రాకెట్టు కథ

డాక్టర్ మహీధర
నళినీమోహన్

రాకెట్టు కథ

B. Chandra Sekhar

డా॥ మహీధర నళినీమోహన్

విశాలాంధ్ర పబ్లిషింగ్ హౌస్
విజ్ఞాన భవన్, 4-1-435 బ్యాంక్ స్ట్రీట్
హైదరాబాద్-500 001

ప్రచురణ నెం. : 1508 ప్రతులు : 2000

ప్రథమ ముద్రణ : నవంబరు, 1982

వి. పి. హెచ్. ప్రథమ ముద్రణ : ఆగస్టు, 1990

© డా॥ మహీధర నళినీమోహన్

టైటిల్ డిజైన్ : కె. నాగేశ్వరరావు

వెల : రూ॥ 20-00

ప్రతులకు : విశాలాంధ్ర పబ్లిషింగ్ హౌస్
4-1-435, విజ్ఞాన భవన్, బ్యాంకుస్ట్రీట్,
హైదరాబాదు - 500 001

విశాలాంధ్ర బుక్ హౌస్
విజయవాడ, హైదరాబాదు, అనంతపురం,
విశాఖపట్నం, హన్మకొండ, గుంటూరు,
తిరుపతి, కాకినాడ.

ISBN : 81-7098-206-5

ముద్రణ : జయశ్రీ ప్రెస్, తిలక్‌నగర్, హైద్రాబాద్.

కృతి సమర్పణం

సహృదయులు

సాహితీ మిత్రులు

శ్రీ ఇందుకూరి రామకృష్ణంరాజు గారికి

నా మాట

ఈ కాలంలో రాకెట్టు అనే మాట వినని వాళ్లు ఉండరు. ఏ పత్రికలో చూసినా మోతుబరి దేశాలు తరచు అంతరిక్షంలోకి రాకెట్లను ప్రయోగించినట్లూ, అవి అనేక వేల మైళ్ళ వేగంతో ఎగిరి, కుమారస్వామికన్న వేగంగా భూప్రదక్షిణాలు చేసి, చందమామ బుజంతట్టి, శుక్రగ్రహపు మేలి ముసుగు తొలగించి, కుజగ్రహపు కాలువలలో ఎండిపోయిన నీటి చారికలు గమనించి, బృహస్పతి నొసటి ఎర్రని కుంకంబొట్టు కూపీతీసి, శనిగ్రహం తాలూకు వడ్డాణపు మువ్వలు సవరించి, వంపిస్తున్న వార్తలు ప్రచురింపబడుతూనే ఉన్నాయి. పాఠకులు ఆశ్చర్యంతో తెరిచిన నోళ్ళు ఇంకా పూర్తిగా మూతబడకుండానే అంతకన్న విడ్డూరమైన వార్తలు పుంఖాను పుంఖంగా వచ్చి పడుతున్న ఈ రోజులలో రాకెట్లను గురించిన పుస్తకం ఏది వ్రాసినా త్వరలోనే ఔట్ ఆఫ్ డేట్ అయిపోయే ప్రమాదం లేకపోలేదు. అయినప్పటికీ చేయవలసిన రీసెర్చి అంతా పూర్తి అయాకనే వ్రాద్దాం లెమ్మని చేతులు ముడుచుకు కూర్చోడానికి మనసు వప్పక ఈ రాకెట్టు కథ మొదలు పెట్టేను.

ముక్కుకి ఏ ఆటం బాంబునో కట్టి వెలిగించి వదిలేస్తే, ప్రచండ వేగంతో ప్రయాణం చేసి, వెళ్ళమని ఆదేశించిన చోటికి వెళ్ళి, అక్కడ ఆ బాంబును జారవిడిచి, ఆ ప్రాంతాన్నంతా క్షణంలో రుద్రభూమిగా మార్చి వేయగల శక్తి ఈ రాకెట్లకు ఉన్నదని వీటిని గురించి చాలా మంది వినే ఉంటారు. ఇటువంటి మహత్తర మారణాయుధాన్ని ఇటీవలే కనుక్కున్నారనీ, ఈ శతాబ్దంలో శాస్త్రజ్ఞులు సాధించిన ఘన విజయాలలో ఇది ఒకటి అనీ చాలా మంది అనుకుంటూ ఉంటారు. కాని, రాకెట్టు పుట్టి దాదాపు వెయ్యి సంవత్సరాలు అయిందంటే నమ్మబుద్ధికాదు. కాని, నిజం అంతే.

అసలు రాకెట్లు అనేవి ఏమిటి ?

వాటిని ఎల్లా తయారు చేస్తారు ?

రెక్కలు అయినా లేని అవి ఎల్లా ఎగర గలుగుతున్నాయి ?

వీటి సాయంతో చంద్ర మండలానికి, ఇతర గ్రహాలకి ప్రయాణాలు చేయవచ్చునని అంటున్నారే అది ఎల్లా సాధ్యం ?

గాలి కూడా లేని చోట రాకెట్టు ఎల్లా ప్రయాణం చేస్తుంది ?

వేల కొద్దీ మైళ్ళ వేగాన్ని అవి ఎల్లా పుంజుకుంటున్నాయి ?

వాటికి అంతటి అపూర్వశక్తిని ప్రసాదిస్తున్న ఆ ఇంధనం ఏమిటి ?

ఫలానా దిశలో ప్రయాణం చేసి రమ్మని వాటికి ఎల్లా చెప్పగలుగుతున్నారు ?

ఈ రాక్షసి రాకెట్లు శాస్త్రజ్ఞుల చెప్పు చేతలలో ఏ మంత్రానికి లోబడి ఉంటున్నాయి ?

వీటిని తీర్చి దిద్దడానికి ఎవరెవరు ఏమేమి ప్రయత్నాలు చేశారు ?

రాకెట్లవల్ల ఉపయోగాలు ఏమిటి ? ఒకళ్ళ నొకళ్ళు హతమార్చుకోడానికేనా, లేక మానవ జీవితానికి మెరుగులు దిద్దడంలో ఏమైనా పనికి వస్తాయా ?

వగైరా....వగైరా....

సామాన్య పాఠకులకి సాధారణంగా కలిగే ఇటువంటి సందేహాలకు సమాధానాలిస్తూ రాకెట్ల కథా కమామీషులు సాధ్యమైనంత సులభంగా, సమగ్రంగా తెలియజెప్పే ప్రయత్నమే ఈ గ్రంథం. ఇందులో వీలైనంతవరకూ చారిత్రక క్రమాన్ని అనుసరించాను.

జర్మన్ రాకెట్టు ప్రయోగాలకు ఒక ప్రకరణం అంతా కేటాయించడానికి కారణం ఉంది. ద్రవ ఇంధన రాకెట్ల నిర్మాణంలో ఈనాడు అనుసరిస్తున్న ఇంచుమించు అన్ని పద్ధతులకి నాందివాచకం పలికిన వాళ్ళు జర్మనులే. వీటిని మారణాయుధాలుగా తీర్చిదిద్ది, ప్రపంచాన్నంతనీ కబళించడమే నాటి జర్మన్ సైనికాధికారుల ఉద్దేశం అయినప్పటికీ జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞులు ఈ రంగంలో సాధించిన విజయాలను స్మరించకపోతే రాకెట్టు కథ పూర్తికాదు.

ఇంధనాలను గురించి చర్చించే సందర్భంలో కొన్ని రసాయన పదార్థాల పేర్లు, వాటి సంకేతాలు, ఒకటి రెండు సమీకరణాలూ ఇవ్వవలసివచ్చింది.

ఈ వివరాలు ఇనుప గుగ్గిళ్ళు కాకుండా చెయ్యాలనే నా ప్రయత్నం ఫలించిందను కుంటాను. ఉపయోగించక తప్పని కొన్ని సాంకేతిక పదాలకు తెలుగుమాటలు సృష్టించాను; కొన్నింటిని యథాతథంగా వాడేశాను. ఏది చేసినా సులభంగా అర్థం అవడం అనేదే ధ్యేయం. గ్లోసరీ చివర ఇచ్చాను.

ఘన ఇంధన రాకెట్టు, ద్రవ ఇంధన రాకెట్టు అని నేను చేసిన ప్రయో గాలు దుష్ట సమాసాలు అని వ్యాకరణాలు తెలిసిన కరణాలూ తప్పు పడతా రేమో ? మధ్యలో "పువర్ణం" వెయ్యవచ్చుగానీ, తూకం సరిపోదని మానేశాను.

రాకెట్టును ప్రయాణ సాధనంగా వాడుకుని ఇతర గ్రహాలకూ, ఉప గ్రహాలకూ, నక్షత్రాలకూ ప్రయాణాలు చేయడం ఎల్లాగో, అందులో ఉన్న కష్ట సుఖాలు ఏమిటో దేని తరువాయి భాగాలు "ఉపగ్రహం కథ", "విశ్వాం తరయానం కథ" వివరిస్తాయి.

ఢిల్లీ
జూలై, 1981

— మహీధర నళినీ మోహన్

విషయ సూచిక

		పేజీ
1.	రాకెట్టును ఎవరు కనిపెట్టేరు?	1
2.	రాకెట్టు ఎల్లా ఎగురుతుంది?	12
3.	రాకెట్ల పునర్జన్మ	25
4.	మానవ కల్యాణానికి రాకెట్లు	34
5.	రాకెట్టు విమానాలు	42
6.	ప్రపంచ యుద్ధాలలో రాకెట్ల సంరంభం	51
7.	జర్మన్ రాకెట్టు ప్రయోగాలు	63
8.	గైడెడ్ మిసైల్స్	84
9.	రాకెట్లకి అంతస్తులెందుకు?	101
10.	రాక్షసి రాకెట్లు	111
	అనుబంధం: 1 ఘన ఇంధన రాకెట్లు	129
	అనుబంధం: 2 ద్రవ ఇంధన రాకెట్లు	145
	బిబ్లియోగ్రఫీ	174
	గ్లోసరీ	175

1. రాకెట్టును ఎవరు కనిపెట్టేరు ?

చైనాలో అగ్ని బాణాలు

క్రీ శ. 1232వ సంవత్సరంలో చైనాలోని "కై ఫుంగ్ ఫూ" పట్టణాన్ని మంగోలులు ముట్టడించారు. ఆ యుద్ధంలో రెండు కొత్త ఆయుధాలను చీనావారు ప్రయోగించి, మంగోలు ముట్టడిని చెదరగొట్టినట్లు "తుంగ్ లియాన్-కాంగ్-మూ" అనే గ్రంథంలో వ్రాసిఉంది. అందులో ఒకటి కోట గోడలమీద నుంచి కింద నున్న శత్రువు మీద పడవేసేది. దాని పేరు "చిన్-తియేన్-లూయీ". అది భూమి, ఆకాశము దద్దరిల్లి పోయేటంత చప్పుడు చేసిందట. దాని పేలుడికి దగ్గరలో ఉన్నవాళ్ళు తునాతునకలై పోయేవారుట. అది బహుశా బాంబు అయిఉంటుంది. రెండవ ఆయుధం పేరు "ఫీ-హో-త్సియాంగ్". ఆ మాటకు అగ్నిబాణమని అర్థం. ఏదో మండే వస్తువును బాణానికి కట్టి వెలిగించేవారు. అది ఉన్నట్లుండి హఠాత్తుగా ఎగిరి, తిన్నగా ప్రయాణంచేసి, పదిబారల మేర మంటలు విరజిమ్మేదిట. ఆ ఆయుధాలు రెండూ మంగోలు దండుకి దడపుట్టించేయి అని ఆ పుస్తకంలో వ్రాసిఉంది.

ఆ అగ్నిబాణాలే రాకెట్టులై ఉండవచ్చునని ఊహిస్తున్నారు. ఏమంటే ఆ అగ్ని బాణాలను ప్రయోగించడానికి ధనుస్సు ఉపయోగించినట్లు వ్రాయలేదు. హఠాత్తుగా ఎగిరింది, తిన్నగా వెళ్లింది అన్న మాటలు రాకెట్టునే సూచిస్తున్నాయని నమ్ముతున్నారు. ఆ అగ్నిబాణం ఏ ఆకారంలో ఉండేదో బొమ్మగీసి చూపించలేదు ఆ పుస్తకంలో. మామూలు బాణానికి తారాజువ్వ వంటిది కట్టివదిలే వారని తోస్తుంది.

మామూలుగా అగ్ని బాణం అంటే ఏ నూనె గుడ్డనో బాణానికి కట్టి, వెలిగించి, ధనుస్సుకిపూన్చి వదిలేది అని అర్థం. ఈ రకమైన అగ్నిబాణాలతో ఒక ఇబ్బంది ఉంది. నారిని ఆకర్ణాంతమూ లాగి వదిలితే గాలి విసురికి మంట ఆరిపోవచ్చు. అంత బలంగా బాణాన్ని వదలకపోతే ఎక్కువ దూరం వెళ్ళదు. కనుక త్వరగా ఆరిపోని వస్తువును వెతికిపట్టుకోవాలని గ్రీకులు తంటాలు పడ్డారు. గంధకం, బొగ్గు పొడి వంటి మండే వస్తువులకి ఉప్పు చేర్చినట్లయితే ఎక్కువ వేడి గల మంట వస్తుందని వాళ్ళు అనుకున్నారు. మంట వేడిమిని

కొలవగలవస్తువులు వాళ్ళ దగ్గర ఎక్కడఉన్నాయి? ఉప్పు చేరిస్తే ఎక్కువ కాంతి గల మంట వస్తుందన్నమాట నిజమే. ఎక్కువ కాంతినే ఎక్కువ వేడి అని వాళ్ళు అర్థం చేసుకుని ఉంటారు.

ఈ ఉప్పు రహస్యం చైనా దాకా పాకింది. కాని వట్టి ఉప్పువల్ల ఎక్కువ ఉపయోగం లేదని వారికి త్వరలోనే తెలిసింది. అంతకన్న మంచి వస్తువుకోసం వెతుకుతూఉండగా యాదృచ్ఛికంగా "సూరేకారం" వారికళ్ళ బడింది. అది ఉప్పు ఆకారంలోనే ఉంటుంది. అందుకనే దానిని "పెట్లుప్పు" అనడం ఉంది. చీనాలో కొన్ని కొండ ప్రాంతాలలో సూరేకారం విరివిగా దొరుకుతుంది. దానిని ఉపయోగించడం మొదలుపెట్టిన తరవాతనే రాకెట్లు, బాంబులు నిర్మించడమనేది సాధ్యం అయింది.

సూరేకారం, గంధకం, బొగ్గు కలిపిన మందు వెదురుగొట్టంలో దట్టించి, రెండు వైపులా మట్టితో మూసేసి, ఒక వైపున సన్నని రంధ్రం మాత్రం ఉంచి ఎండబెట్టేరు. ఆ రంధ్రానికి నిప్పుముట్టించగానే అది ఢాం అని పేలింది. దానినిచూచి సంతోషించారు. బాణాసంచాకి అదినాంది. దానినే చాలా పెద్దవిగా రాగి గోళాలతో చేసి, బాంబులలాగా యుద్ధంలో వాడేరు.

ఒకసారి ఏమైందంటే వెదురుగొట్టపుటపాకాయకి రంధ్రం కాస్త పెద్దది అయింది. అది పేలటానికిబదులు తుస్సుమని హోరుపెడుతూ, నెరుసులు చిమ్ముతూ అటూ ఇటూ వంకరటింకరగా ఎగరడం మొదలుపెట్టింది. అది తమాషాగా కనిపించింది. గొట్టంలోమందుకూరి, రంధ్రం మరీ చిన్నది కాకుండా, మరీపెద్దది కాకుండా ఉంచి తూటాలలాగా తయారుచేసి, వెలిగించి ఆనందించేవారు.

ఈ తూటాలను ఆయుధాలుగా శత్రువులమీద ప్రయోగించాలంటే అవి తిన్నగా ప్రయాణంచేసి, ఉద్దేశించిన లక్ష్యాన్ని చేరుకోగలవిగా ఉండాలిగా. ఆ పని వట్టి తూటాలవల్ల అవదు.

వెదురుగొట్టపుతూటాని బాణానికి బిగియగట్టి వెలిగించి వదిలేస్తే అది తిన్నగా అతివేగంగా ప్రయాణం చేస్తుందని గ్రహించారు. అటువంటి బాణానికి ధనుస్సు అవసరంలేదు కూడానూ.

అయితే తూటానుంచి విసురుగా బయటికి వచ్చే నెరుసులు తగిలి, బాణం చివరకట్టిన పక్షి ఈకలు కాలిపోయేవి. బాణాన్ని తిన్నగా నడిపించటానికి చివర పక్షి ఈకలు కట్టడం అవసరమని ఏనాడో గ్రహించారు. ఆ సంగతి అందరికీ తెలుసు. మరి తూటా నెరుసులవల్ల ఆ ఈకలు కాస్తా కాలిపోతే ఎల్లాగ? సూటిగా వెళ్ళని బాణం వల్ల ఏం లాభం?

ఈకలు కాలిపోకుండా రక్షించడంకోసం బాణం కర్రను ఇంకా పొడుగ్గా చేశారు. పొడుగ్గా ఉన్న బాణానికి తూటాకట్టినట్లయితే, కర్ర చివర ఈకలు లేకపోయినాసరే అది తిన్నగా ప్రయాణం చేయగలదని గ్రహించారు.

ఆ తరువాత బాణానికి ములికికూడా అనవసర మేననీ, ఈకలులేని పొడుగాటి కర్రని తూటాకి కడితే చాలుననీ, అది సూటిగా పోతుందనీ, దాని మంటలే చాలు శత్రువును బెదరగొట్టడానికనీ తెలుసుకున్నారు.

తూటాలను బల్లెంకికట్టి, బహు దూరం విసర వచ్చునని కూడా తెలుసుకున్నారు.

