



அம்ருதா

வேள்வி 8 கலசம் 93

நவீன கலை இலக்கிய சமூக மாத இதழ்

ஏப்ரல் 2014 ரூ. 25

ராக்கெட் அறிவியல்

அருண் நரசிம்மன்

நேர்காணல்
குமாரசெல்வா

சினிமாவான நகரம்
அ. ராமசாமி

சிறுகதை
காலபைரவன்

கவிதை
கருணாகரன்
விக்ரமாதித்யன்

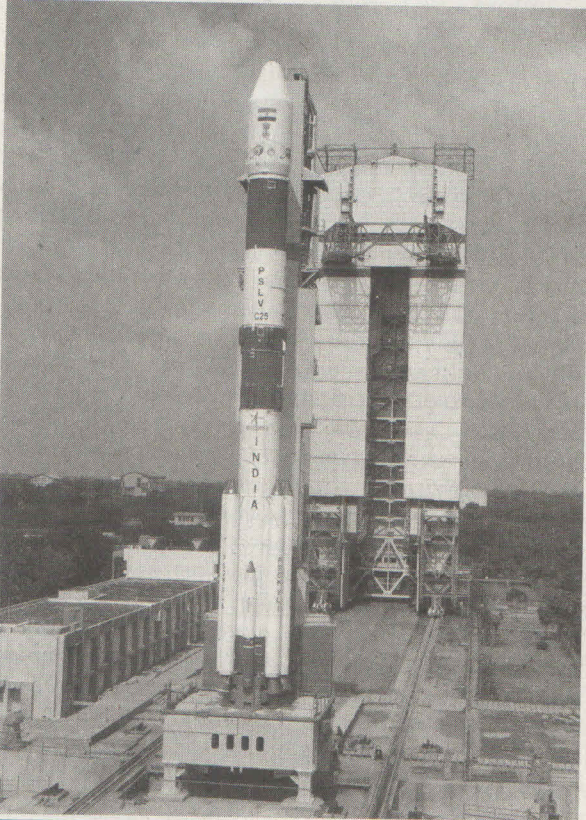
நேனோ அலுமினியமும் ராக்கெட் அறிவியலும்

அருண் நரசிம்மன்

இம்மாதம் கொஞ்சம் ராக்கெட் அறிவியல் பேசுவோம்; தொடர்ச்சியாக, நேனோ அளவில் செய்யப்பட்ட அலுமினா துகள்களினால் ராக்கெட் எவ்வாறு வெடிப்பதிலிருந்து தடுக்கப்படுகிறது என்பதையும் அறிந்துகொள்வோம்.

தீபாவளி ராக்கெட்டில் குச்சியின் முனையில் எரிபொருள் மருந்தும், அதை நெருப்பூட்ட இணைந்த திரியும் இருக்கும். பாட்டிலில் சொருகி பற்றவைத்தால் வானத்திலோ வீட்டுக் கூரையிலோ தவ்வும். ஆனால், இந்திய விண்வெளி ஆராய்ச்சிக் கழகம் போன்றவை செயற்கைக்கோள்களை வானத்தில் ஏற்றுவதற்காகத் தயாரிக்கும் பிரம்மாண்டமான ராக்கெட்டுகள் சிக்கலானவை. பற்றவைத்தால் இவ்வகை பிரம்மாண்ட ராக்கெட்டுகளும் 'மங்கள்யான்' போல செவ்வாய் கிரகத்திற்கும் தவ்வும். சில அல்பாயுசில் கடல் ஆராய்ச்சி செய்து அணையும்.

