கள்:

தமிழ் விக்சிப்பீடியா, கட்டற்ற கலைக்களஞ்சியம், கணித்தமிழ் மேம்பாடு, இணையத்தமிழ், தமிழ் உள்ளடக்கம், கட்டற்ற அறிவு, கட்டற்ற உரிமம், படைப்பாக்கப் பொதும உரிமை.

# அறிவியல் கலைச்சொற்கள்

பொ. ஜெகதீஸ்வரன், வி. நடராசன்  
ராஜலக்ஷ்மி தொழில்நுட்பக் கல்லூரி

acoustic science	ஒலியியல்
acoustic scientist	ஒலியியல்விஞ்ஞானி
acoustical conductivity	ஒலிகடத்துத்திறன்
acoustical impedance	ஒலிமுடை
acoustical reactance	ஒலியெதிர்ப்பு
acoustical repulsion	ஒலிவிலக்கம்
acoustical resistance	ஒலித்தடை
acoustics	ஒலியியல்
acoustics of buildings	கட்டிடஒலியியல்
acquired colour	சேர்த்தநிறம்
action	வினை, செயல்
activated fission	உளக்கப்பட்ட அணுப்பிளவு
activation	செயலாக்கம்
activation cross section	செயலாக்கக்குறுக்குவெட்டு
activation energy	செயலாக்க ஆற்றல்
activator	செயலாக்கி
active resistance	செயற்படுதடை
actual value	உண்மைமதிப்பு
actuating device	முடுக்குசாதனம்
acute	கூர்த்த, குறுகிய
adapter	இணைப்பான், இணைப்பி
additive process	கூட்டுமுறை

adhesion	ஒட்டுதல்
adhesive force	ஒட்டுவிசை
adiabatic approximation	மாறா வெப்பமுறைத்தோராயம்
adiabatic change	மாறா வெப்பமுறைமாற்றம்
adiabatic compression	மாறா வெப்பமுறை அழுக்கம்
adiabatic demagnetisation	மாறா வெப்பமுறைக்காந்தநீக்கம்
adiabatic elasticity	மாறா வெப்பமீள்திறன்
adiabatic expansion	மாறா வெப்பமுறைவிவ
adiabatic invariant	மாறா வெப்பமுறைமாறிலி
admittance	மாறுதிசைமின் ஏற்பு
aeo lamp	ஏயோவிளக்கு
aerial antenna	ஏயல் ஆண்ட்டென்னா
after image	பின்பிம்பம்
agate knife edges	அகேட்கத்திவிளிம்புகள்
air column	காற்றுக்கம்பம்
air condition	காற்றுப்பதன், வெப்பக்கட்டுப்பாடு
air density	காற்றடர்த்தி
air free	காற்றில்லாத
air pressure	காற்றழுத்தம்
air ship	காற்றுக்கப்பல்
air wave	காற்றலை
air wedge	காற்று ஆப்பு
airbellows	காற்றுத்துருத்தி
aircell	காற்றுக்கலம்
aircraft	விமானம்
alcometer	ஆல்கோமீட்டர்
aldebaran	ரோகிணி நட்சத்திரம், ரோகிணிமீன்
algebraic sum	குறிக்கணக்குக்கூட்டுத்தொகை
alignment	வாசையாக்கம்
allowed transition	ஒப்பியநிலைமாற்றம்
alloy	உலோகக்கலவை

# INDIAN SCIENCE AND TECHNOLOGY ASSOCIATION



**Elavenil**  
(Regd.110/2015)

163/69, Secretariat colony, Kilpauk, Chennai-600 010, India  
Email: elavenil.org@gmail.com, istaindia18@gmail.com  
Mobile: 08939316518



Application Number		Membership Number		Admission date	
--------------------	--	-------------------	--	----------------	--

## Membership Application

Name -----Sex-----

Designation -----

Institution -----

Date of Birth ----- Age----- Qualification-----

Mailing Address-----

-----

----- District -----

State \_\_\_\_\_ Country \_\_\_\_\_ Pincode \_\_\_\_\_

Mobile No -----Email -----

### **Type of Membership**

Life time (2000) ----- Annual (500) ----- Student (200) -----

Date

Signature

Owner, Publisher, Printer **M.Srinivasan**, published from 163/69, Secretariat Colony, 8th Street, Kilpauk, Chennai-10.  
Editor : **M. SRINIVASAN** Phone : 8939316518 Email : strjsanjigai2017@gmail.com

இந்த இதழில் இடம்பெறும் அனைத்துக் கட்டுரைகளின் ஆய்வு முடிவுகளுக்கும் கருத்துகளுக்கும் சம்பந்தப்பட்ட கட்டுரைகளின் ஆசிரியர்களே பொறுப்பாவர். மேலும், இதழில் இடம்பெற்றுள்ள எந்த ஒரு பகுதியையும் பதிப்பகத்தாரின் முன் அனுமதியின்றி மறுபதிப்பு செய்யவோ, வேறு எங்கும் பயன்படுத்தவோ கூடாது. மீறினால் சட்ட நடவடிக்கை எடுக்கப்படும்.