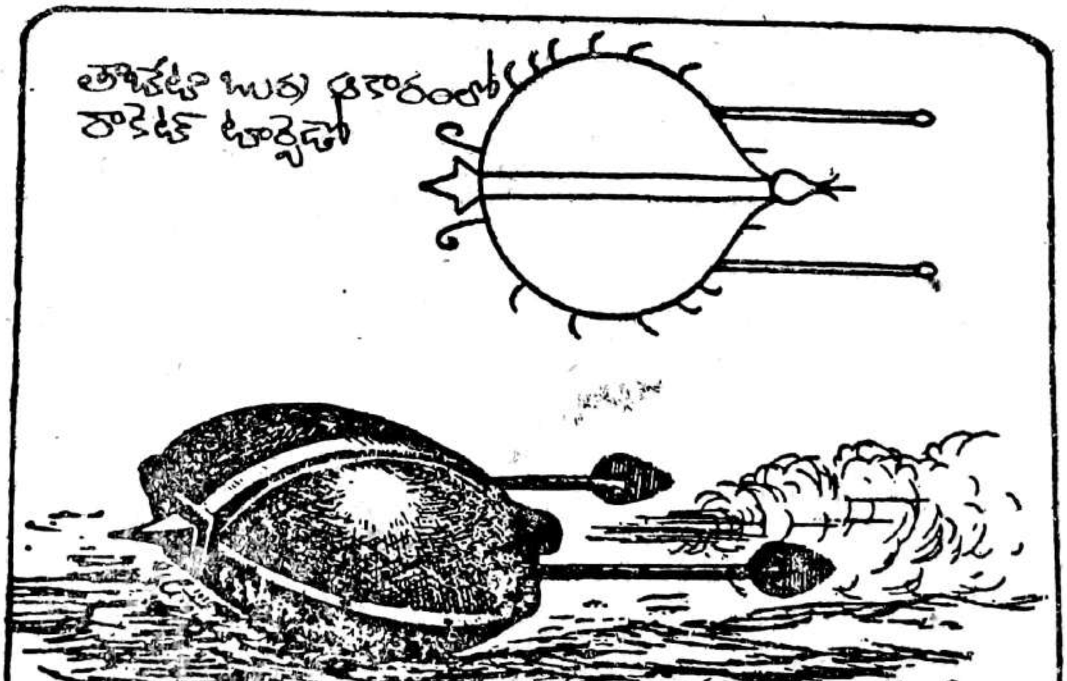
ఈ రాకెట్లను పొడుగుపాటి వెదురుపేళ్ళ బుట్టలోపెట్టి, కావలసిన దిశలో ఎత్తిపట్టుకుని, గుంపులుగుంపులుగా కాల్చే పద్ధతి తెలుసుకున్నారు.

ప్రయోగించే వాడికి ప్రమాదం లేకుండా, రాకెట్ల బుట్టను చేతితో పట్టుకోకుండా, కావలసిన కోణంలో ఎత్తిపట్టుకునే సాధనం నిర్మించగలిగేరు.

ఈ విధంగా కై ఫుంగ్ పూ యుద్ధంనాటికి చీనావారు అంతకు ముందెవ్వరూ కనీ వినీ ఎరుగని రెండు కొత్త మారణాయుధాలను తయారుచేసి, సిద్ధంగా ఉంచుకోగలిగేరు.

చీనా నుంచి అరబ్బులకి

బేహారులద్వారా ఈ "నల్లమందు" రహస్యం త్వరలోనే అరబ్బులకి తెలిసిపోయింది. కై ఫుంగ్ పూ యుద్ధంజరిగిన మరో 8 ఏళ్ళకి "ఇబిన్ అల్ బైతర్"



అనే అరబ్బు ఒక పుస్తకంలో ఈ సూరేకారాన్ని గురించి ముచ్చటించాడు. అతడు దానిని "రాతిపువ్వు" అన్నాడు. ఈజిప్టులో దీనిని "చీనా మంచు" అంటారని కూడా వ్రాశాడు. అరబ్బులు దీనిని "బరూద్" అంటారుట. అయితే ఈ సూరేకారాన్ని ఎందుకు ఉపయోగించేవారో మాత్రం అతడు చెప్పలేదు.

అల్ బైతర్ చెప్పకుండా దాచిపెట్టిన ఈ రహస్యాన్ని "హస్సన్-ఏర్-రమ్మాహ్" అనే గూని అరబ్బు "అశ్విక యుద్ధం - యుద్ధ తంత్రాలు" అనే గ్రంథంలో వివరించాడు. ఆ పుస్తకాన్ని అతడు 1280లో పూర్తిచేసినట్లు తెలుస్తోంది. నల్లమందును ఎల్లా తయారు చెయ్యాలో, రాకెట్లను ఎల్లా నిర్మించాలో అందులో వివరించాడు. అతడు రాకెట్లను "అల్-సీచెమ్-అల్-కతాయ్" (చీనా బాణాలు) అని వ్యవహరించాడు.

ఈ పుస్తకంలో "రాకెట్ టార్పెడో" ఎల్లా నిర్మించాలో వివరించాడు! తాబేటి బుర్ర ఆకారంలో చేసినపాత్రలో నల్లమందు కూరి, తిన్నగా ప్రయాణం చేయడానికి రెండు కర్రలు చెరొక వైపునాకట్టి, తనంతట తాను కదిలి వెళ్ళే ఈ "మండేగుడ్డు"ను ఉపయోగించి శత్రువుల కోటలను భేదించ వచ్చునని వ్రాశాడు.

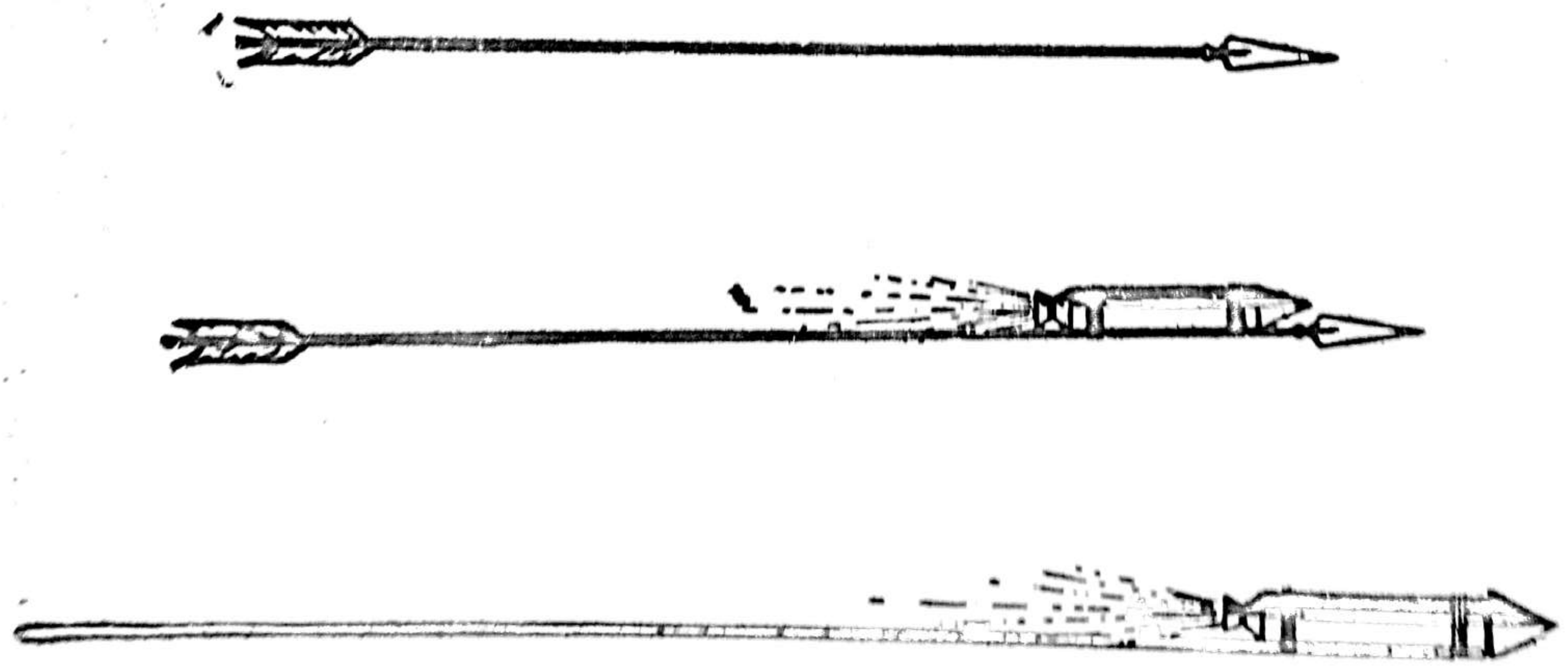
అరబ్బుల నుంచి యూరపుకి

హస్సన్ తన పుస్తకాన్ని పూర్తిచేయడానికి 30 ఏళ్ళు ముందుగానే నల్లమందు, రాకెట్ల తయారీ రహస్యం యూరపుకి పాకింది. "రోగర్ బేకన్" అనే ఇంగ్లీషు సన్యాసి 1248 ప్రాంతంలో లాటిన్ భాషలో "ఎపిస్టోలా" అనే గ్రంథంలో నల్లమందు తయారీని గురించి నిగూఢమైన భాషలో - ఏమంత్ర శాస్త్ర గ్రంథాన్నో వ్రాసే శైలితో-డొంకతిరుగుడుగా వ్రాశాడు. మొత్తం మీద అందులోని సారాంశం ఏమిటంటే సూరేకారం 7 పాళ్ళు, బొగ్గు 5 పాళ్ళు, గంధకం 5 పాళ్ళు కలిపి మందు తయారు చెయ్యాలని. నిజానికి ఈ పాళ్ళల్లో కలిపితే బలహీనమైనమందు తయారవుతుంది. రాకెట్లకి అది చాలు. లాటిన్ భాషలో రాకెట్టును "ఇగ్నిస్ వోలన్స్" (ఎగిరేమంట) అన్నాడు.

1250-1280 మధ్య "ఆల్బర్టస్ మాగ్నస్" అనే జర్మన్ దేశస్థుడు "ప్రపంచపు వింతలు" అనే గ్రంథంలో రాకెట్లతయారీ అనే హెడ్డింగు కింద చాటూ మాటూ లేకుండా 1 పౌను గంధకం, 2 పౌనుల బొగ్గు, 6 పౌనుల సూరేకారం కలిపి చేసిననల్లమందు వాడాలని వ్రాశాడు.

1379 లో "ఛివోజా" అనే దీవిని ముట్టడించి, రాకెట్లు ప్రయోగించి,

రాకెట్లను తిన్నగా నడిపించడానికి కర్రకట్టటం నేర్చుకున్న తీరు



ఒక బురుజును పడగొట్టి, విజయం సాధించారని "మురటోరీ" అనే ఇటాలియన్ చరిత్రకారుడు వ్రాశాడు.

ఫిరంగులు 1313 నాటికి తయారయ్యాయని అంగీకరిస్తున్నారు. కాని అవి మొద్దుల్లాగా ఉండేవి. స్వల్పదూరం మాత్రమే గుండును విసరగలిగేవి. రాకెట్ల స్థితి కూడా అంతంతమాత్రంగానే ఉండేది అప్పట్లో. కనుక యుద్ధాలలో రెండింటినీ ఉపయోగించేవారు. రెండింటి అభివృద్ధికీ ప్రయోగాలు జరిపేవారు. దానితో 1400 సంవత్సరం నాటికి రకరకాల ఆకారాలలో రాకెట్లు తయారై కూర్చున్నాయి.

1405 లో "కొన్రాడ్ క్రైఖర్ వొన్ ఐహెస్టాట్" అనే జర్మన్ మిలిటరీ ఇంజనీరు వ్రాసిన "బెల్లిఫోర్టిన్" అనే గ్రంథంలో మూడు రకాల రాకెట్లను ఉదాహరించాడు. 1. నిట్టనిలువుగా లేచే రాకెట్లు 2. నీటి మీద తేలుతూ వరుగెత్తే రాకెట్లు 3. సాగతీసిన తాడు మీదుగా నడిచే రాకెట్లు.

"జోవానెస్ డి ఫొంటానా"అనే ఇటాలియన్ మిలిటరీ ఇంజనీరు 1420 లో పూర్తిచేసిన తన నోటు బుక్కు (బెల్లికోరమ్ ఇన్స్ట్రుమెంటోరమ్ లైబర్) లో చిత్ర చిత్రమైన రాకెట్ల నిర్మాణాన్ని బొమ్మలతో సహా వివరించాడు. ఇందులో ఎగిరే పావురాలు, ఈదే చేపలు, పరుగెత్తేకుందేళ్ళు ఎల్లా చెయ్యాలో వివరించాడు. ఇవి అన్నీ శత్రువుల గుడారాలకీ, ఓడలకీ, యుద్ధ సామగ్రికి నిప్పు పెట్టడానికి ఉద్దేశించినవే. అతడి కుందేలు రాకెట్టుకి చక్రాల బదులు రోలర్లు ఉన్నాయి. ఎత్తు పల్లాల నేల మీద సునాయాసంగా ప్రయాణం చెయ్యగల రాకెట్టు బండిని తయారు చెయ్యాలని అతడి ప్రయత్నం. జలరాక్షసి ఆకారంలో ఒక టార్పెడోని కూడా సూచించాడు. ఈ రాకెట్టు బొమ్మలన్నీ ఊహా కల్పితాలేగాని, నిజంగా నిర్మించి చూచినవి కావని తోస్తుంది.

రాకెట్టును గొట్టంలో పెట్టి వెలిగిస్తే గురి తప్పకుండా వెడుతుందని 1408లో "ఫ్రాయిస్సార్ట్" వ్రాసిన విషయం చాలా విలువైనది. చిన్న చిన్న రాకెట్లను ఈ నాటికి కూడా ఈ పద్ధతిలో వెలిగిస్తున్నారు.

"లియోనార్డోడావిన్సీ" (1452-1519) అనే సుప్రసిద్ధ ఇటాలియన్ శాస్త్రజ్ఞుడు సుదర్శన చక్రం వంటి ఆయుధాన్ని తయారు చేశాడు. అది ఒక అగ్ని చక్రం. ఆ చక్రానికి కొంచెం వాలుగా రాకెట్లు అమర్చి ఉంటాయి. వెలిగించి వదిలేస్తే ఆ చక్రం తనంతట తానే దొర్లుకుంటూ వెళ్ళి యుద్ధ రంగంలో శత్రువులను చిందర వందర చేసేదట.

నీళ్లల్లో మునిగి కొంత దూరం ప్రయాణంచేసి, నీటి అడుగున పేలిపోయే రాకెట్టు బాంబును 1610లో "కౌంట్ అఫ్ నస్సావ్" వ్రాసిన 725 పేజీల ఉద్గ్రంథంలో వర్ణింపబడింది.

1680 ప్రాంతంలో "జోసెఫ్ ఫుర్టెన్ బాష్" "హాలినైట్రో-పైరోబోలియం" అనే గ్రంథంలో సముద్రంలో ప్రయాణం చేస్తున్న ఓడలు సంకేతాలు పంపడానికి రాకెట్లను ప్రయోగించేవారని వ్రాశాడు. శత్రు నౌకలకు పూసిన

లియొనార్డో డావిన్సీ నిర్మించిన అగ్నిచక్రం

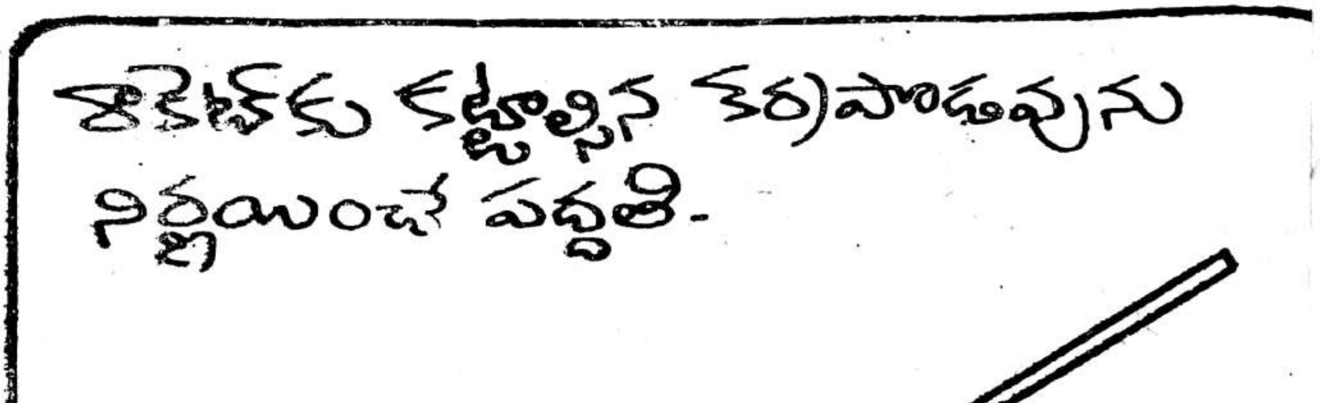
తారుకీ, తెరచాపలకీ అగ్గిపెట్టడానికి కూడా రాకెట్లను వాడేవారుట. ముఖ్యంగా ఓడ దొంగలు ఈ పనిలో ఆరితేరిన వారుట. ఆ నాటికి రాకెట్లను నేల మీది యుద్ధాలలో ఉపయోగించడం ఆగిపోయినట్లు తోస్తుంది.

1591 లో నూరెంబర్గులో అచ్చుఅయిన ఒక గ్రంథంలో రాకెట్లను యుద్ధ రంగంలో కాక బాణాసంచాగానూ, సంకేతాలను పంపడంలోనూ ఎల్లా వినియోగించవచ్చునో, వాటిని ఎల్లా నిర్మించాలో బహు విశదంగా వర్ణించాడు. "జొహాన్ ష్మిడ్లాప్" అంతకు ముందు ఈ వ్యవహారాలు చాలా రహస్యంగా ఉంచేవారు. "బాణాసంచాతయారు చేసే వాళ్ళు నన్ను తిట్టుకుంటారేమో ఇవన్నీ చెప్పేస్తున్నాను అని" అని వ్రాసుకున్నాడు.

రాకెట్లను "అంతస్థులుగా నిర్మించే పద్ధతిని కూడా ష్మిడ్లాప్ వర్ణించాడు మొట్ట మొదటిసారిగా, పెద్దరాకెట్టు పైన చిన్నరాకెట్టు, దాని పైన ఇంకో బుల్లి రాకెట్టు పెట్టాలి అన్నాడు. రాకెట్టును అంతస్థులుగాకట్టడం ఈనాడు కూడా ఉందికానీ, ఇప్పుడు ఎక్కువ ఎత్తు ఎగరడానికి ఈ పని చేస్తున్నారు. అయితే ష్మిడ్లాప్ ఉద్దేశంవేరు. బాణాసంచాలో తమాషాలు ప్రదర్శించడానికి మాత్రమే అతడు ఉద్దేశించాడు.