நிறுத்திவைத்துள்ள ராக்கெட்டில் மேலிருந்து கீழாக கவனித்தால், மேல் மூக்கு நுனியில்தான் வானத்தில் இருந்த வேண்டிய செயற்கைக்கோள் போன்றவை இருக்கும். அதன் கீழே பெரிய



உருளையில் திரவ அல்லது திட நிலையில் எரிபொருள்; அதற்கருகே கீழே அடுத்த அறையில் எரிபொருளைத் தொடர்ந்து எரிக்க நெருப்பை வளர்க்கும் பிராணவாயு போல 'ஆக்ஸிடைஸர்கள்' இருக்கும். இரண்டையும் சரிவிகிதத்தில் கலந்து பற்றவைத்து எரிப்பதற்கு அதற்கும் கீழே எரியறை அல்லது எரிக்கூண்டு (combustion chamber) உண்டு. இதிலிருந்து நாஸில் எனப்படும் கூம்பு வடிவப் பெருந்துவாரம் வழியே எரியும் வாயு கீழ்நோக்கிப் பீய்ச்சியடிக்க, நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிக்குட்பட்டு, ராக்கெட் எதிர்த் திசையில், அதாவது மேலெழும்பி வானத்தில் தவ்வகிறது. சீராகப் பறப்பதற்குத் தேவையான இறக்கையமைப்பு, வழிகாட்டும் கருவிகள் (guidance system) இத்தயாதிகளை இந்த எரிய அறிமுகத்தில் விடுப்போம்.

இவ்வகை ராக்கெட்டுகளின் முற்செலுத்தும் எரிபொருளில்தான் (propellants) நேனோ அலுமினியம் எனும் பொருள் இன்று உபயோகமாகிறது. உலோக அலுமினியத் துகளை எந்த அளவிலும் செய்யலாம். இக்கட்டுரையின் தொடக்கத்தில் மைக்ரான் அளவில் செய்துகொள்வோம். இந்த அலுமினியத் துகளை ராக்கெட் எரிபொருளில் இரண்டு காரணங்களுக்காக உபயோகிப்பார்கள்.

முதல் காரணம் அவை உலோகம். அதனால் எரிபொருளுடன் சேர்ந்து 4100 கெல்வின் வெப்பநிலையில் எரிந்து பேராற்றலை வெளிப்படுத்த உதவும். இவ்வாற்றலை உபயோகித்து எரிபொருள் வாயுக் கூண்டினுள் பலமடங்கு அழுத்தத்துடன் விரிவடையும். பின் அழுத்தம் மிகுவதால் இக்கூண்டிலிருந்து நாஸில் வழியே அதிவேகத்தில் வெளியேறும். இதனால் ராக்கெட்டின் உந்துவிசை பலமடங்கு அதிகரிக்கும்.

அலுமினியத் துகளை உபயோகிப்பதற்கான இரண்டாவது காரணம் சற்று ஆழமானது.

ராக்கெட்டின் எரியறையினுள் அலுமினியம் (Al) துகள்கள் எரிகையில், அலுமினா (Al₂O₃) எனும் நுண்துகள்களாய் சிதறும். இந்த அலுமினா நுண்துகள்கள் எரியாமல், நாஸில் வழியே வாயுக்களினூடே சேர்ந்து வெளியேறும். ராக்கெட்டிலிருந்து எழும் புகை இதுதான்.

இவ்வாறு நிகழ்ந்துகொண்டிருக்கையில், எரிவாயு சீற்றத்துடன் வெளியேறுகையில் கூடவே பேரொலியை எழுப்பும். இவ்விரைச்சலின் அதிர்வுகள் ராக்கெட்டின் பல பாகங்களையும் தாக்கும். உதாரணமாக, எப்பொருளுக்கும் இருப்பதைப்போல, ராக்கெட் மோட்டாருக்கு ஒரு இயற்கையான ஒலி அதிர்வு எண் (natural frequency) உண்டு. எரிவாயுவின்

பேரிரைச்சலின் அதிர்வு எண் மோட்டாரின் அதிர்வு எண்ணுடன் ஒத்திருக்கையில் (ஒத்ததிர்வு = resonance) பொருத்தியிருக்கும் இடத்திலிருந்து அதிர்வுகளினால் பெயர்ந்தெழுந்து, ராக்கெட் மோட்டார் பழுதடைந்துவிடலாம்.

அதேபோல், எரிவாயு வெளியேறுகையில் ஏற்படும் பேரிரைச்சலினால் திட எரிபொருளை உபயோகிக்கும் எரியறையினுள், அழுத்தம் சில நொடிகளில் சீரற்று மிக அதிகமாகலாம். எரியறையும் இச்சமயத்தில் ஒத்ததிர்ந்தால், எரியறை சுவற்றில் பிளவுகள் தோன்றலாம். அழுத்த மிகுதியால் எரிவாயு தீவிரமாக விரைவாக எரிந்து எதிர்பார்த்ததைவிட அதிகமாக பேராற்றலை வெளிப்படுத்தலாம். இதனால், வெளியேறும் இடத்திலிருக்கும் நாஸில் சுவர்கள், இணைப்புகள் இளகி ராக்கெட்டிலிருந்தே கழன்றுகொள்ளலாம். ஒலியதிர்வுகள் ராக்கெட்டின் மின்னணுவியற்கருவிகளை பழுதடையவைக்கலாம். இவையனைத்துமே ராக்கெட்டை பழுதடைய வைக்கும் விளைவுகள்.

இங்குதான் ராக்கெட் தொழில்நுட்பத்தில் நேனோ அலுமினம் நுண்துகள் உதவுகிறது. முன்னர் குறிப்பிட்டபடி அலுமினம் துகள்கள், நேனோ அளவிலான அலுமினா நுண்துகள்களாய் எரிவாயுவுடன் வெளியேறுகிறதல்லவா. அவை ஒலியலைகளை தங்கள் மீது மோதவிட்டு அவற்றின் அதிர்வுகளின் வீரியத்தை குறைத்துவிடுகிறது. இதனால், மேற்கூறிய ஒத்ததிர்வின் ஆபத்தான விளைவுகள் ஓரளவு தவிர்க்கப்படுகிறது. எரிவாயுவை சீராக எரியறையினுள் எரிக்க உதவுகிறது. நேனோ அலுமினா நுண்துகள்கள் ஒருவகையில் ஒத்ததிர்வையே ஒத்திபோட்டுவிடுகிறது. அருகில் படத்தில் நேனோ அலுமினம் துகள்களைக் காணலாம்.

ஆனால், சில பக்க விளைவுகளும் தவிர்க்கமுடியாதவை. நேனோ அலுமினா நுண்துகள்கள் இருப்பதினால், வெளியேறும் எரிவாயுப்பிழம்பு திட—வாயு கூட்டுத்தயாரிப்பு. ஊடாடும் திட அலுமினா துகள்களின் உராய்வினால் அதைச் சுற்றியுள்ள வாயுவின் வெளியேறும் வேகம் குறையும். இதனால் ராக்கெட்டின் உந்துவிசையும் மட்டுபடும்.

மேலும், எரிபொருள் எரிந்து வெப்பம் மிகுந்தபின்னரே அலுமினம் துகள்கள் உருகி எரியத்துவங்கும். இவை சற்று தாமதமாகப் பெரிய தீப்பிழம்பாய் உருகி ஒட்டிக்கொண்டு எரியறையிலிருந்து வெளியேறும். இதனால், இவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் அலுமினா (நேனோ) நுண்துகள்களும் சிலவேளைகளில் சில பலவும்

ஒன்றுசேர்ந்து நேனோ அளவைவிட மூன்று மடங்கு பெரிதான மைக்ரோ அளவுத் துகள்களாகி வெளியேறும் வாயுவில் கலந்துவிடும். இதனால், சாதக விளைவாய் ஒலியதிர்வுகள் குறைந்தாலும், மேலே விளக்கிய உந்துவிசை இழப்பு மிகும்.

மற்றொரு சிக்கல் உள்ளது. வெளியேறும் அலுமினா துகள்கள் நேனோ—வில் இருந்து மைக்ரோ அளவு வரை இருப்பது ஒத்ததிர்வை மட்டுப்படுத்துவதில் சிக்கல் ஏற்படுத்தும். இதை விளக்க ஒரு உதாரணம் கொடுப்போம்.