రాకెట్టుని బేలన్సు చెయ్యడం

రాకెట్టు నిర్మాణంలో చీనావాళ్ళు మూడు ముఖ్యమైన విషయాలను ప్రవేశ పెట్టేరు. అందులో ముఖ్యమైనది పొడుగుపాటికర్ర. ఇదిలేకపోతే రాకెట్టు



సూటిగా నడవదు. అయితే ఎంతపొడుగు కర్రకట్టాలి? దానికి ఒక కొండగుర్తు ఏర్పరచారు. మందుకూరిన గొట్టానికి కింద—సిసింద్రీకి దగ్గరలో-వేలిమీద (లేదా చాకుమీద) కర్రను పెట్టుకుని బేలెన్సు చేయడానికి తగినంత పొడవు వుండాలి ఆ కర్ర. తారాజువ్వల తయారీలో ఈ పద్ధతి ఈనాటికీ అమలులో ఉంది.

రాకెట్టుకి ముక్కు

చైనీయులు ప్రవేశ పెట్టిన రెండవ విషయం రాకెట్టుకి ముక్కు. రాకెట్టు ముందరిభాగం చదునుగా కాకుండా శంఖు ఆకారంలో ముక్కులా తయారుచేస్తే రాకెట్టు గాలిని చీల్చుకుంటూ బాగా వెళ్ళగలుగుతుంది. పైగా అధికంగా

ఉన్న ఆ ముక్కలో పేలుడుమందు కూరి శత్రువుమీద ప్రయోగించవచ్చు. అది గట్టి వస్తువుకి తగలగానే పేలిపోయేటట్లు చెయ్యవచ్చు. ఈ ముక్క ఆకారం ఈనాటికే అమలులో ఉంది. బాణాసంచా రాకెట్లలో ముక్క భాగంలో రంగురంగుల నక్షత్రాలను విరజిమ్మే మందుకూరుతున్నారు.

రాకెట్టు మందులో కాళీ

చీనావారు కనిపెట్టిన మూడో ముఖ్యవిషయం గొట్టంలో కూరిన మందు ఆకారానికి సంబంధించినది. గొట్టంలో కూరిన మందులో కొంతభాగం గోకేస్తే రాకెట్టుమరింత వేగంగా ఎగురుతుందని అనుభవంవల్ల తెలుసుకున్నారు. దీనికి కారణం ఉంది. కొంతమందు కోన్ ఆకారంలో గోకెయ్యడంవల్ల మంట మండే స్థలం పెద్దది అయింది. కనుక మందు మండే రేటు పెరిగింది. దానితో రాకెట్టుకి విసురు హెచ్చుతుంది. కారణం ఫలానా అని తెలియకపోయినా ఏడు శతాబ్దాల పూర్వం చైనీయులు రాకెట్టు గొట్టంలో కూరిన మందును కొంత గోకెయ్యడం సరియైనదే. దరిమిలాని మందుగోకెయ్యడం కన్న మంచి పద్ధతులు బయలుదేరేయి.

మందుకూరే పద్ధతి

పెద్ద రూళ్ళకర్రచుట్టూ దళసరి అట్ట చుట్టబెట్టి, జిగురుపూసి గొట్టంలాగా చెయ్యాలి. ఆ గొట్టానికి ఒక చివర సన్నని రంధ్రం చేయడం కోసం మరొక సన్నని రూళ్ళకర్రను అడుగునుంచి గొట్టంలోకిదూర్చి, బలమైన తాడుతో గొట్టాన్ని బిగించాలి. ఆ తరువాత రెండు రూళ్ళకర్రలూ బయటికిలాగేసి, గొట్టాన్ని ఎండబెట్టాలి.

మందులోపల శంఖు ఆకారంలో (Cone) కాళీ ఉంచడం కోసం "ముల్లు" ఉపయోగిస్తారు. ఇది ఇంచు మించు గొట్టం అంతపొడవు ఉన్న శంఖు ఆకారపు కర్రముక్క. దానిని గొట్టం అడుగునుంచి, సన్నని కంఠంలో నుంచి పైకి దూరుస్తారు. ఆ తరువాత నల్లమందును పై నుంచి గొట్టంలోపల పోస్తారు. ముల్లుచుట్టూ పడేటట్లు, మందును బిగువుగా దట్టించడం కోసం లోపల శంఖు ఆకారపు కాళీగలకర్రదిమ్మను ఉపయోగించి, సుత్తితోబలంగా కొడతారు.

మందు దట్టిస్తున్నప్పుడు అట్టగొట్టం విచ్చిపోకుండా ఉండడం కోసం, దానిపైన బిగువైన ఇనుపగొట్టాన్ని తొడుగుతారు. మందు కూరడం పూర్తి అయాక, పైరంధ్రాన్ని బంకమట్టితో మూస్తారు. ముల్లును అడుగునుంచి లాగేసి, సినింద్రీ దూరుస్తారు.

రాకెట్ల లక్ష్యశుద్ధి

. రాకెట్లలో ఒక ముఖ్యమైన దోషంఉంది. వీటికి లక్ష్యశుద్ధి (గురి) తక్కువ. ఉద్దేశించిన దిశలో సరిగ్గా వెళ్ళక వంపుతిరిగి మరోవైపుకి పోతూ ఉంటాయి. దీనికి చాలా కారణాలున్నాయి. అందులో ఒక కారణం ఏమిటంటే; రాకెట్టు గొట్టంలో మందును అన్నిచోట్లా సరిసమానమైన దట్టంగా కూరడం సాధ్యంకాదు. పైగా మందు రేణువులుకూడా వేరువేరు సైజులలో ఏర్పడతాయి. కనుక వెలిగించి వదిలిన తరవాత మందు సరిసమానంగా కాకుండా వంకరగా కాలే అవకాశం ఉంది. సమానంగా కాలుతూ పోయేటట్లు మందు కూరడం సులభమేమీ కాదు. మందు ఒకవైపున ఎక్కువగానూ, మరోవైపున తక్కువగానూ కాలినట్లైతే, ఎక్కువవేగంగా కాలుతున్న వైపునుంచి ఎక్కువమంట వస్తుంది. కనుక ఆవైపున "తోపుడుశక్తి" (**THRUST**) ఎక్కువ అవుతుంది. కనుక రాకెట్టు దారి తప్పుతుంది.

రాకెట్టు దారి తప్పడానికి మరికొన్ని కారణాలను, వాటికి విరుగుళ్ళనూ 3, 5 ప్రకరణాలలో చూపించాను.

రాకెట్ల సైజు

రాకెట్టు ప్రయాణం చేయగల దూరాన్ని పెంచాలనే ఆశతో పెద్దగొట్టం తీసుకుని, ఎక్కువ మందుకూరి, పెద్ద రాకెట్టును తయారు చేసినట్లైతే చాలా ఇబ్బందులున్నాయి. అట్టగొట్టం అంటుకొని దారిలోనే పేలిపోవడం గానీ; గొట్టం చిల్లుపడి అక్కడినుంచి మంట బయటకువచ్చి ప్రయాణంచేసే దిశమారి పోవడం గానీ జరుగుతుంది. కనుక, రాకెట్లసైజు, అవి వెళ్ళగల దూరమూ పరిమితంగానే ఉంటూ వచ్చాయి.

ఫిరంగులతో పోటీ

16వ శతాబ్ది ఆరంభంవరకూ యుద్ధాలలో ఫిరంగులకన్న రాకెట్లదే పై చెయ్యిగా ఉండేది; ప్రయోగ సౌలభ్యంలోనూ, ప్రయాణంచేయగల దూరంలోనూ కూడా. ఫిరంగులు గుండును ఎక్కువ దూరం విసరలేకపోయేవి. కాని 16వ శతాబ్దిలో ఫిరంగుల తయారీ బాగా అభివృద్ధి అయింది. 1560 ప్రాంతానికి మైలు

దూరందాకా గుండు విసరగల ఫిరంగులు తయారయాయి, నేలమీద పడగానే పేలేగుళ్ళూ, ఎర్రగా కాలినగుళ్ళూ ఫిరంగులశక్తిని మరింత పెంచేయి. రాకెట్లకు లేని లక్ష్యశుద్ధి వీటికిఉంది. కొద్ది అనుభవంతో గుండు మైలులోపున ఎక్కడ కావాలంటే అక్కడ పడేటట్లుగా ఫిరంగి గొట్టాన్ని అవసరమైన కోణంలో ఎత్తి పేల్చవచ్చు. దానితో 1560 తరవాత యుద్ధంలో రాకెట్ల వాడకం బొత్తిగా మాయమై పోయింది.

2. రాకెట్టు ఎల్లా ఎగురుతుంది?

పక్షి ఎగురుతుంది.

విమానం ఎగురుతుంది.

హైడ్రోజన్‌తో నింపిన రబ్బరుబుడగ ఎగురుతుంది.

ఇవి ఎగరడానికి రాకెట్టు ఎగరడానికి చాలా భేదం ఉంది.

మొదట చెప్పిన మూడూ వాతావరణం ఉండడం వల్లనే ఎగురగలుగుతున్నాయి.

హైడ్రోజన్ వాయువు గాలికన్న తేలిక. కనుక ఆ వాయువుతో నింపిన రబ్బరుబుడగ - నీటిలో ముంచివదిలిన బెండులాగా—పైకి తేలుతూ పోతుంది.

పక్షి అయితే గాలికన్న బరువేకానీ రెక్కలతో గాలిని కిందికి తోయడం వల్లతాను పైకి లేవగలుగుతోంది. ఈతగాడు నీళ్ళను చేతులతోనూ కాళ్ళతోనూ కిందికీ వెనుకకీ తోయడంవల్ల పైకితేలి, ఎదరికి పోవడంలేదూ? పక్షి ఎగరడం కూడా ఇంచుమించు ఇటువంటిదే.

విమానం ప్రొపెల్లరు సాయంతో గాలిని లాక్కొని, వెనక్కి తోయడం వల్ల, ముందుకి పైకి ఎగరగలుతోంది.

మొత్తంమీద పక్షులూ, విమానాలూ, బెలూనులూ పైకి ఎగరడానికి గాలి ఉండడం అత్యవసరం. గాలి లేకపోతే దేనిని తోసుకుని ముందుకి వెడతాయి? శూన్యాకాశంలో ఎగరడం వీటికి వేటికీ చేతకాదు. ఆ పని చేయగలది ఒక్క రాకెట్టుమాత్రమే. ఇంకా మాట్లాడితే గాలి లేకపోతేనే రాకెట్టు బాగా ఎగురుతుంది. వాతావరణం దానికి పట్టి అడ్డంకి మాత్రమే.

భూమిని విడిచిపెట్టి పైపైకి వెళ్ళినకొద్దీ వాతావరణం క్రమ క్రమంగా పలుచనై, ఓ వందమైళ్ళ ఎత్తు దాటేక ఇంక ఇంచు మించు గాలి అనేదే ఉండదు

ఎవరెస్టు శిఖరం ఎత్తు సుమారు 5 మైళ్ళు. ఆ శిఖరాన్ని ఎక్కడానికివెళ్ళే పర్వతా రోహకులు తమతో కూడా ప్రాణవాయువును సిలిండర్లలో పోసి తీసుకు పోతారు; ఏమంటే అంతఎత్తున గాలివత్తిడి సముద్ర మట్టందగ్గరకన్న చాలా తక్కువ ఎంత ప్రయత్నించినా ఊపిరితిత్తులనిండా సరిపడేటంత ప్రాణ వాయువురాదు.

చాలా ఎత్తున ఎగిరివెళ్ళే విమానాల లోపల గాలివత్తిడిని కృతకంగా పెంచుతారు; లేకపోతే అంత తక్కువ వత్తిడిలో మనుషులు నిలబడలేరు. తగినంత ప్రాణవాయువు లేకపోతే స్పృహతప్పి పడిపోవచ్చు.

సుమారు 20 మైళ్ళకన్నా ఎక్కువ ఎత్తుకి హైడ్రోజన్ బుడగలు కూడా ఎగరలేవు అక్కడ పలుచన అయిపోయిన గాలికి ఆ బుడగను పైకి ఎత్తేశక్తి కూడా ఉండదు. విమానాలు ఎగురగల గరిష్టపరిమితి 15 మైళ్ళలోపే.

పైకి వెళ్ళిన కొద్దీ గాలి పలచన అయిపోతుందని ఎరుగని 15వ శతాబ్దపు ఫ్రెంచి గ్రంథకర్త ఒకడు చంద్రలోక ప్రయాణాన్ని వర్ణిస్తూ కథానాయకుడు హంసలు పూన్చిన రథం ఎక్కి ఎగిరి వెళ్ళినట్లు కథ రాశాడు: అర మైలు కన్నా ఎక్కువఎత్తు ఎగురగల పక్షులే లేవని అతడికి తెలియదు. ఎగరడానికి రెక్కలలో బలం ఉండాలే గాని ఎంత ఎత్తుకి అయినా ఎగిరి పోవచ్చుననుకున్నాడు ఆయన.

మరొక రచయిత హైడ్రోజన్ నింపిన బుడగలు శరీరానికి కట్టుకుని వాటి సహాయంతో ఎగిరి చంద్రమండలాన్ని చేరుకున్నట్లు కథ వ్రాశాడు. అటువంటి బుడగలు 20 మైళ్ళకన్నా ఎక్కువ ఎత్తు పోలేవనీ, చంద్రుడు భూమికి రెండున్నర లక్షల మైళ్ళదూరంలో ఉన్నాడనీ ఆయనకి తెలియదు.

పక్షులసాయంతో ఇతరలోకాలకు ఎగిరి వెళ్ళిన కథలు మన దేశంలోనూ ఉన్నాయి కొల్లలుగా. రాజుగారి పెద్దభార్య కొడుకు గండభేరుండ పక్షి రెక్కల మధ్య కూర్చుని "జై పరమేశ్వరా!" అని చంద్రలోకం చేరుకుని, అక్కడి రాజకుమార్తెను పెళ్ళాడి, అర్థరాజ్యమూ, కావడి పెట్టెడు రత్నాలూ మూటగట్టుకుని, కిందికి దిగివచ్చిన కథలు మనమంతా చిన్నతనంలో చెవులుదోర పెట్టుకుని ఎన్నిసార్లు వినలేదూ? పక్షి అంత ఎత్తు ఎగరగలదా అనిగానీ, చంద్రలోకంలో అసలు జీవం ఉన్నదా అనిగానీ, ఒకవేళ ఉన్నా మనలాంటి మనుష్య జాతి అక్కడ ఉన్నదాఅనిగానీ ఆ కథ వింటున్న మనకి సందేహం కలగదు ఆ జ్ఞాన

పద గాథలు మనల్ని మరో ప్రపంచంలోకి మనకి తెలియ కుండానే లాక్కు పోతాయి. అటువంటి ప్రశ్నలువేశావంటే నీ మనస్సు వైజ్ఞానికప్రపంచంలోకి ప్రసరించినట్లు చక్కని చిక్కని జానపద సాహిత్య రంగంలోకి ప్రసరించదని తెలిపోతుంది.

ఇంతకీ చెప్పొచ్చే దేమిటంటే కోట్లకొద్దీ మైళ్ళ దూరాలలో ఉన్న ఇతర గ్రహాలకీ, కోటానకోట్లమైళ్ళ దూరాలలో ఉన్న ఇతర నక్షత్రాలకి హైడ్రోజన్ బుడగలనూ, పక్షులనూ నమ్ముకుని వెళ్ళబోవడం ఎంత హాస్యాస్పదం!

గాలి ఏమీలేని శూన్యప్రదేశంలో ప్రయాణం చేయగల సాధనం మరి ఇంకేముంది? ఆ శక్తిగలది రాకెట్టు తప్ప మరొకటిలేదు.

ఇంతకీ రాకెట్టు అంటే ఏమిటి?

అది ఎల్లా ఎగురుతుంది?

దానికి గాలిఅవసరం ఎందుకులేదు?

దాని ప్రత్యేకత ఏమిటి?

దీపావళినాటిరాత్రి తారాజువ్వను చూడనివాడుండడు. పల్లెటూళ్లలో చీకటి జువ్వలూ, బోడిజువ్వలూ దట్టించి, పోటీలుపడి, ఒకళ్ళ మీద ఒకళ్ళు వదులుకుంటూ, ఇళ్లూ ఒళ్లూ కాల్చుకోవడం తెలుగునాట కనిపిస్తుంది. పేక ముక్కలతో బొటనవేలిలావున గొట్టంలా చుట్టి, పైన జనపనార బిగించి, ఒక వైపునదారంతో సన్నంగా "పీక" నొక్కుతారు. సూరేకారం, గంధకం, బొగ్గు తగిన పాళ్ళలో కలిపిన మందును గట్టిగా గొట్టంలో దట్టించి, బంక మట్టితో వెడల్పుగా ఉన్న గొట్టం రంధ్రాన్ని మూసేస్తారు. ఆ గొట్టానికి సరిగ్గా బేలన్సు అయేలాగ పొడుగు పాటి ఈనెపుల్ల కడతారు. పీకె దగ్గర సిసింద్రీ తగిలిస్తారు. అంతే తారాజువ్వ తయారైంది. సిసింద్రీ కిందికిఉండేటట్లు పట్టుకుని, అడుగునుంచి నిప్పుముట్టిస్తారు. సన్నని పీకెలోనుంచి విసురుగా రవ్వలు చిమ్ముతూ, హోరు పెడుతూ, జువ్వ రివ్వున పైకి ఎగురుతుంది.

తారాజువ్వకీ, రాకెట్టుకీ భేదం ఏమీలేదు. చిన్న సైజులో బాణాసంచాగా ఉపయోగించడానికి కట్టినదానిని తారాజువ్వ అనీ, అవ్వాయిజువ్వ అనీ, ముద్దుగా హ్రస్వంగా జువ్వఅనీ రకరకాలుగా పిలుస్తారు. అదే పెద్దసైజులో కడితే రాకెట్టు అందాం.

ఇక్కడ మరో చమత్కారం ఉంది. తారాజువ్వలలో వాడే మందునే టపాకాయలలోనూ, చక్రకాయలలోనూ, విష్ణుచక్రాలలోనూకూడా వాడుతారు. పాళ్లు మార్చవలసిన పనికూడాలేదు.

ఒకే మందుతో తయారు చేసినప్పటికీ ఈ నాలుగు వస్తువులకీ స్వభావాలు వేరువేరు. టపాకాయ ఢాం అనిపేలుతుంది. తారాజువ్వ పైకి ఎగురుతుంది. చక్రకాయ గిరగిరా తిరుగుతూ తాడిఎత్తు పైకిలేస్తుంది. విష్ణుచక్రం కేవలం గిరగిరా తిరుగుతుంది.