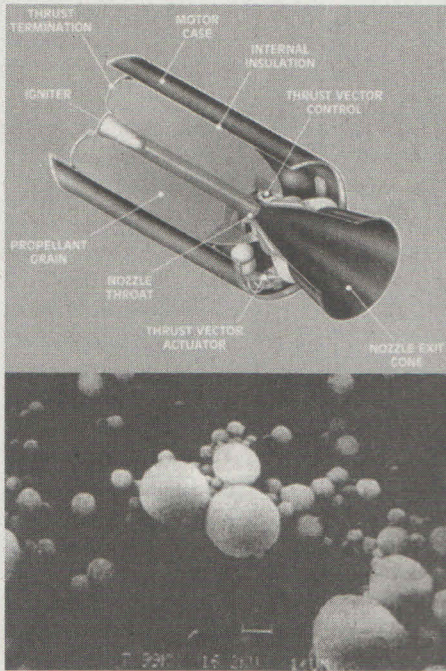
வடக்கத்திய மரபிசையில், செளராஸியா போன்ற குழல் வித்வான்கள் மேடையில் பல அளவுகளில் குழல் வைத்திருப்பார்கள். சஷாங்க் போன்ற கர்நாடக குழலிசைக் கலைஞர்களும் இவ்வாறு செய்வர். குழலிசைக் கச்சேரியின் துவக்கத்தில் வித்வான் 'ஜெகதானந்தகாரகா' என்று தியாகையரின் நாட்டை ராக பஞ்சரத்ன கிருதியை வாசிக்கையில் சிறிய நீளத்துடனான குழலில் வாசிப்பார். நெடிய கச்சேரியின் இறுதியில் துக்கடாக்களில், காபி ராகத்தில் ஜகதோதாரணா என்று வாசிக்கையில், நெடிய குழலில் வாசிப்பார்.

நீளமான குழலில் வெளிப்படும் ஒலி அலையளவு அதிகமென்பதால், அதன் ஒலியலை அதிர்வு எண் குறைவு. ஒலியின் தீவிரம் குறைந்து, ஆதார சுருதியே குறைந்து கேட்பது போலிருக்கும். கச்சேரியின் இறுதிப்பகுதியில் இவ்வாறு கேட்பதே ரம்யமாயிருக்கும். இந்த எதிர்நிலையே நீளம் குறுகிய குழலில் வாசிக்கையில், கச்சேரியின் துவக்கத்தில் நிகழும்.

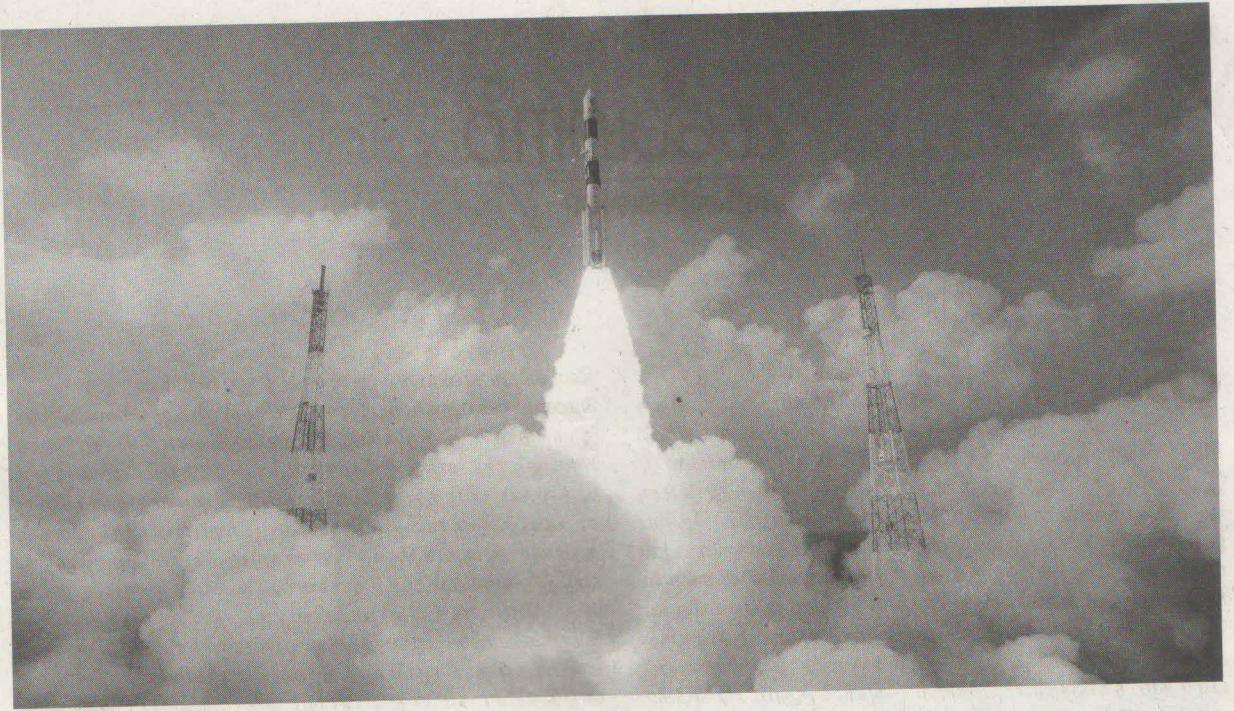
இந்த விளக்கத்தை ராக்கெட்டிற்கு கொண்டுவருவோம். திடப்பொருளின் அளவிற்குத் தகுந்தபடி அதன் இயற்கை ஒலியதிர்வு எண்ணும் மாறுபடும். ராக்கெட்டின் மோட்டார் பெரிதென்றால், அதன் இயற்கை ஒலியதிர்வு எண் குறைவாக அமையும். இதனால், மோட்டாரின் அளவிற்கேற்ப, அதன் ஒத்ததிர்வு நிகழும் சாத்தியமும் மாறுபடும்.

ஏற்கெனவே விளக்கியபடி எரிவாயுவின் பேரிரைச்சலின் பாதிப்பால் ஒரு அளவிலான ராக்கெட் மோட்டார் ஒத்ததிர்ந்து உடைந்துவிடலாம். இப்போது நேனோ அலுமினா நுண்துகள்களை அந்த எரிவாயுவினுள் தருவித்தால், அதன் பேரிரைச்சல் மட்டுப்படும். இதனால் பேரிரைச்சலின் ஒலியதிர்வு எண் குறைந்து, அந்த ராக்கெட் மோட்டாரின் இயற்கை ஒலியதிர்வு எண்ணுடன் ஒத்ததிர்வை ஏற்படுத்தாமல், மோட்டார் காப்பாற்றப்படும்.

இதுவரை சரி. ஆனால்,



(மேலே) ராக்கெட் எரிக்கூண்டு (combustion chamber) பிளவுத் தோற்றம். (கீழே) நேனோ அலுமினம் துகள்கள் (அதிநுண்ணோக்கியில் படம்பிடித்து)



சற்றுமுன் விவரித்தபடி, அலுமினம் துகள்கள் சரிவர நேனோ அலுமினா நுண் துகள்களாய் மாறாமல் சற்றுப் பெரியதாக மைக்ரோ துகள்களாய் சேர்ந்து ஒட்டிக்கொண்டு வெளியேறினால்? அந்த ராக்கெட்டை பொறுத்தமட்டில், மோட்டாரின் அளவு வேறு என்பதால், ஒத்ததிர்வைக் கட்டுப்படுத்தும் திறனை இழந்துவிடலாம்.