ఒకే మందు ఇన్ని రకాలుగా ఎందుకు ప్రవర్తిస్తోంది? సూరేకారంలో ఉన్న ఆక్సిజన్‌తో కలిసి బొగ్గు, గంధకమూ మండుతాయి. కర్రని పొయ్యిలో పెట్టి కాల్చడానికీ దీనికీ భేదమేమీలేదు గాలిలోఉన్న స్వల్ప ప్రాణవాయువుతో కలిసి బొగ్గు నెమ్మదిగా మండుతుంది పొయ్యిలో కాని సూరేకారం వేడెక్కినప్పుడు బయటికివచ్చే అధికాధికమైన ప్రాణవాయువుతో కలిసి నల్లమందులో ఉన్న గంధకమూ, బొగ్గూ బహువేగంగా మండుతాయి. ఈ రెండింటికీ వేగభేదం తప్ప వేరే తేడా ఏమీలేదు.

ఆ విధంగా మండినప్పుడు ఏం జరుగుతుంది?

కార్బన్‌డై ఆక్సైడు, కార్బన్ - మోనాక్సైడ్, సల్ఫర్ డై ఆక్సైడు, నైట్రోజను వంటి వాయువులు నల్లమందుని నాలుగైదు వందలరెట్ల అధిక పరిమాణంలో అతివేగంగా తయారవుతాయి. ఆ వాయువులు సుమారు రెండు వేల డిగ్రీల వేడిమిలో ఉంటాయి. అంతచిన్నస్థలంలో అంతవేడిలో అంత వాయువు ఇమిడి ఉండడంవల్ల అపారమైన వత్తిడిఏర్పడుతుంది. ఆ వత్తిడిలో బంధింపబడి ఉండడం ఇష్టంలేక ఆ వాయువులు వ్యాకోచించి బయటికి పారి పోవడానికి ప్రయత్నిస్తాయి.

ఇంతవరకూ టపాకాయలకీ, జువ్వలకీ, విష్ణుచక్రాలకీ, చక్రకాయలకీ భేదమేమీలేదు ఆ వాయువులకి బంధ విముక్తికలిగే పద్ధతిలో మాత్రం ఈ నాలుగిటిలోనూ భేదాలు ఉన్నాయి. అందులోనే వాటి స్వభావ వైవిధ్య రహస్యం దాగింది.

వత్తిడిలో ఉన్న వాయువులు బయటికి పోవడానికి దారి ఇద్వారాసరేసరి; లేదా ఆ జైలుగోడలను బద్దలు కొట్టుకుని బయట పడిపోతాయి. టపాకాయలో జరిగేది ఇదే. అన్నివైపులా మూసేసి ఉండడంచేత ఆ వాయువులు బయటికిపోవ

దానికి తగినంత దారిలేక టపాకాయ పేలిపోతుంది. దాని శక్తిముందు తాటాకులూ, కాగితం ముక్కలూ నిలువగలవా? వాయువులు హఠాత్తుగా వ్యాకోచించడం వల్ల శబ్దంవస్తుంది. టపాకాయ వంటిదే బాంబు కూడానూ; సైజుల భేదంతప్ప పద్ధతి అంతా సమానమే.

ఇకపోతే జువ్వలోనూ, చక్రకాయలోనూ; విష్ణుచక్రంలోనూ ఆ వాయువులు బయటికి జారుకోడానికి దారివదులుతారు. ఆ దారి తగినంత లేక పోతే అవి కూడా పేలిపోతాయి. ఆ దారిమరీ పెద్దది అయితే లోపల వత్తిడి అధికంగా ఏర్పడడానికిసావకాశంలేక తుస్సుమని చీదేస్తాయి.

వత్తిడిలో ఉన్న వాయువులు సన్నని ఇరుకుదారిలోనుంచి విసురుగా బయటికి రావడంవల్ల, ఆ వాయుప్రవాహానికి వ్యతిరేకదిశలో "తోపుడుశక్తి" ఏర్పడుతుంది కనుక బయటికివచ్చే నెరుసులకు సరిగ్గా వ్యతిరేకదిశలో అవి కదులుతాయి.

ఆ నెరుసులు కిందికిపోయేలావట్టుకుని వదలితే జువ్వ పైకిపోతుంది. మందు కూరిన గొట్టాన్ని చుట్టలాచుట్టి మధ్యలోతీగముక్కదూర్చి, గిరగిరా తప్ప మరో విధంగా కదలడానికి సావకాశం ఇవ్వని కారణంచేత విష్ణుచక్రం గిరగిరా తిరుగుతుంది. ఆ తిరగడం రవ్వలకు వ్యతిరేకదిశలోనే.

చక్రకాయని తాటాకుతో చేస్తారు. మూడు నాలుగు అంగుళాల పొడవున్న నాలుగురెక్కలు నాలుగువైపులా వదిలి పెడతారు. పక్షిఈక మొదలు కత్తిరించి, దానిలో మందుకూరి సిసింద్రీగాచేసి, ఒక పక్కకి వంపుగా పెడతారు. ఆ సిసింద్రీలోనుంచి వాయువులూ, నెరుసులూ బయటికి వస్తూ ఉంటే వాటికి వ్యతిరేక దిశలో చక్రకాయ కదలాలికదా? సిసింద్రీని కొంచెం ఏటవాలుగా ఉంచడంచేత చక్రకాయ గిరగిరా తిరుగుతుంది. ఇంతవరకూ దీనికీ విష్ణుచక్రానికి భేదంలేదు. కాని విష్ణుచక్రంలాగ చక్రకాయను తీగతో అదిమి ఉంచరు కనుక వేగంగా గిరగిరా తిరగడంవల్ల పైకి గాలిలోకిలేస్తుంది. చక్రకాయ తాలూకు నాలుగు ఆకులూ ప్రొపెల్లరు లాగా పనిచేస్తాయి. నెత్తిమీద గిరగిరా తిరుగుతున్న ప్రొపెల్లరు వల్ల హెలికాప్టరు నిట్టనిలువుగా పైకిలేచినట్లే ఇదీనూ *

---

* గిర గిరా తిరుగుతున్న ఆకులు కలిగిన హెలికాప్టరు, చక్రకాయ వంటి వస్తువులు పైకిలేవడానికి "బెర్నౌలీ సిద్ధాంతం" కారణం. ఈవిషయాన్ని నా "సైన్సులో సరదాలు" అనే పుస్తకంలో వివరంగా చూపించాను.

ఇక్కడ అతి ముఖ్యమైన ఒక విషయాన్ని కావాలనే దాటవేశాను. ఆ సంగతి మీరు గమనించే ఉంటారు.

తారాజువ్వకి అడుగునుంచి వాయువులు బయటికివస్తూఉంటే వాటికి సరిగ్గా వ్యతిరేక దిశలో జువ్వ ప్రయాణం చేస్తుందని చెప్పేనుకదూ? ఆ వాయు ప్రవాహానికి వ్యతిరేక దిశలోనే జువ్వ ఎందుకు కదులుతుంది? జువ్వను పైకి తోస్తున్నది ఏమిటి? అని అడగవచ్చుకదా? అదిగో అక్కడేఉంది అసలు రహస్యం. అదే రాకెట్టుకిప్రాణం.

తారాజువ్వలూ, రాకెట్లూ తయారుచేసే వేలాది పనివాళ్ళ కెవ్వరికీ అవి పైకి ఎందుకు ఎగురుతాయో తెలియదు. ఈ పద్ధతిలో ఇల్లా ఇల్లా నిర్మిస్తే అవి ఎగురుతాయి అని మాత్రమే తెలుసు.

వనోసియో బిరింగూసియో అనే ఇటాలియను ఇంజనీరు 1540లో వ్రాసిన ఒక పుస్తకంలో రాకెట్టుపైకి ఎగరడానికిగల కారణం ఈ విధంగా వ్రాసిఉంది.

"మట్టికంటె పదిరెట్లస్థలం నీరు ఆక్రమిస్తుంది. నీటికన్న పది రెట్లస్థలం గాలి ఆక్రమిస్తుంది. గాలికన్న పదిరెట్లస్థలం మంట ఆక్రమిస్తుంది. మట్టిఅంటే తుపాకి మందే. ఇందులోనే నాలుగుభూతాలూ ఇమిడి ఉన్నాయి. * సూరేకారంతో కలిసి గంధకం మండి, ఆ మంటను బొగ్గుకి అందించడం చేత మంట, గాలి పెరుగుతాయి. మిగిలిన భూతములుకూడా రంగంలోకిదిగి, నువ్వెంత అంటే నువ్వెంత అని తమలోతాము తగవులాడు కుంటాయి. ఆ యుద్ధం తారాస్థాయికి చేరుకుని, మంట, నీరు బలీయమైన గాలిగా మారిపోతాయి. ఆ గాలి అమాంతంగా రాకెట్టును పైకి ఎత్తేస్తుంది."

---

* మన పంచ భూతాలలోనుంచి ఆకాశాన్ని తొలగించి మట్టి, నీరు, గాలి, మంట అనేవి నాలుగు భూతములుగా (ELEMENTS) భావించారు గ్రీకులూ, వారి అడుగుజాడలలోనే నడిచిన యూరోపియనులూనూ. "పిష్టా దష్ట గుణం పయః పయసాదష్టగుణం మాంసం, మాంసాదష్ట గుణం మాషం...." వగైరా సూత్రాలలో ఒకదానికన్న ఒకటి ఎనిమిదిరెట్లు అధికం అనడం హిందువులకు అలవాటు. ఇదినిజంగా కొలిచి చెప్పినమాటకాదు. అల్లాగే పదేసి రెట్లు ఎక్కువ అనడం యూరపులో పూర్వం అలవాటు అని తోస్తుంది.

ఇదీ ఆ నాటికి తెలిసిన వివరణ. ఇది అతడి తప్పుకాదు. రెండువేల ఏళ్ళు కావస్తున్నా అరిస్టాటిల్‌గారి ప్రభావంనుంచి దాటి మానవ మేధస్సు బయట పడ లేకపోయింది. బిరింగూసియో తాను చూచిన విషయాన్ని బాగానే వర్ణించాడు. తారాజువ్వ అడుగునుంచి మాంచి వేగంగా వేడిగాలి నెరసులను గెంటుకుంటూ బయటికి రావడం కనిపిస్తూనేఉంది. ఆ వేడిగాలి విసురువల్లనే రాకెట్టు ఎగురుతోంది అని అర్థం అవుతోంది. అయితే నెరుసులు కిందినుంచి వస్తూఉంటే రాకెట్టు పైకిపోవడం అర్థంకాలేదు ఎవరికీనూ. దానికి జవాబు చెప్పగల అద్భుతమైన మేధస్సు మరోశతాబ్దం తరవాతగాని భూమిమీద ప్రభవించనేలేదు. దానిని సాధించిన మనిషి "ఐజాక్ న్యూటన్" అనే ఒక్క వలచని మనిషి. భౌతికవిజ్ఞానశాస్త్ర పితామహునిగా వైజ్ఞానికలోకం ఆయనని గౌరవించింది.

క్రియ - ప్రతిక్రియ

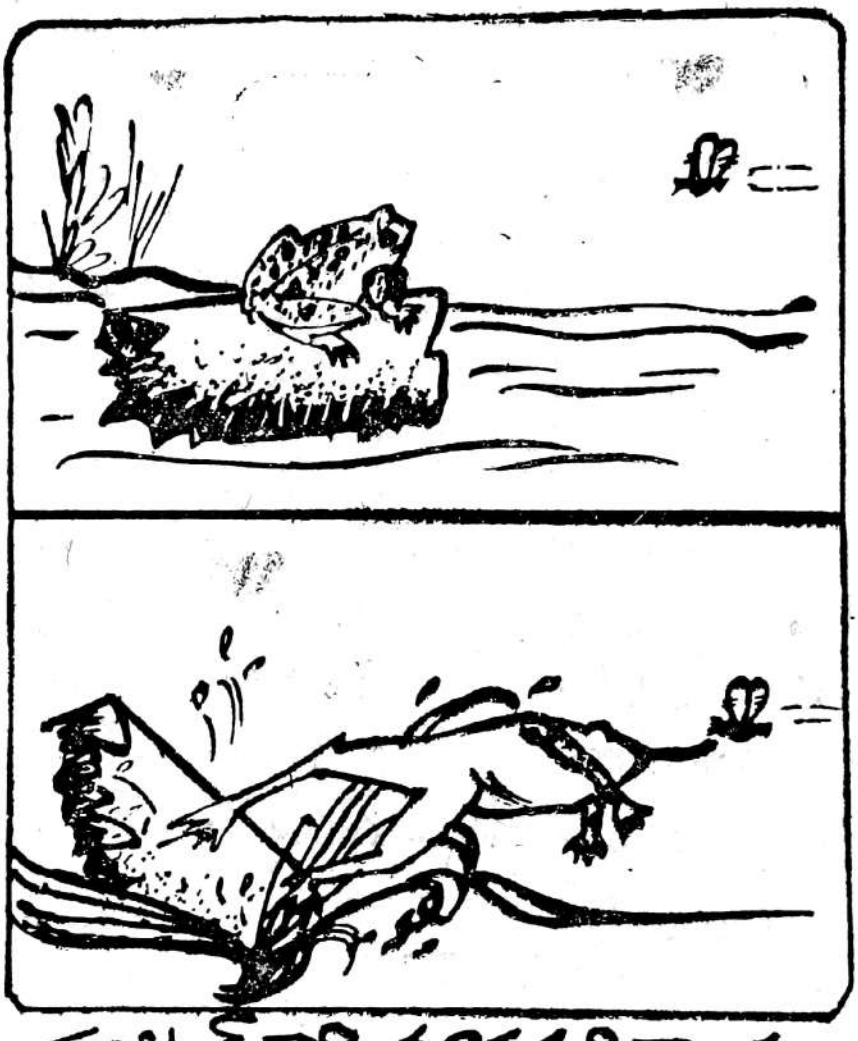
ప్రపంచంలో అనునిత్యమూ జరిగిపోయే వస్తువుల కదలికలు, వేగాలు, వాటిమీద పనిచేసే శక్తులు.........అన్నీ పరిశీలించి, అన్నిటినీ కలిపి "కట్టె-కొట్టె-తెచ్చె" అన్నట్లు మూడేమూడు పొడి పొడి మాటలలో తేల్చేశాడు న్యూటన్. ఆ మూడు సూత్రాలూ ఆధునిక భౌతికవిజ్ఞానశాస్త్ర మహాసౌధానికి మూలస్తంభాలు అయాయి. ఆ సూత్ర నిర్వచనంతో అంతవరకూ ఒకదానికొకటి సంబంధం లేనట్లు పరమ గందరగోళంగా ఉంటూ వచ్చిన గ్రహోపగ్రహాదుల గమనాలు అరిటిపండు ఒలిచి చేతిలో పెట్టినంత సులభగ్రాహ్యాలు అయాయి. అవి విజ్ఞాన శాస్త్రగతినే మార్చివేశాయి. ఆ సూత్రాలలో మూడవదే ఇప్పుడు మన రాకెట్టు కథకు కావలసినది.

"ప్రతిఒక్క క్రియకూ ప్రతిక్రియ అనేది ఎప్పుడూ ఉంటుంది. క్రియ, ప్రతిక్రియ ఒకదానికొకటి సరిసమానంగాఉండి, పరస్పర వ్యతిరేక దిశలతో పని చేస్తాయి."

ఇదే న్యూటన్ చెప్పిన మూడవసూత్రం. చూస్తేదీనికీ రాకెట్టు ఎగరడానికీ సంబంధం ఏమిటనిపిస్తుంది. కానీ, ఉన్నదంతా సంబంధమే. ఆ సంబంధమేమిటో తెలుసుకోవడం రాకెట్టు అవగాహనకు చాలా అవసరం.

పిడికిలి బిగించి ఒల్లమీద గుద్దేవంటే బల్ల నీ పిడికిలిని సరిగ్గా అంతే శక్తితో నిరోధిస్తుంది. కనుకనే నీ చేతికి నొప్పిపుడుతుంది. ఇందులో నువ్వు

బల్లను కొట్టడం క్రియ (**ACTION**). బల్ల నీ చేతిని నిరోధించడం ప్రతిక్రియ (**REACTION**). ఈ రెండూ సరిసమానమూ, పరస్పర వ్యతిరేకమూ అని చెబుతుంది ఈ సూత్రం. ఆ ప్రతిక్రియే లేకపోతే నీ పిడికిలి బల్లను చీల్చుకుని వెళ్ళిపోయి ఉండేది:



న్యూటన్ గారి మూడవ సిద్ధాంతం

చెరువు నీళ్లల్లో బల్లచెక్క తేలుతోంది. దాని మీద ఒక కప్ప కుదురుగా కూర్చునిఉంది. అంతలో దానికి దగ్గరలో ఒక పురుగు ఎగురుతూ కనిపించింది. కప్ప తపస్సు చాలించి, చటుక్కున ఎగిరి, ఆ పురుగును నాలికతో అందుకుంది. కప్ప ఎగరగానే ఆ బల్ల చెక్క వెనక్కి తూలిపోయింది.

ఇక్కడ ఒక ధర్మసందేహం. ఆ బల్ల చెక్క వెనక్కి ఎందుకు జరిగిపోయింది? కప్ప తన కాళ్ళతో వెనక్కితోసిందికనుకనా? తోయకుండా జాగ్రత్తగా ఎగిరితే ఏమవుతుంది? బల్లకదలకుండా కప్ప అక్కడి నుంచి ఎగ

రడం అసాధ్యం! కప్ప ఎగరాలంటే కాళ్ళతో బల్లను వెనక్కి తోసితీరాలి. అప్పుడు బల్లకూడా కప్పను సరిగ్గా అంతే శక్తితో ముందుకి తోస్తుంది. కనుక కప్ప ముందుకీ, బల్ల వెనక్కి జరుగుతాయి. ఇందులో కప్పబల్లని వెనక్కి తన్నడం క్రియ. బల్ల కప్పను ముందుకు నెట్టడం ప్రతిక్రియ. ఈ క్రియా, ప్రతిక్రియా ఒకదానికొకటి సమానమూ, పరస్పరవ్యతిరేకమూ అంటుంది న్యూటన్‌గారి సూత్రం.

అయితే ఆ బల్ల ఎంత వేగంగా వెనక్కి కదులుతుంది? కప్ప ఎక్కువ బలంగా తన్నితే బల్ల ఎక్కువ వేగంగా కదులుతుంది. బల్ల చిన్నదైతే ఎక్కువ వేగంగానూ, పెద్దది అయినకొద్దీ తక్కువ వేగంగానూ కదులుతుంది.

అనుభవం వల్ల ప్రతివారికీ తెలిసిన ఈ విషయాలు అన్నీ న్యూటన్‌గారి సూత్రంలోనే ఇమిడి ఉన్నాయి. ఎక్కువ వేగం, తక్కువవేగం అని కాక సరిగ్గా ఇంత వేగంతో బల్లకదులుతుంది అని నిర్ణయించడానికికూడా ఆ సూత్రమే తోడుపడుతుంది. ఆ సూత్రం ప్రకారం కప్పబరువు $\times$ కప్పవేగము $=$ బల్ల బరువు $\times$ బల్లవేగము.

ఉదాహరణకి : కప్పబరువు $=$ 100 గ్రాములు

కప్ప వేగము $=$ సెకనుకి 100 సెం. మీ.

బల్లబరువు $=$ 200 గ్రాములు అనుకుంటే.

$$\text{బల్లవేగము} = \frac{\text{కప్ప బరువు} \times \text{కప్పవేగము}}{\text{బల్ల బరువు}}$$

$$= \frac{100 \times 100}{200} = \text{సెకనుకి } 50 \text{ సెం. మీ.}$$

బల్ల బరువు 1000 గ్రాములు అయితే, దాని వేగం$= \dfrac{100 \times 100}{1000}$

$=$ సెకనుకి 10 సెం. మీ.

అది టన్ను (1000,000 గ్రా) బరువున్న పెద్ద దుంగమీద కూర్చుని ఎగిరితే, అప్పుడా దుంగ వెనక్కి కదిలే వేగం $= \dfrac{100 \times 100}{1000{,}000} =$ సెకనుకి సెం. మీ. లో వందవ వంతు.

దుంగ కదలికను నీళ్ళు నిరోధించడం వల్ల దుంగ అసలు కదిలినట్లే కనిపించదు.

నేలమీద నిలుచున్న దోమ పైకి ఎగిరితే ప్రతిక్రియవల్ల భూగోళం వెనక్కి కదలవలసిందే. దోమబరువు, దోమవేగము, భూమిబరువు తెలిస్తే భూమి ఎంత వేగంగా వెనక్కి కదిలేదీ లెక్కవేయవచ్చు ఈ సూత్రాన్ని ఉపయోగించి.

సైనికులందరికీ అనుభవంలో ఉన్న విషయం ఒకటి ఉంది. ఫిరంగిలో మందూ గుండూ దట్టించి, నిప్పు ముట్టిస్తే పెద్ద చప్పుడుతో మందు పేలుతుంది. గుండు ఫిరంగి గొట్టంలోనుంచి బయటికి బహువేగంగా దూసుకుపోతుంది. అంతేకాదు, ఫిరంగి వెనక్కి దొర్లుతుంది! దీనిని సైనిక పరిభాషలో రీ కోయిల్ (**RECOIL**, వెనుక తోపుడు) అంటారు. ఇదే మనం చెప్పుకుంటున్న ప్రతిక్రియ. గుండును ఎదరకి విసిరిన శక్తికి సరిసమానమూ వ్యతిరేకమూ అయిన ప్రతిశక్తి ఫిరంగిని వెనక్కి గెంటుతుంది. ఫిరంగి వెనక్కి కదలకుండా గుండు ముందరికి వెళ్ళదు.*

తుపాకి పేల్చేటప్పుడు జాగ్రత్తగా ఉండకపోతే ప్రతిక్రియవల్ల వెనక్కి జరిగే తుపాకి మడమ సిపాయి బుజానికో, మొగానికో తగిలే ప్రమాదం ఉంది.

ఇందులో తుపాకీని వెనక్కి తోసినది ఏది? ముందుకు పోతున్న తుపాకి గుండు కాదు సుమా! గుండును ముందుకు తోసినదీ, తుపాకిని వెనక్కి తోసినదీ కూడా మొట్టమొదటి పేలుడే. ఒకదాని తరవాత ఒకటిగా ఆపకుండా గుళ్ళను-మెషిన్‌గన్‌లో లాగ-పేలుస్తూపోతే, నిరోధించేది ఏదీలేకపోతే, తుపాకి వెనుకకి అంతకంతకు అధిక వేగంతో ప్రయాణం చేస్తుంది.

అచ్చంగా రాకెట్టు ఇల్లాగే పని చేస్తుంది. తుపాకియే రాకెట్టు. గుళ్లే రాకెట్టు లోనుంచి బయటికి వచ్చే వాయువులు, ఆ వాయుప్రవాహానికి వ్యతిరేకదిశలో

---

* వెనుక తోపుడు లేని ఫిరంగులు (**RECOILLESS GUNS**) అనేవి ఉన్నాయి కదా అంటారేమో. వాటిలో వెనుక తోపుడు ఉండదని కాదు. ఫిరంగి వెనక్కి కదలకుండా రీకోయిల్ వల్ల బలమైన స్ప్రింగులు మాత్రం నొక్కుకునేటట్లు అమరుస్తారు.

రాకెట్టు కదులుతుంది. బయటికి వచ్చే వాయువుల వేగం హెచ్చితే రాకెట్టువేగం కూడా పెరుగుతుంది.

న్యూటన్‌గారి ప్రతి క్రియా సూత్రాన్ని తడవకుండానే రాకెట్టు గమనాన్ని అర్థం చేసుకోవచ్చు. మాట వరసకి లోపల తుపాకీ మందు ఉన్న అన్ని వైపులా మూసి ఉన్న ఇనుప గోళం ఒకటి ఉంది అనుకో. అందులోని మందు పేలింది అనుకో. ఆ పేలుడు శక్తి గోళంలోపల అన్ని దిశలలోనూ సమానంగా ఉంటుంది. ఉదాహరణకి పైకి గెంటే శక్తి, కిందికి తోసే శక్తికి సరిగ్గా సమానం; కుడివైపుకితోసేశక్తి ఎడమవైపుకుగెంటే శక్తికి సమానం. ఈ విధంగా గోళంలోపల ఎక్కడ చూసినా దానికి వ్యతిరేక దిశలో తోసే శక్తి ఉంటూనే ఉంటుంది. కనుక అది పేలుడుకి తట్టుకోగల బలిష్ఠమైన పాత్ర అయినట్లయితే అది ఉన్న చోటనే స్థిరంగా ఉంటుంది.

ఇప్పుడు ఆ గోళానికి అడుగున ఒక చిన్న రంధ్రం చేస్తే పరిస్థితి అంతా మారిపోతుంది. ఆ రంధ్రంలో నుంచి విసురుగా గాలి బయటికి వచ్చేస్తుంది. ఆ రంధ్రం ఉన్న ఒక్క చోటా మినహాగా లోపల మిగిలిన అన్ని వైపులా గాలి బయటికి గెంటుతూనే ఉంటుంది పాత్రని. ఆ రంధ్రానికి సరిగ్గా పై భాగాన పాత్రని పైకి గెంటే గాలి వత్తిడికి జవాబుగా కింద వత్తిడి ఉండదు. రంధ్రానికి పై భాగాన తప్ప మిగిలిన అన్నిచోట్లా గాలివత్తిడి బేలన్సు అవుతూనే ఉంటుంది. కనుక బేలన్సు కాకుండా మిగిలిపోయిన గాలి వత్తిడి గోళాన్ని పైకి గెంటుతుంది. ఆ తోపుడుశక్తి పాత్రబరువుకన్నా అధికంగా ఉంటే పాత్ర పైకి లేస్తుంది.

ఈ విధంగా బహిర్గత వాయు ప్రవాహానికి వ్యతిరేక దిశలో రాకెట్టు కదులుతుంది.

రాకెట్టు శూన్యప్రదేశంలో ఎల్లా ఎగురుతుంది?

ఏ వస్తువైనా మండడానికి ఆక్సిజన్ అవసరం. భూ వాతావరణంలో సుమారు 20% ఆక్సిజన్. దానిని ఉపయోగించుకుని బొగ్గు, నూనె వగైరాలను మండించగలుగుతున్నాం. ఎగురుతున్న విమానంలో పెట్రోలు మండడానికి అవసరమైన ఆక్సిజన్ గాలిలో నుంచే వస్తుంది. కనుక గాలిలేనిచోట ఈ యంత్రాలేవీ పని చెయ్యవు. కాని రాకెట్టులో కూరిన మందు మండడానికి గాలిలోని ఆక్సి

జన్ అవసరంలేదు. దానికి కావలసిన ఆక్సిజన్ ఆ మందులో ఒక భాగమైన సూరేకారం (KNO_3) అణువులలోనే నిక్షిప్తమైఉంది. సిసింద్రీ మంటవల్ల వేడెక్కిన సూరేకారం నుంచి ఆక్సిజన్ విడుదల అయి, గంధకాన్నీ, బొగ్గునూ మండించగలుగుతుంది.

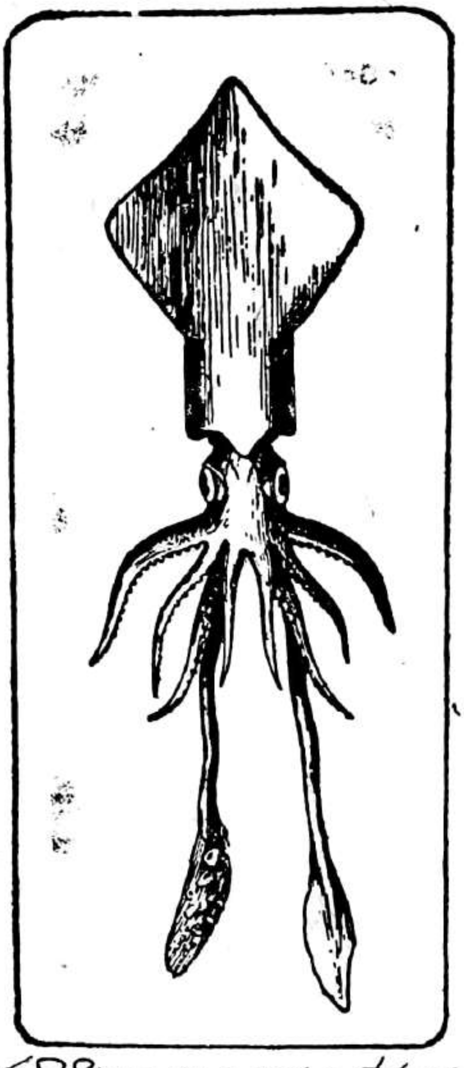
గాలిలేని చోట రాకెట్టు ఎగరగలగడానికి ఇది ఒక్కటే కారణం కాదు.

ప్రాణవాయువును సిలిండర్లలో తీసుకుపోయి విమాన యంత్రాన్ని గాలిలేని చోట నడిపించ వచ్చునేగాని, గాలిలేనిచోట విమానాన్ని ఎగిరించడం మాత్రం సాధ్యం కాదు. ఏమంటే, పక్షిఎగరడానికి గాలిఎల్లా అవసరమో, విమానానికి కూడా గాలిఅల్లాగే అవసరం. ప్రొపెల్లరు తనవైపుగా లాక్కునే గాలి ప్రవాహంలో రెక్కల పైభాగంలో తక్కువ వొత్తిడి, రెక్కలకింద ఎక్కువ వత్తిడి ఏర్పడడం వల్ల విమానం పైకిలేస్తుంది. గాలిలేనిచోట ప్రొపెల్లరు ఎంతతిరిగినా విమానం ఎగరదు.

కాని, రాకెట్టుపద్ధతివేరు. అది ఎగర గలగడానికి చుట్టూఉన్న గాలి కారణంకాదు. దానిలోపల కూరినమందు కాలడంవల్ల ఏర్పడ్డ ఉష్ణవాయులు నాజిలులోనుంచి బయటికిపోతూ ఉండడం చేత ప్రతిక్రియవల్ల ఆ వాయుప్రవాహానికి వ్యతిరేకదిశలో రాకెట్టు కదులుతుంది. ప్రతిక్రియాశక్తి ఏర్పడడానికి వాతావరణం అక్కరలేదు నిజానికి వాతావరణం రాకెట్టు 'గమనానికి అడ్డంకి అవుతుందికూడానూ. గాలిలేకపోతే రాకెట్టు నిర్నిరోధంగా ఇంకాబాగా ఎగురుతుంది. ఈ కారణం చేత శూన్యాకాశంలో ప్రయాణం చేయగల సాధనం రాకెట్టు మాత్రమే.

తాను కాబట్టి ఇంత గొప్ప రాకెట్టు అనే సాధనాన్ని కనిపెట్టగలిగేనని మానవుడు గర్వింపవలసినదేమీలేదు. మనిషి ఈ భూమిమీద అవతరించక మునుపే, అనేక కోట్ల సంవత్సరాలుగా ఈ ప్రతి క్రియాసూత్రాన్ని ఉపయోగించుకుని ప్రయాణం చేస్తున్న జంతువు ఒకటిఉంది. అది అట్లాంటిక్, మధ్యధరా సముద్రాలలో ఉంటుంది. "ఆక్టోపస్" అనబడే ఎనిమిదికాళ్ల జంతువుకి ఇది

స్వెయానా పెత్తల్లి కూతురు. ఇది "లోలిగో" అనబడే "స్క్వ్యిడ్" జాతిలోనిది. దీనికి ఎనమిదికాళ్లు, రెండు పొడుగుపాటి చేతులు, వాటిమధ్యలో నీరుపీల్చుకుని ఉఫ్‌మనీ బయటికి వేగంగా చిమ్మగల గొట్టాలు ఉన్నాయి. ప్రతిక్రియవల్ల



ప్రతిక్రియను ఆధారం చేసుకుని
కదిలే స్క్విడ్ జాతి జలజీవి

ఆనీటిధారకు వ్యతిరేక దిశలో కదులుతుంది. ఈ విధంగా నీటినివిడుస్తూ ఈ జంతువు బహువేగంగా ప్రయాణం చేస్తుంది. (ప్రక్క పేజీలో బొమ్మ)

3. రాకెట్ల పునర్జన్మ

ఫిరంగులతో పోటీచేయలేని కారణంచేత రాకెట్లను 1560 తరువాత యుద్ధాలలో వాడడం మానేశారు. అవిఎంతోదూరం వెళ్లేవికావు. వెళ్లినా గురిచూచి వదిలినదిశలో ముక్కుకి సూటిగా ప్రయాణం చెయ్యక మరోవైపుగా పోయేవి.

250 ఏళ్లపాటు అజ్ఞాతవాసంచేసి, మళ్లీ 18వ శతాబ్దపు చివరి రోజులలో రాకెట్లు యుద్ధరంగంలో హఠాత్తుగా దర్శనమిచ్చాయి.దానికి కారణం భారత దేశంలో మైసూరును పాలించిన హైదరాలీ, టిప్పుసుల్తానులు కావడం ఒక విశేషం.

ఈస్టిండియా కంపెనీ పరిపాలనకు పూర్తిగా లోబడక ఎదురుతిరిగిన వారిలో హైదరాలీ ముఖ్యుడు. 1780అక్టోబరు లో హైదరాలీ 80,000 సైన్యంతో మదరాసు పొలిమేరలదాకవెళ్లి, కల్నల్ బెయిలీని ఓడించి, ఆర్కాటును వశపరుచుకున్న సందర్భంలో బ్రిటిష్.....అశ్విక సైన్యాన్ని అతడు ప్రయోగించిన రాకెట్లు చిందరవందర చేసినట్లు 1789లో ఇన్నెస్ మన్రో వ్రాసిన Military Operations on the Coromandal Coast అనే పుస్తకంలో ఉంది.

అనాటికి ఇంగ్లండులో రాకెట్లను బాణాసంచాకోసం మాత్రమే వాడుతూ ఉండేవారు. యుద్ధంలో రాకెట్లను ఉపయోగించడం మానేసి చాలాకాలమైంది. మొత్తంమీద వారికి తెలిసిన రాకెట్లకన్న హైదరాలీ రాకెట్లు చాలా పెద్దవి. అట్టగొట్టానికిబదులు ఇనుపగొట్టంలో మందు దట్టించేవారు. వాటిబరువు 6 నుంచి 12 పౌనులవరకూ ఉండేది. పదిపదిహేను అడుగుల పొడుగున్న వెదురు బొంగులను వాటికికట్టేవారు. అవి మైలు-మైలున్నర దూరందాకా ఎగిరివెళ్లేవి. వాటిసూటిఅంత బాగాఉండేది కాదుగానీ అధికసంఖ్యలో ప్రయోగించడం చేత బ్రిటిష్ సైన్యానికి పెద్దనష్టమే కలిగించగలిగేయి. హైదరాలీదగ్గర రాకెట్లను ప్రయోగించగల సిపాయీలు 1200 మంది ఉండేవారు.

ఈ కొత్త ఆయుధం బాగా పని చేయడంతో హైదరాలీ కొడుకైన టిప్పుసుల్తాను తన రాకెట్టు దళాన్ని 5000 కి పెంచేడు. 1799 మే నెలలో జనరల్ హారిస్ నాయకత్వం కింద బ్రిటిష్ సైన్యాలు శ్రీరంగపట్టణాన్ని ముట్టడించినప్పుడు సుల్తాను సైనికులు కురిపించిన రాకెట్ల వర్షం వల్ల బ్రిటిషు

సైన్యాలు బాగా నష్టపడ్డాయి. ఒకే ఒక రాకెట్టు ముగ్గుర్ని చంపిందనీ, నలుగుర్ని గాయ పరిచిందనీ స్వయంగా చూసిన కల్నల్ గెరార్డ్ వ్రాశాడు. ఆ యుద్ధంలో టిప్పుసుల్తాను చనిపోయాడు. అది వేరే కథ.

మైసూరు నవాబులకు రాకెట్లను తయారుచేసిపెట్టిన మిలిటరీ ఇంజనీరు ఎవరో తెలియదు. కనీసం రాకెట్లను వాళ్ళు ఏ పేరుతో పిలిచేవారో కూడా తెలియడంలేదు.

వెనుకబడ్డ ఇండియాలో, ఒక మారుమూల సంస్థానాధీశుడు రాకెట్లను విజయవంతంగా ప్రయోగించి, బ్రిటిష్ సైన్యాన్ని అల్లకల్లోలపరిచాడన్న వార్త కారుచిచ్చులా యూరపు అంతా పాకిపోయింది. ఉన్నట్లుండి అందరికీ రాకెట్ల మీద కుతూహలం పెరిగింది.