இதனால் புரிவது, சும்மா கையளவு அலுமினம் துகள்களைக் குடுவையில் எடுத்து எரிபொருளுடன் சேர்த்து ஒரு கலக்குக் கலக்கிவிடுவதால், உடனே நேனோ—அலுமினா பயனை ராக்கெட் பெற்றுவிடும் எனக் கருதமுடியாது. ஒவ்வொரு ராக்கெட்டின் மோட்டார் அளவிற்கு ஏற்ப அலுமினம் எரிந்து தோன்றப்போகும் அலுமினா நுண்துகளின் அளவைக் கறாராக கட்டுப்படுத்தவேண்டும். இதை எரிபொருள் எரிந்துகொண்டிருக்கையிலேயே எரியறைக்குள் உட்கார்ந்துகொண்டு ஒருவர் செய்யமுடியாது. முதலில் எரிபொருளுடன் சேர்க்கும் அலுமினம் துகள் எந்த அளவில் (மைக்ரோவாகவோ, மில்லிமீட்டராகவோ) இருந்தால், எரிகையில் சரியான நேனோ துகள்களாய் வெளிப்படும் என்பதை அனுமானமாய் முன்கூட்டியே தீர்மானிக்கவேண்டும். இதற்கான பல ஆய்வுப் பரிசோதனைகளை இன்றளவில் செய்துவருகிறார்கள்.

புரிதல்களில் முக்கியமானது, அலுமினியம் துகள்களின் சுத்தம். ஏற்கெனவே துகள் நிலையிலிருக்கும் அலுமினியம், சற்றே காற்றுடன் உறவாடினாலும் போதும், உடனே ஆக்ஸிடேஷன் நிகழ்ந்து, ஒவ்வொரு துகளைச் சுற்றியும் அலுமினா தோல் உருவாகிவிடும். இவ்வகை அசுத்தமான அலுமினம் துகள்களை எரிபொருளுடன் கலந்தால், அவை சரியாக எரிந்து உருகாது. முதலில் தோல் உரிந்து, பின்னர்தானே அலுமினம் துகள் சிதறி நுண்—துகளாக்க முடியும். அப்படியே அலுமினா தோலுடன் அலுமினியம் துகள்களை எரித்தால்,

தோல் உரியாமல், நேனோ ஒட்டைகள் ஏற்பட்டு, அதன் வழியே உள்ளிருக்கும் அலுமினியம் உருகித் திரவமாய் வழிந்து வெளியேறிவிடும். ஆராய்ச்சியில் கண்டிருக்கிறார்கள். வெளியேறும் திரவ அலுமினியம் அருகில் இதைப்போலவே இருக்கும் மற்றொரு தோலுடனான துகளுடன் ஒட்டிக்கொள்ளலாம். இதனால், நேனோ அளவில் இருக்க வேண்டியது, பெரிய நுண்—துளைப் பந்து போலாகி (porous ball) பிழம்பாய் எரிந்து ராக்கெட்டிலிருந்து வெளியேறும்.

இப்படிப் பல சிக்கல்கள். இவை யாவற்றையும் 1967இல் இவ்வாராய்ச்சியைத் துவங்குகையில் நாலா விஞ்ஞானிகள் அறிந்திருக்கவில்லை. தடுக்கித் தடுக்கித்தான் அறிந்துகொண்டார்கள். எரிபொருளுடன் கலக்காமல், நேரடியாக எரியறையினுள் அலுமினம் துகள்களை நுண்துகளாக்கியினால் (atomizer) பீய்ச்ச முடியுமா போன்ற பரிசோதனைகள் பலதையும் இன்று ஆராய்ச்சி நிலையில் செய்துகொண்டிருக்கிறார்கள். ஓரளவு வெற்றியும் கண்டிருக்கிறார்கள். சமீபத்தில் இந்தியாவின் மங்களயானை தாங்கிச் சென்ற ராக்கெட்டின் எரிபொருள்களில் இவ்வகை நேனோ தொழில்நுட்பத் திறன் உதவியுள்ளது.

இதுவரை விளக்கியதை சுருக்கி வரைய, பாரதியின் 'அக்னிக்ஞ்சு' வரிகளை மாற்றிப்போடுவோம்.

அலுமினா குஞ்சொன்று கண்டேன் - அதை

அங்கொரு ராக்கெட்டின் எரிபொருளினில் வைத்தேன்.

வெந்தீயை தணித்தது பாரு.

தழல் கீற்றத்தை குறைத்திடும் நேனோ-திறன் உண்டே!

தத்தரிகிட தத்தரிகிட தித்தோம் ●