కాంగ్రీవ్ రాకెట్లు

ఆ సమయంలో విలియం కాంగ్రీవ్ అనే 29 ఏళ్ళ బ్రిటిష్ యువకుడు (1772-1828) రాకెట్లను మారణాయుధాలుగా తీర్చిదిద్దడానికి నడుము కట్టేడు. ఆ పని చెయ్యవలసిందని బ్రిటిష్ ప్రభుత్వం అతడిని కోరలేదు. అయినాసరే ముందర స్వంత డబ్బు ఖర్చుపెట్టి, బజారులో దొరికే బాణాసంచా రాకెట్లతో 1801 లో ప్రయోగాలు మొదలు పెట్టేడు. అవి అయిదారు వందల గజాల కన్న ఎక్కువ దూరం పోయేవి కావు. మైలున్నర దూరందాకా పోగలిగిన ఇండియన్ రాకెట్లముందు అవి నాసిగా కనబడుతూనే ఉన్నాయి. శ్రీరంగపట్టణ యుద్ధాలలో ప్రయోగింపబడ్డ రాకెట్లను గురించి అతడు విన్నాడు. చదివేడు. రాయల్ లేబొరేటరీకి కంట్రోలరుగా ఉంటున్న తన తండ్రి (లెఫ్టినెంట్ జనరల్ సర్ విలియం కాంగ్రీవ్) సహాయంతో ఆ లేబరేటరీలు, ఫైరింగ్ రేంజన్నూ తన ప్రయోగాల నిమిత్తం వాడుకోడానికి అనుమతి సంపాదించగలిగేడు.

బ్రిటిష్ రాకెట్లలో వాడిన మందు బలహీనంగా ఉంది అనీ, అందుచేతనే అవి ఎక్కువ దూరం ఎగరలేకుండా ఉన్నాయి అనీ గ్రహించి, మందును శక్తివంతంగా చేయడానికి పూనుకున్నాడు. శుభ్రమైన పొటాషియం నైట్రేటును ఉపయోగించడమూ, పాళ్ళను రసాయన శాస్త్రరీత్యా నిర్ణయించడమూ, దారి చూపే కర్రను రకరకాలుగా మార్చి చూడడమూ వంటి ప్రయోగాలతో 1804

నాటికి 3000 గజాల దూరం దాకా వెళ్లే రాకెట్లను నిర్మించగలిగేడు. $40\frac{1}{2}$ అంగుళాల పొడవు, $3\frac{1}{2}$ అంగుళాల వ్యాసము కలిగిన కాంగ్రీవ్ రాకెట్లపై తొడుగు ఇనుపరేకుతో చేసినది. దానికి అంటగట్టిన కర్ర పొడుగు 16 అడుగులు. దాని ఖరువు 32 పౌనులు.

1805 లో ప్రిన్స్ రీజెంట్ సమక్షంలో తన రాకెట్లను ప్రదర్శించి, బొలోగ్నే రేపు పట్టణం మీదకు యుద్ధానికి వెళ్ళబోతున్న నౌకాదళంలో తన రాకెట్టుదళం కూడా ఉండేటట్లు ఏర్పాటు చేయించుకున్నాడు. ఆ యుద్ధంలో తన రాకెట్లు ఎల్లా పోతాయో స్వయంగా చూచుకోడానికి కాంగ్రీవ్‌ని కూడా నౌకా సైన్యంతోబాటు వెళ్ళనిచ్చారు. దాని ఫలితం ఏమైందో సరిగ్గా తెలియ

సర్ విలియం కాంగ్రీవ్
1772-1828

రావడంలేదు. వాతావరణం బాగా లేని కారణం చేత రాకెట్లను ప్రయోగించనే లేదని ఒక వెర్షన్. కాదు, 200 రాకెట్లను ప్రయోగించారనీ, అవి రెండు మూడు ఇళ్ళను కొద్దిగా పాడుచెయ్యడం తప్ప మరివేమీ చేయలేకపోయాయి అనీ, కిందబడ్డ రాకెట్టు గుల్లలను వీధుల వెంట ఈడ్చుకెళ్తూ ఫ్రెంచి సిపాయిలు బందబూతులు తిట్టేరని మరొక వెర్షన్.

బహుశా రెండు వార్తలూ నిజమే అయి ఉండవచ్చు. రాకెట్ల ప్రయోగం మొదలుపెట్టి, వాతావరణం బాగులేదని మానివేసి ఉండవచ్చు. (ఎదురుగాలిలో రాకెట్టును వదిలితే అది వెనక్కి తిరిగివచ్చే ప్రమాదం ఉంది). లేకపోతే వేల సంఖ్యలో కాల్చవలసి ఉండగా కేవలం 200రాకెట్లు మాత్రమే కాల్చడమేమిటి?

1806 అక్టోబరులో అదే బొలోగ్నే పట్టణం బ్రిటిష్ సైనికులు పడవల మీదనుంచి పంపిన రాకెట్ల వర్షంతో నేలమట్టమైపోయింది.

1807 లో 2500 రాకెట్లను ప్రయోగించి కోపెన్ హాగన్ పట్టణాన్ని పరశురామప్రీతి చేసేయి. బ్రిటిష్ సైన్యాలు 1807 లో వాల్ చెరెన్ అనే దచ్చి దీవి మీద నౌకాయుద్ధంలోనూ, 1809 లో ఫ్లషింగ్ ముట్టడిలోనూ కాంగ్రీవ్ రాకెట్లది అగ్రస్థానం. రీకోయిల్ లేకపోవడం చేత ఈ రాకెట్లను చిన్న చిన్న పడవలలో ఒడ్డుకి చేరువగా తీసుకుపోయి ప్రయోగించవచ్చు. వాటిని ప్రయోగించడానికి భారీ ఎత్తు ప్రయత్నాలు అక్కరలేదు. తేలికైన రాగి గొట్టాలలో పెట్టి పేల్చవచ్చు. ఈ కారణాల వల్ల ఇవి చాలా పాప్యులర్ అయాయి.

1813 అక్టోబరులో నెపోలియన్ ఓటమికి కారణమైన లైప్‌జిహ్ యుద్ధంలో కాంగ్రీవ్ రాకెట్లది చాలా ప్రముఖమైన పాత్ర. రాకెట్టు దళానికి నాయకత్వం వహించిన కెప్టెన్ బోగ్ అయితే చనిపోయాడు కానీ, కాంగ్రీవ్‌కి చాలా బిరుదులు లభించాయి. అతడు ప్రపంచ ప్రసిద్ధుడయాడు.

రాకెట్టు ఫిరంగిని తొలగిస్తుందా?

రాకెట్టు మొత్తానికి స్థిరపడింది. కాంగ్రీవ్ రాకెట్లు చాలా ఖర్చుతో కూడినవని అతణ్ణి వ్యతిరేకించిన సైనికాధికారులు లేకపోలేదు. తన రాకెట్లు ఎప్పటికైనా ఫిరంగులను తోసిరాజు అనగలవని కాంగ్రీవ్‌కి గట్టి నమ్మకం. తన 32 పౌనుల రాకెట్టునీ, 0 అంగుళాల ఫిరంగినీ పోలుస్తూ ఇల్లా అన్నాడు కాంగ్రీవ్ ఆనాటి ఖరీదుల వివరాలు ఇస్తూ.

మొత్తం ఒక కాంగ్రేవ్ రాకెట్టుకి అయే ఖర్చు = 21 షి. 11 పె.
పది అంగుళాల ఫిరంగి గుండుకి, మందుకి
అయే ఖర్చు (ఫిరంగి ఖర్చు చూసుకోకపోతే) = 22 షి. 7 పె.

రెండింటిలోనూ కూడా 7 పౌనుల పేలుడు మందు ఉంటుంది కనుక శత్రు సంహార విషయంలో రెండూ సమానమే. ఫిరంగి గుండు 2000 గజాల దూరం వెడితే, రాకెట్టు 3000 గజాల దూరం పోతుంది.

ఒకచోటునుంచి మరొకచోటికి మోసుకుపోవాలంటే రాకెట్టుకున్న సౌకర్యంతో ఫిరంగిని పోల్చడానికే వేలులేదు.

ఫిరంగిని తక్కువ అంచనా వేయడంలో కాంగ్రీవ్ పొరబడ్డాడు. గత 200 ఏళ్ళుగా అభివృద్ధి చెందకుండా ఉండిపోయిన అనాటి ఫిరంగులతో పోల్చి తన రాకెట్లు చాలా గొప్పవని అనుకున్నాడు. ముందుముందు ఫిరంగులు చాలా అభివృద్ధి చెందుతాయని అతడు ఊహించలేకపోయాడు.

దారి చూపే కర్ర

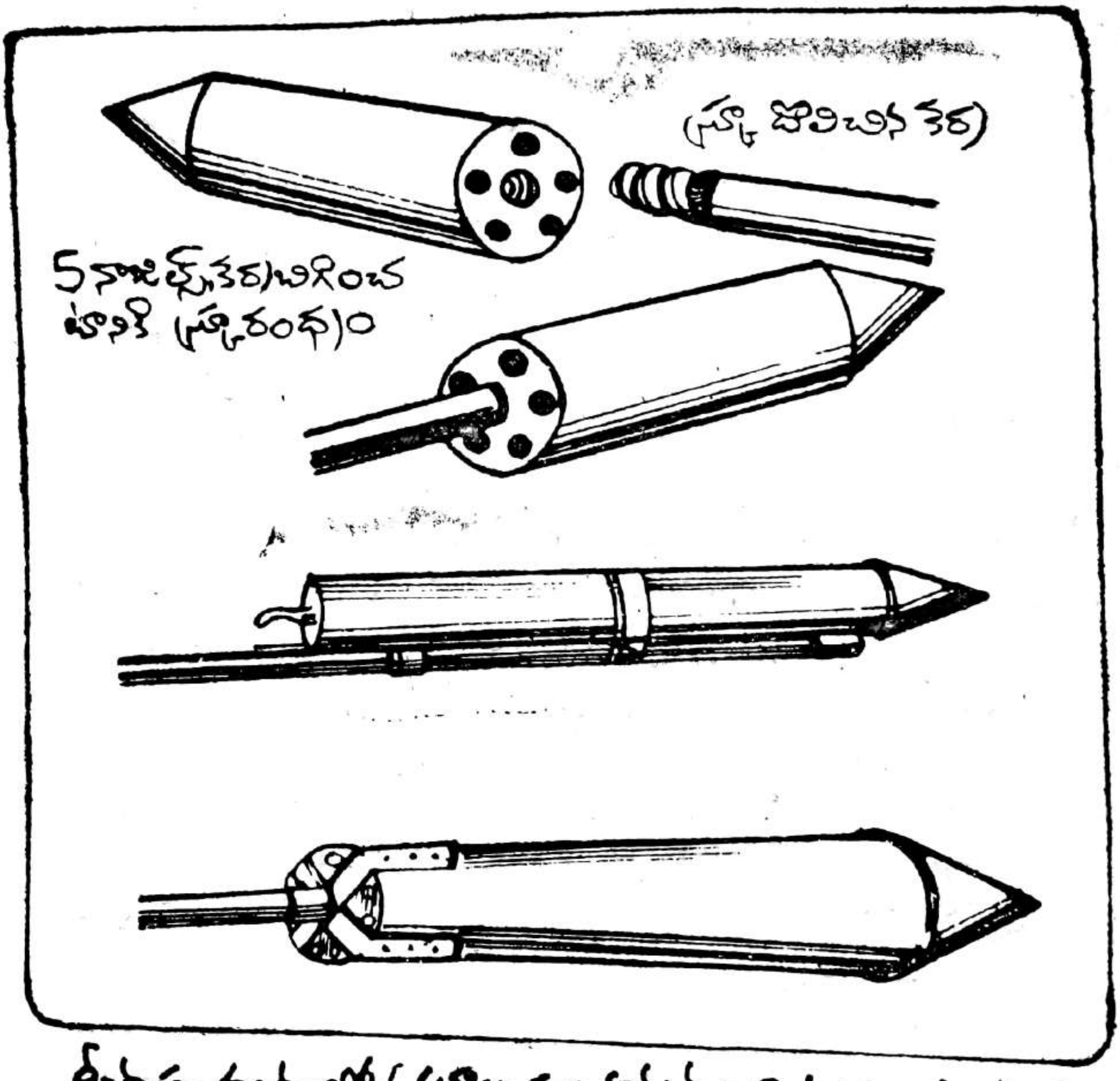
రాకెట్టు సైజు పెరిగిన కొద్దీ దానికి తగిలించవలసిన కర్ర పొడవుకూడా పెంచాలని కాంగ్రీవ్ గ్రహించాడు. ఈ కర్రని రాకెట్టు గొట్టానికి వెలువల కట్టడంచేత ఈ పెద్ద పెద్ద రాకెట్లు సరిగ్గా బేలన్సుకావు. పైగా అంతలేసి కర్రలు కట్టిన రాకెట్లను మోసుకువెళ్ళడమూ కష్టమే.

ఈ ఇబ్బందులను తొలగించడానికి 1813 లో కాంగ్రీవ్ ఒక ముఖ్యమైన మార్పుచేశాడు. కర్రకి బదులు పొడుగుపాటి ఇనుపకడ్డీని ఉపయోగించాడు. దానిని రాకెట్టు గొట్టానికి వెలువల కట్టడానికి బదులు రాకెట్టు పీఠానికి మధ్యలో బిగించాడు. ఆ ఇనుప కడ్డీకి చివర స్క్రూలాగా తయారుచేసి దానిని రాకెట్టు పీఠానికి అవసరమైనప్పుడు బిగించేటట్లు, అక్కరలేనప్పుడు స్క్రూవిప్పి వేరుగా పెట్టుకునేటట్లు ఏర్పాటుచేశాడు. దానితో మోత సులువు అయింది.

కానీ, రాకెట్టు పీఠానికి మధ్యలో ఉంటూ వచ్చిన నాజిలు స్థానంలో ఇనుప కడ్డీని దూర్చడంచేత, నాజిలు చోటును మార్చవలసి వచ్చింది. సౌష్ఠవం కోసం ఒక్క పెద్ద నాజిలుకి బదులు 5 లేక 8 చిన్న నాజిల్సు ఏర్పాటుచేశాడు.

ఈ కాంగ్రీవ్ రాకెట్లు చాలా ప్రసిద్ధికెక్కాయి. 1814లో మెక్‌హెన్రీ కోట మీద బ్రిటిష్ సైన్యాలు దాడిచేసినప్పుడు ఈ రాకెట్లను ముమ్మరంగా ప్రయోగించారు. వాటిని చూసిన ఫ్రాన్సిస్ స్కాట్ అనే కవి "The rockets red glare...." అని పద్యం అల్లాడు. దరిమిలాని అదే అమెరికా వారి జాతీయ గీతమైంది.

ఈ రాకెట్లు ఎర్రని మంటను అయితే విరజిమ్మేయి సరేగాని, వాటికి గురి మాత్రం సరిగ్గా కుదిరేది కాదు. దానికి ముఖ్యమైన కారణం ఏమిటంటే: రాకెట్టును వెలిగించక మునుపు దారి చూపే కర్రబరువూ, తక్కినరాకెట్టు బరువూ సరిసమానంగా ఉండేటట్టు చేయగలరు సరేగాని, రాకెట్లును వెలిగించి



పీఠపు మధ్యలో (స్క్రూ) గల కర్రను అమర్చి చుట్టూ నాజిల్స్ ఏర్పాటు చేసిన కాంగ్రేవ్ రాకెట్లు

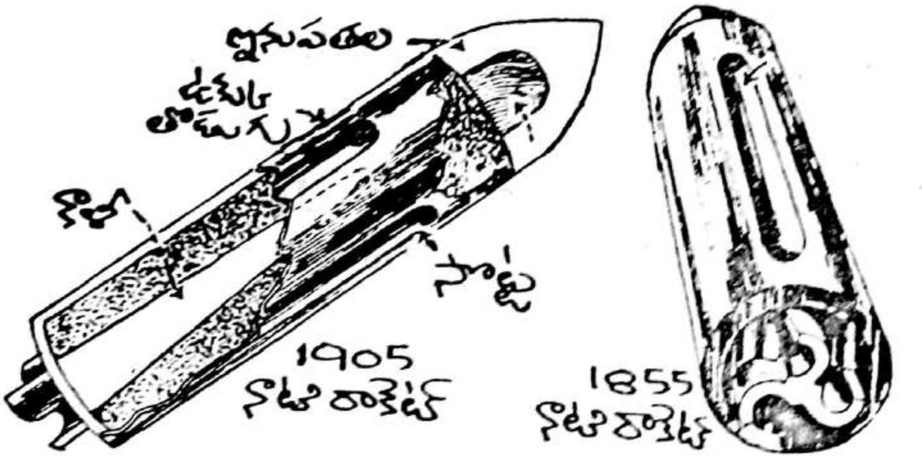
వదిలేశాక మందు ఖర్చు అయిపోతూ ఉండడంచేత అంతకంతకు కర్రబరువు కన్న గొట్టం బరువు తక్కువ అయిపోతూ, బేలన్సు చెదిరిపోతూ ఉంటుంది. తలతేలికఅయిన రాకెట్టు అనుకన్న దారిలో వెళ్ళక వంపు తిరుగుతుంది.

కర్రలేని రాకెట్లు

మొత్తం మీద రాకెట్ ఇంజనీర్లకు దారి చూపే కర్ర తలనొప్పిగా తయారైంది. దానిని వదిలించుకుంటే తప్ప రాకెట్లకు ఉపయోగం ఎక్కువ ఉండదని తోచింది. కాని, కర్రలేకపోతే రాకెట్టు తోడి జువ్వలాగ అలంగం తొక్కుతుందే కాని, స్థిరంగా ఒకే దిశలో ప్రయాణం చెయ్యదుకదా ? మరి ఎల్లాగ?

రాకెట్టుకి స్థిరత్వాన్ని చేకూర్చగలది ఒక్క కర్రమాత్రమే కాదు. దానికి మరో పద్ధతికూడా ఉంది.

గిర గిరా తిరగడం వల్ల రైఫిల్ గుండు సూటిగా స్థిరంగా ప్రయాణం చేయగలుగుతుందని తెలుసు. అదే సూత్రాన్ని ఉపయోగించి రాకెట్టుని కూడా గిర గిరా తిప్పగలిగితే ఇక కర్ర అవసరం లేకుండానే తిన్నగా నడిపించ వచ్చునని అర్థం చేసుకున్నారు. 19వ శతాబ్దంలో గిరగిరా తిరిగే రాకెట్టును రూపొందించాలని కొందరు ప్రయత్నం చేశారు. 1844 లో విలియం హేల్ అనే ఇంగ్లీషు ఇంజనీరు విజయం సాధించాడు.



గిరగిర తిరిగే హేల్ రాకెట్

రాకెట్టుపీఠం దగ్గర, బయటికివచ్చే ఉష్ణవాయు ప్రవాహపు దారిలో మూడువంపు తిరిగిన "ఆకులు" (Vanes) గల చక్రాన్ని అమర్చాడు. బయటికి వస్తూన్న వాయుప్రవాహం ఈ ఆకులకు తగిలి, వాటికివంపు ఉండడం చేత మొత్తం రాకెట్టు అంతనీ గిరగిరా తిప్పుతుంది. కర్రవిమ్మలో నుంచి

ఇనుపస్ర్కూ మేకు గిరగిరాతిరుగుతూ కర్రని దొలుచుకుంటూ తిన్నగా ఎదరికి పోయినట్లుగా గిరగిరా తిరిగే రాకెట్టు గాలిని దొలుచుకుంటూ ఎదరికి తిన్నగా పోతుంది. ఈ తిరుగుడే రాకెట్టును (లేదా రైఫిలు గుండును) బయలుదేరిన దిక్కునే అంటిపెట్టుకుని ఉండేటట్లు చేస్తుంది.

గిరగిరా తిరిగేటప్పుడు రాకెట్టుగొట్టంలో కూరినమందు కదిలిపోకుండా ఉండడం కోసం ఇనుపతొడుగులో పొడుగ్గా "సొట్టలు" ఏర్పాటుచేశాడు హేల్.

24 పౌనుల హేల్ రాకెట్టును 15° కోణంలో ఎత్తివెలిగించి వదిలితే గాలి వీచేదిశనుబట్టి 1550నుంచి 2200 గజాల దూరం వరకూవెళ్లేది. ఫిరంగులుబాగా అభివృద్ధి అయి కాంగ్రివ్‌రాకెట్లు మూలబడుతున్న రోజులలో హేల్ రాకెట్టు తయారుకావడం చాలా గొప్పవిషయం. ఇది ఇంగ్లండులోనే కాక మిగిలిన దేశాలన్నిటా ప్రసిద్ధమైంది.

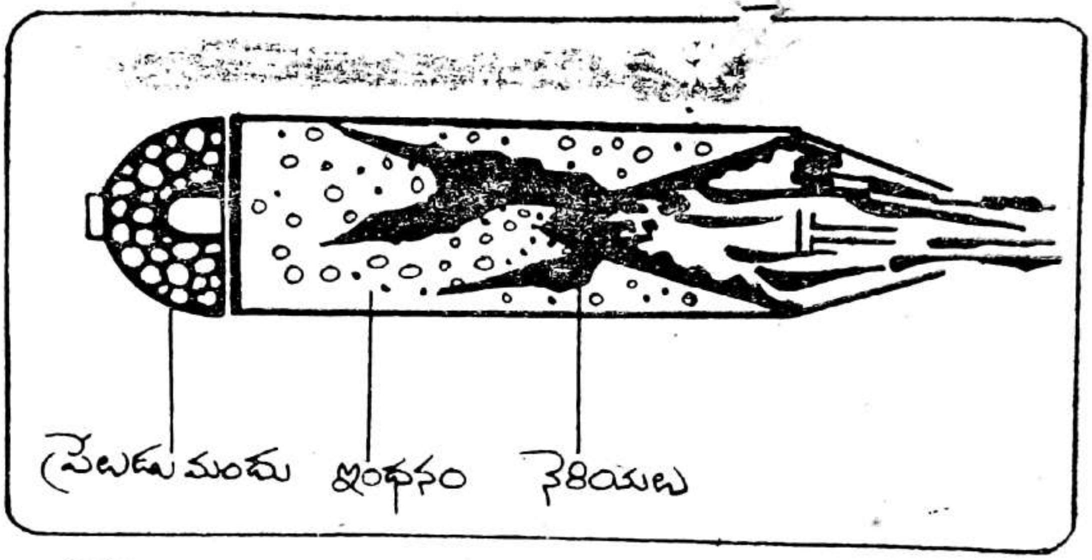
1860 లో జరిగిన యుద్ధంతో ఈ హేల్‌రాకెట్లను ఉపయోగించిన ఆస్ట్రియన్ సైనికులు వీటిని చాలా మెచ్చుకున్నారు. దానికి కారణం ఆ పర్వత ప్రాంతాలలో ఫిరంగులకు లేని సౌలభ్యం వీటికి ఉండడమే.

1861—1865 మధ్య అమెరికా అంతర్యుద్ధంలో పాల్గొన్న ఫెడరల్ సైన్యంలో ఈ రాకెట్టుదళాలు రెండుఉండేవి. $2\frac{1}{4}$ అంగుళాల 6 పౌనుల రాకెట్లూ, $3\frac{1}{4}$ అంగుళాల 16 పౌనుల రాకెట్లూ ప్రయోగించారు. 47° కోణంలో వెలిగించివదలగా 1700 నుంచి 2200 గజాలదూరం వరకూ వెళ్లివడేవి.

హేల్‌చేసిన మార్పు చాలా గొప్పదే, సందేహంలేదు. కాని, అప్పటికే ఫిరంగులు బాగా అభివృద్ధి చెందేయి. రాకెట్లకన్న ఎక్కువ దూరం, అంత కన్న ఎక్కువ సూటిగా, గుళ్ళను విసరగల సామర్థ్యాన్ని సంతరించు కున్నాయి. పైగా రాకెట్లలో కొన్ని కొత్త లోపాలు బయటపడ్డాయి.

రాకెట్లలో వాడే మందూ, ఫిరంగి గుళ్ళలో కూరే మందూ ఒకటే సూరేకారం, గంధకం, బొగ్గు కలిసిన నల్లమందే. కాని, ఫిరంగి గుళ్ళలో ఈ మందు బులబులాగా కూరతారు. చాలా దూరం వెళ్ళవలసిన రాకెట్లలో ఇదే మందును బాగా దట్టించి బిగువుగా కూరతారు. అదిగో ఆ బిగింపే కొంప ముంచుతుంది. వాతావరణం బాగా వేడెక్కినా, లేక బాగా చల్లబడినా రాకెట్టులో కూరిన మందు బీటలు తీస్తుంది వేసంగిలో నేలలాగ. ఇటువంటి

రాకెట్లను వెలిగిస్తే మందు సమానంగా మండక, నెరియలవెంట విద్యుల్లతలాగ పాకిపోతుంది. ఈ పరిస్థితులలో మందు వేరు వేరుచోట్ల ఏకసమయంలో తగుల బడుతూ ఉండడంచేత రాకెట్టు పేలిపోతుంది.



రాకెట్‌లో పట్టించిన నల్లమందులో నెరియలేర్పడటం వలన నిలవ ఉంచిన రాకెట్లు పేలిపోయేవి-

వాతావరణపు మార్పులవల్లనేకాక, అటూ ఇటూ మోసుకుపోయేటప్పుడు కాస్త జారవిడిచినా, బాగా కుదుపు తగిలినా రాకెట్టు లోపలి మందు బీటలు తీసేస్తుంది.

మొత్తంమీద 20 వ శతాబ్ది ఆరంభం నాటికి రాకెట్లు ఆయుధాలుగా ఉపయోగపడవు అని ప్రపంచంలోని దేశాలన్నీ నిర్ధారణకు వచ్చేశాయి.

4. మానవ కల్యాణానికి రాకెట్లు

మారణాయుధాలుగానే కాక రాకెట్లకు వేరే ఉపయోగాలు కూడా ఉన్నాయి. ప్రాణం తీసే శక్తి కాక ప్రాణం కాపాడే శక్తి కూడా వీటికి ఉంది.

సంకేతం కోసం రాకెట్లు

రాకెట్టు ముక్కుకి పేలుడు పదార్థానికి బదులు ఎరుపు, పసుపు, ఆకుపచ్చ వగైరా కాంతులు విరజిమ్మే బాణాసంచామందు కట్టి, నిట్టనిలువుగా వదిలే, ఆకాశంలో చాలా ఎత్తున పేలి రంగు రంగుల మంటలు నక్షత్రాలూ బహుదూరానికి కనిపించే అవకాశం ఉంది. వీటికి చిన్న పేలుడు మందు కూడా చేర్చితే వెలుగుతో బాటు చప్పుడు పదిమైళ్లదూరందాకా వినిపిస్తుంది. ప్రమాదంలో ఉన్న ఓడలోని మనుషులు కొద్దిమైళ్లదూరంలో వెడుతున్న మరో ఓడలోని మనుషులకు తమ దుస్థితిని తెలియజేయటానికీ, సాయంకోరడానికి ఈ రాకెట్లను వాడవచ్చు. ఈ నాటికీ ఈ పనికోసం రాకెట్లను ఉపయోగిస్తూఉన్నారు.

తాడు విసిరే రాకెట్లు

ఒడ్డుకి సమీపంలో తుఫానులో చిక్కుకొని ఒరిగిపోయిన ఓడలోని మనుషులను క్షేమంగా ఒడ్డుకి తీసుకురావడానికి ఉపాయం ఏమిటాఅని ఆలోచించారు చాలామంది. ఒకసారి కుక్కనడుముకి తాడుకట్టి ఒడ్డునఉన్న జనం దానిని నీళ్లలో వదిలిపెట్టేరట. అల్లకల్లోలంగా ఉన్న ఆ సముద్రంలో కుక్క ఈదుకుంటూవెళ్లి ఓడని చేరుకుంది. ఓడలోని జనం ఆ తాడును అందుకున్నారు. ఆసన్నని తాడుకి మరోబలమైన మోకు కట్టి ఉంచారు ఒడ్డున ఉన్నవాళ్లు ఆమోకుని ఓడలోకి లాక్కుని తెరచాప కొయ్యకికట్టేరు. ఆమోకు పట్టుకుని వేలాడుతూ ఓడలోని జనం ఒక్కొక్కరే క్షేమంగా ఒడ్డుకి చేరుకున్నారు. అంతమంది ప్రాణాలుకాపాడిన ఆకుక్కకి సారస్వతంలో శాశ్వతమైన స్థానం లభించింది.

కాని, అటువంటి కుక్క అన్నప్పుడూ దొరకదు, అది ఈదలేక మధ్యదారిలోనే మునిగిపోవచ్చు కనుక ఇది సరైనపద్ధతికాదు. మరి ఎల్లాగ?

1781లో ఫ్రెడరిక్ షాపర్ అనే ప్రష్యన్ సాలెవాడొకడు ఫిరంగి గుండకి తాడుకట్టి ఒడ్డునుంచి ఓడమీదకి వెళ్లిపడేలాగ పేల్చవచ్చునని

సూచించాడు. కాని దానినెవ్వరూ పట్టించుకోలేదు. 1791లో ఇంగ్లండులో ఈవిధంగా ఫిరంగి గుండును ఉపయోగించి తాడువిసరడం సాధ్యమేనని సార్జంట్ బెల్ ప్రదర్శించాడు. ఫిరంగి గుండు వస్తున్నట్లు ఓడమీదివారికి తెలియడంకోసం ఆగుండుకి పొగ, వెలుగు వచ్చే మందు కూరిన తేలికైన డబ్బాలు కట్టవచ్చునని 1807లో కెప్టెన్ మాన్‌బీ సూచించాడు.

తాడు విసరడానికి రాకెట్టును ఉపయోగించవచ్చునని హెన్రీ ట్రెన్‌గ్రౌజ్ అనేవంద్రంగి సూచించాడు. 1807 డిసెంబరు 24వ తేదీని తన ఇంటిసమీపంలో ఓడ పగిలిపోవడమూ, ఆఓడమీదికి తాడువిసరడం సాధ్యంకాక ఎంతో జననష్టం జరగడమూ అతడుకళ్లారాచూశాడు. రాకెట్టుకి తాడుకట్టి ఒడ్డునుండి ఓడమీదికిగాని, ఓడమీదనుంచి ఒడ్డుకిగాని, ఒక ఓడమీదనుంచి మరో ఓడ మీదికిగాని తాడు విసిరేపద్ధతిని అతడు 1818 లో హైడ్‌పార్కులో ప్రదర్శించాడు. దానికి అతడికి ప్రభుత్వం 80 పౌనుల నగదు బహుమానం ఇచ్చింది కాని, ఆ ప్రయోగాన్ని విజయవంతం చేయడానికి అతడికి అప్పటివరకూ అయిన మొత్తం ఖర్చు మూడువేల పౌనులట!

తాడు మీదుగా మనుషులను క్షేమంగా ఒడ్డుకి చేర్చడానికి "బ్రీచెస్‌బోయ్" (Breeches Buoy) అనే సాధనాన్ని 1824లో జాన్ డేన్నెట్ అనే ఇంగ్లీషు ఇంజనీరు తయారుచేసి పేటెంటు తీసుకున్నాడు.

తాడు విసరడానికి రెండు అంతస్థుల రాకెట్టును కెప్టెన్ బాక్సర్ తయారుచేశాడు.

పూర్వం ష్మిడ్లాప్ సూచించిన రెండు అంతస్థుల రాకెట్టు ఇటువంటిదే. ఇందులో కిందనున్న మొదటి అంతస్థు తాలూకు సిసింద్రీని వెలిగించి వదిలేస్తారు. అందులో ఉన్న మందు పూర్తిఅయాక రెండోఅంతస్థులోని సిసింద్రీ అంటు కుంటుంది. ఆ మంట విసురుకి ఖాళీ అయిపోయిన మొదటి అంతస్థుగుల్ల జారి కిందపడిపోతుంది. అనవసరమైన బరువును విదిలించుకున్న రాకెట్టు యొక్క శేష భాగం ద్విగుణీకృత వేగంతో ముందుకి వెడుతుంది. ఒకే ఒక అంతస్థుగల రాకెట్టుకన్న రెండు అంతస్థుగల రాకెట్టు చాలా ఎక్కువ దూరం వెడుతుంది.

ఈ రాకెట్టునే బాణాసంచాగా ఉపయోగించి, రాలిపడే పువ్వులను పారాషూటుద్వారా కిందికి మెల్లగా దింపే పద్ధతిని బాక్సరే కనిపెట్టేడు.

ఒడ్డు నుండి ఓడమీదికి తాడు విసిరేబాక్సర్ రాకెట్లను 20వ శతాబ్ది ఆరంభందాకా వినియోగించేవారు. ఆ తరువాత ఓడ మీదనుంచి ఒడ్డుకి తాడు విసిరే 12 పౌనుల రాకెట్టును "షెర్మూలీ" ప్రవేశపెట్టేడు. ఓడని తీర సమీపానికి తీసుకువచ్చిన తుఫానుగాలి వాలుతో ఓడమీదనుంచి ఒడ్డుకి తాడు విసరడం సులభంకదా? గాలి విసురుకూడా దానికి తోడుఅవుతుంది. పైగా ఒడ్డున అన్నప్పుడూ అటువంటి రాకెట్లు ఉండవద్దూ? ఈ రకమైన విసిరే రాకెట్లు ప్రతి ఓడలోనూ విధిగా ఉంచాలని ఇంగ్లండులో 1925 లో చట్టంచేశారు.

వడగళ్లను నిరోధించే రాకెట్లు

కొన్ని ప్రత్యేక ఋతువులలో యూరపులో వడగళ్లుపడి పళ్ళతోటలకు విపరీతమైన నష్టం కలుగుతూ ఉంటుంది. కొన్నిరకాల మబ్బులను చూడగానే అవి వడగళ్ళను వర్షిస్తాయని రైతులు అనుభవం మీద చెప్పగలుగుతారు కాని, ఆ మబ్బులు వడగళ్ళవాన కురవకుండా ఆపగల శక్తి ఎవరికీలేదు. దేవుడా అని ఓ దండంపెట్టి ఊరుకోవడం తప్ప ఎవరు మాత్రం ఏం చెయ్యగలరూ? కాని "బావర్" అనే జర్మన్ ఇంజనీరుకి ఒక చిత్రమైన ఆలోచన వచ్చింది. రాకెట్టును పైకిఎగరేసి, వడగళ్ళను కురిపిస్తాయి అనిపించే మబ్బుల సమీపంలో బాంబు పేల్చితే ఏమిటి అవుతుందో చూడాలి అనుకున్నాడు. రాకెట్టు ముక్కుకి బలమైన పేలుడు మందుకట్టి, అటువంటి మబ్బులు నడినెత్తిని కనిపించగానే వెలిగించి వదిలిపెట్టేడు 1905 లో. రాకెట్టు రివ్వున దూసుకుపోయింది. అరమైలు ఎత్తులో-సుమారుగా మబ్బుల సమీపంలో బాంబు పేలింది. ఆ విసురుకి మబ్బులు చెల్లా చెదురైపోయాయి. వడగళ్ళు పడలేదు! ఆ విధంగా వివిధ ప్రదేశాలలో చాలాసార్లు ప్రయోగాలుచేసి చూశాడు. అన్నిచోట్లా అదే ఫలితం కనిపించింది.

ఇదే ప్రయోగాన్ని స్విట్జర్లండులో చేసి చూశాడు. వడగళ్ళకి బదులు మామూలు వానకురిసింది.

అయితే ఏమీ చెయ్యకుండా వాటి మానాన వాటిని వదిలేస్తే ఆ మబ్బులు వడగళ్ళనే కురుస్తాయో, వానేకురుస్తాయో ఖచ్చితంగా నిర్ణయించడం ఎలాగ? పేలుడు వల్లనే వడగళ్ళు ఆగిపోయాయని ఋజువు ఏమిటి? దానికి పరోక్ష నిదర్శనం ఒకటి ఉంది.

మొదటి ప్రపంచ యుద్ధకాలంలో నెలల తరబడి ఫిరంగులు పేలుతూ ఉండిన కారణం చేతనో ఏమో "వేరున్" అనే చోట ఋతువులో మామూలుగా పడవలసిన వడగళ్ళ వానలు పడలేదు. అల్లాగే మరికొన్ని చోట్ల యుద్ధం కొన సాగిన ప్రాంతాలలో వడగళ్ళు పడలేదని గమనించారు. దీనిని బట్టి మబ్బుల దగ్గర పేలుళ్ళవల్ల, వడగళ్ళు నిరోధింపబడతాయని ఇప్పుడు అందరూ నమ్ముతున్నారు. ఇక్కడ చెదరగొట్టబడిన మబ్బులు పక్క ఊరికి పోయి అక్కడ కసిగా వడగళ్ళు కురిపించేస్తాయని భయపడనక్కరలేదు. ఆ మబ్బులు అంతర్ధానమైపోతాయి. లేదా వానకురుస్తాయి. జర్మనీలో 19 జిల్లాలలో ఇటువంటి ప్రయోగాలు చెయ్యగా 3 జిల్లాలలో మాత్రమే వడగళ్ళు పడ్డాయి; మిగిలిన 16 జిల్లాలలోనూ పడలేదు.

రష్యాలో—ముఖ్యంగా ద్రాక్ష తోటలు అధికంగా ఉండే జార్జియా రాష్ట్రంలో రాకెట్ల సాయంతో వడగళ్ళ వానలను విజయవంతంగా నిరోధించ గలిగేరు.

ఈ రాకెట్టును ప్రయోగించడానికి ప్రత్యేకసాధనాలేవీ అక్కరలేదు. ఎటువంటి ప్రదేశంనుంచి అయినా వీటిని సులభంగా, చవకగా ప్రయోగించవచ్చు.

ఎత్తైన ప్రదేశంనుంచి వాతావరణాన్ని పరిశీలించడానికీ, దానిని మార్చ డానికీ కూడా రాకెట్లనూ, ఉపగ్రహాలనూ ఈనాడు వినియోగిస్తున్నారు నీటిని దాచిపెట్టుకుని, వర్షం కురవకుండా ఉన్న పిసినిగొట్టు లాంటి మబ్బుల దవడలు వాయించి, వర్షాన్ని పిండే ప్రయత్నంలో రాకెట్టు ప్రయోగాలు ఇప్పుడు కూడా జరుగుతూనే ఉన్నాయి. అంతిమ విజయం మానవుడికి ఇంకా లభించలేదు. వాన రాకడ, ప్రాణం పోకడ ఇంకా అంతు బట్టనివిగానేఉన్నాయి.

ఫోటోగ్రఫీ కోసం రాకెట్లు

ఆల్‌ఫ్రెడ్ మాల్ అనే ఇంజనీరు 1904లో రాకెట్టుకి కెమెరాకట్టి, ఆకా శంలోకి ఎగరేసి, అత్యున్నత స్థానం చేరుకున్నప్పుడు భూమిని ఫోటో తీసేటట్లు అమర్చి, తరవాత పారాషూటు సహాయంతో కెమెరాను భద్రంగా కిందికి దింపడానికి ప్రయత్నాలు చేశాడు. వెయ్యి అడుగుల ఎత్తు ఎగిరే రాకెట్టుకి 40×40 మిల్లీ మీటర్ల సైజు ఫిల్ముగల కెమెరాను కట్టి ఫోటోతీశాడు. అంతకంతకు రాకెట్టు సైజును, ఫిల్ము సైజును పెంచి, 2600 అడుగుల ఎత్తు నుంచి 200×250 మి. మీ. సైజు ఫిల్ముతో ఫోటో తీయగలిగేడు దీనితో శత్రు సైనిక వ్యూహాల గుట్టుమట్లు తెలుసుకోవడానికి ఉపయోగించాలని అతడి

ప్లాను. కాని అప్పటికే అంతకన్న ఎత్తు ఎగురగల విమానాలు వచ్చాయి. వాటిలో కూర్చుని ఫోటోలు తీయడం మరింత సులభం అవడంతో ఫోటో గ్రఫీకి రాకెట్లను వాడడం మూలబడింది.

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం తరవాత రాకెట్లను మళ్ళీ ఫోటోగ్రఫీకి ఉప యోగించడం మొదలుపెట్టేరు. 18 అడుగుల పొడవు, 15 అంగుళాల గరిష్ట వ్యాసముగల రెండు అంతస్థుల "ఐరోబీ" అనే రాకెట్టును అమెరికనులు ఉపని వినియోగించారు, 1948లో. అది 57 మైళ్ళ ఎత్తుకి ఎగిరి, అక్కడినుంచి కింద నున్న భూమిని ఫోటో తీయగలిగింది. భూమి గుండ్రంగా ఉందన్న సత్యానికి మెట్ట మొదటిసారి ప్రత్యక్ష ప్రమాణం కనిపించింది

టపా పంపడానికి రాకెట్లు

ఫ్రెడరిక్ ష్మిడెల్ అనే ఆస్ట్రియను ఇంజనీరు రాకెట్లకు మరో వినియో గాన్ని కనుగొన్నాడు.

ఆస్ట్రియాలో ఎక్కడచూసినా కొండలు. ఒకఊరు నుంచి కొండ అవతల ఉన్న మరో ఊరుకి తపాలశాఖవారు ఉత్తరాలు పంపించాలంటే కొండచుట్టు తిరిగి వెళ్ళవలసిందే. కొండకి అడ్డంపడి వెడితే ఆ ఊరు దగ్గరేకాని, అది వీలు కాదుకదా? కనుక ఉత్తరాల బట్వాడా ఆలస్యమైపోతూ ఉండేది. దీనికి విరుగుడు ఏమిటా అని ఆలోచిస్తున్న ష్మిడెల్‌కి రాకెట్లు కనిపించాయి, రాకెట్టు ముక్కుకి ఉత్తరాల సంచీకట్టి, వెలిగించి వదిలేస్తే కొండమీదుగా కొద్ది సెకనులలో అవతలి వైపుకి చేరుకుంటుంది. భూమిమీద దభేలుమని రాయిలా పడిపోకుండా పారాషూటు విప్పుకుని, ఉత్తరాల సంచీ నింపాదిగా కిందికి దిగే ఏర్పాటుచేశాడు.

ఈ పద్ధతి బాగానే ఉందికానీ, ఏ కారణం చేతనో ఆస్ట్రియన్ ప్రభుత్వం ఆ ప్రయోగాలను ఆపుచేసింది.

కారునడపడానికి రాకెట్లు

మాక్స్‌వాలియర్ అనే జర్మన్ ఇంజనీరు రాకెట్లను ఉపయోగించి కారు నడపడానికి ప్రయత్నించాడు. పందెపుకారులో ఇంజను తీసేసి, వెనుక భాగంలో రాకెట్లను కట్టి, ఒక్కొక్కటే వెలిగిస్తూ కారును నడిపించగలిగేడు.

సంకేతాలకి, తాడు విసరడానికి ఉపయోగించే ఆనాటి "శాండర్" రాకె ట్లను బజారులో కొనితీసుకువచ్చాడు. అవి 26 "పొడవు, 5" వ్యాసమూకలవి.

మధ్యలో మందు దొలి చేసిన, 400 పౌనుల తోపుడు శక్తినివ్వగలిగిన, 3 సెకనులు మాత్రమే కాలే రాకెట్లను కారుస్టార్టు చెయ్యడానికి ఉపయోగించాడు. కాళీ లేకుండా మందు కూరిన, 30 సెకనులపాటుకాలే, 45 పౌనుల తోపునుఇచ్చే 12 రాకెట్లనుస్టార్టు అయినకారును నడిపించడానికి ఉపయోగించాడు. అందులో సగం రాకెట్లు ఎందుచేతనో అంటుకోక పోయినప్పటికీ 1927లో ఆ కారు 70 మైళ్ళ వేగాన్ని చేరుకోగలిగింది.

1928లో 24 రాకెట్లను కట్టి మళ్ళీ ప్రయత్నించాడు వాలియర్. ఈ సారి అన్ని రాకెట్లు సరిగ్గా వెలిగేయి. ఆ కారు 125 మైళ్ళ వేగంతో ప్రయాణం చేసింది.

ఆ తరువాత రైలు పట్టాలమీద ప్రత్యేకంగా తయారు చేసిన చక్రాలు గల కారునుపదిరాకెట్లతో నడిపించాడు. అది 180 మైళ్ళవేగాన్ని అందుకుంది. బ్రేకువేయడం కోసం కారు ముందరి భాగంలో తిరగేసిన రాకెట్లనుకట్టి ఉంచేడు. వెలిగిస్తే దాటి జెట్ కారునడిచే దిశలో ముందుకి ఉండడంచేత వాటి తోపుడుశక్తి కారు నడకకు వ్యతిరేక దిశలో ఉండడంచేత కారుకి బ్రేకులాగ పనిచేస్తుంది. వీటిని "రెట్రోరాకెట్లు" (ప్రతికూలరాకెట్లు) అంటారు. వీటిని గురించి 7వ ప్రకరణంలో సబ్మెరిన్ విధ్వంసక కథనంలో మళ్ళీ తెలుసుకుంటాం. వాలియర్ ఆరెట్రో రాకెట్లను వెలిగించడానికి ప్రయత్నించాడుకానీ, అవిసనేమిరా వెలగలేదు. బ్రేకుపడలేదు కారు, ఆ వేగంతో మరికొంతదూరం వెళ్ళి ఆగింది.

దాని తరవాత 30 రాకెటు కట్టిన కారును రైలు పట్టాలమీద నడిపించాడు కళ్ళు తిరిగిపోయే ఆ వేగానికి పట్టాలమీద నుంచి కారు పైకి ఎగిరింది ఆ ప్రమాదం నుంచి వాలియర్ స్వల్ప గాయాలతో బయట పడ్డాడు. రెల్వే అధికారులు ఇంక ఇటువంటి ప్రయోగాలకు అనుమతి ఇవ్వము అన్నారు.

1929లో కారు నడిపించడానికి కొత్తరకం రాకెట్లను వెలిగిస్తూ ఉండగా అవి పేలి వాలియేర్ చనిపోయాడు. తరవాత అటువంటి ప్రయత్నాలను మరి ఎవ్వరూ చెయ్యలేదు.

నిజానికి కారు నడిపించడానికి రాకెట్లను ఉపయోగించడం సిద్ధాంతరీత్యా ఏమంత మంచిపనికాదు. ఏమంటే రాకెట్టులోనుంచి బయటికివచ్చే జెట్ వేగపు దరిదాపులలో ప్రయాణం చేస్తే తప్పరాకెట్టు శక్తి వ్యర్థమైపోతుంది. రాకెట్ల జెట్‌వేగం గంటకి అనేక వేలమైళ్ళు ఉంటుంది. అంతవేగంగా కారు నడిపించడం క్షేమం కాదు కదా!

రాకెట్ గ్లైడర్

తాడుతో జీపు ఈడుస్తూపోతే గ్లైడరు పైకి లేస్తుంది. తగినంత ఎత్తుకి చేరుకున్నాక తాడును జారవిడిచి, స్వయంగా ఎగరడం మొదలుపెడుతుంది. తాడుతో లాగనవసరంలేకుండా రాకెట్ల సాయంతో గ్లైడరును పైకి లేపాలని 1928లో జర్మనీలో ఫ్రెడరిక్ స్టామర్ ప్రయత్నించాడు. రెండు రాకెట్లు కట్టిన గ్లైడరులో పైకిలేచి, ఒక మైలుదూరం విజయవంతంగా ఎగరగలిగేడు. రెండవ ప్రయత్నంలో రాకెట్టు పేలిపోయి గ్లైడరు అంటుకుంది. స్టామర్ ప్రాణాలతో బయట పడ్డాడు.

నిలవఉంచిన నల్లమందు రాకెట్లను నమ్మడానికిలేదు. ప్రమాదాలకు అది కారణమని అటువంటి ప్రయత్నం మరిఎవ్వరూ చేయలేదు.

వాతావరణ పరిశోధనకు రాకెట్లు

పరిశోధన నిమిత్తమై రాకెట్లను పైకిపంపడంలో ఒక ముఖ్యమైనఇబ్బంది ఎదురుఅవుతూ ఉంటుంది. భూమి చుట్టూ ఉండేదట్టమైన వాతావరణం రాకెట్టు వేగాన్ని నిరోధిస్తుంది. రాకెట్టు వేగం పెరిగిన కొద్దీ ఈ నిరోధం పెరుగుతుంది. అది మొదటి కొద్దిమైళ్ళలోనే అధికంగా ఉంటుంది. ఆ తరువాత వాతావరణమూ పలచబడుతుంది, రాకెట్టు వేగమూ తగ్గుతుంది.

ఈ మెదటి కొద్దిమైళ్ళ ఎత్తూ ఎక్కడంలో రాకెట్టు శక్తి వ్యర్థం అయిపోకుండా ఉంచడానికి ఒక పద్ధతి కనిపెట్టేరు. హైడ్రోజన్‌లో నింపిన పెద్ద బెలూన్ కింద రాకెట్టును వేలగట్టి వదలడం. ఆ బెలూన్ 15-25 కి. మీ. ఎత్తుకి ఎగిరి ఆగిపోతుంది. అప్పుడు రాకెట్టును వెలిగించే ఏర్పాటు చేస్తారు. అక్కడినుంచి పలచబడిపోయిన వాతావరణానికి నిరోధకశక్తి తక్కువకాబట్టి, రాకెట్టు చాలా ఎత్తు ఎగురుతుంది. ఈ విధంగా రాకెట్టునీ, బెలూన్‌నీ కలిపి తయారు చేసిన ఈ వాహనానికి-ఈ రెండు మాటలనూ చెరినగమూకలిపి. "రకూన్" (Rockoon) అని పేరు పెట్టేరు.

1952 లో ఇటువంటి రకూన్ ప్రయోగం అమెరికాలో మొట్ట మొదటిసారి జరిగింది. ప్లాస్టిక్ బెలూన్ 21 కి.మీ. ఎత్తు దాకా వెళ్ళింది. దానికి

వేలాడదీసిన డీకన్ (**Deacon**) అనే 12 అడుగుల పొడుగున్న రాకెట్టు అక్కడినుంచి మరో 80 కి. మీ. ఎత్తు ఎగిరింది.

బూస్టర్ (Booster)

ప్రస్తుతం బెలూన్‌కి బదులు బూస్టర్ అనే పేరుతో మరొక రాకెట్టుమీద అసలు రాకెట్టును నిలబెట్టి రెండింటినీ కలిపి పైకి పంపిస్తున్నారు. అడుగున ఉన్న బూస్టర్ ధ్యేయం పైనున్న రాకెట్టును ఓ తోపుతొయ్యడమే. ఈపని సరిగ్గా చేయగలగాలంటే బూస్టర్ సాధ్యమైనంత ఎక్కువ తోపుడు శక్తితో తక్కువ సేపు పని చెయ్యాలి. ఇందుకు ఘన ఇంధనాన్నే తరుచుగా వాడుతున్నారు. సాధ్యమైనంత ఎక్కువ ఇంధనం రెండు మూడు సెకనులలో మండిపోవాలి. అందుకు బలీయమైన ఆక్సిడైజరును వాడాలి.

బూస్టర్‌లో మందు తగలబడిపోయాక, ఆ కాళీడొలక కిందపడిపోతుంది ఆ ఊపులో మరి కొంత ఎత్తు ఎగిరిన తరవాత పైనున్న రెండో అంతస్థు అంటుకుని, చాలా పైకిపోతుంది.

ఆ విధంగా "నైకీ" (**Nike**) అనే బూస్టర్ మీద డీకన్ రాకెట్టును నిలువబెట్టి 1955 లో నైకీ-డీకన్ జంటను పైకి పంపించారు.

వాతావరణాన్ని చాలా ఎత్తు నుంచి పరిశీలించడానికీ, రాబోతున్న తుఫానులను ముందుగానే పసికట్టి వార్నింగు పంపడానికీ, టెలిఫోను, టెలివిజన్ ప్రసారాలకీ, అల్లలాడుతూ ఉండే భూ వాతావరణపు చీకాకులకు అతీతంగా పై నుంచి ఖగోళశాస్త్ర పరిశోధనలు జరపడానికి ఉపగ్రహాలను ఉపయోగిస్తున్నారు. ఆయా శాఖలలో ఎంతగానో అభివృద్ధిని సాధించగలిగారు. ఎంత ఆసక్తికరములైనప్పటికీ వాటిని గురించి చెప్పడానికి ఈ రాకెట్టు కథలో చోటులేదు.

5. రాకెట్టు విమానాలు

ప్రతిక్రియను ఆధారంగాచేసుకుని ఒకవైపున రాకెట్టును మారణాయుధంగా తయారు చేస్తూఉంటే, మరోవైపున అదే ప్రతిక్రియను ఆధారంగా చేసుకుని బళ్లను నడిపించడానికి ప్రయత్నాలు జరిగేయి. ఇటువంటి ప్రయత్నం మనకు తెలిసినంతలో మొట్టమొదటి సారిగా గ్రీసులో క్రీ.పూ. 360లో జరిగింది. ఆర్కైటస్ అనేమేధావి తయారు చేసిన "ఎగిరే పావురం" ఈ కోవకిచెందినది. అప్పటికిరాకెట్టు అనేమాటనే ఎవరూ ఎరగరు.

కర్రతో పావురాన్ని తయారుచేసి, సరిగ్గా అంతేబరువు గలఇనుపదిమ్మ తీసుకుని, ఈ రెండింటినీ ఒక కర్రముక్కతో కలిపి, సూది మొనమీద దీనినిఅంతనూ గిరగిరా తిరిగేటట్లు బేలన్సు చేశారట. ఆపావురం పొట్టలో దాగిఉన్న గాలిసాయంతో అది తిరిగేదని వర్ణించారు. వత్తిడిలోగాలిని గుల్లగాచేసినకర్ర పావురంలో బిగించి, తోకదగ్గర ఉన్నసన్నని బెజ్జంగుండా బయటికి విడిచేవారు కాబోలు. ఆ వాయు ప్రవాహపు ప్రతిక్రియవల్ల పావురము ఇనపదిమ్మ సూదిమొన మీద గిరగిరా తిరిగేది. లేదా అంతకన్న సులభంగా ఆవిరి సాయంతో నడిపించిఉండవచ్చు, దీనిని చాలామంది విడ్డూరంగా వర్ణించారు కానీ, దాని వివరాలుమాత్రం వ్రాయలేక పోయారు.

ఆ తరువాత ఆవిరి ప్రతిక్రియ సాయంతో గిరగిరా తిరిగే బంతిని హెరోన్ అనే గ్రీకు శాస్త్రజ్ఞుడు క్రీ. పూ. 53వ సంవత్సరంలో తయారు చేశాడు.

కిందనున్న కాగులో నీళ్ళుమరిగి, ఆవిరి 1-1అనేగొట్టాలలోనుంచి పైనున్న బంతిలో ప్రవేశించి, అక్కడి నుంచి 2-2అనేవంపు గొట్టాలలోనుంచి విసురుగా బయటికి వస్తుంది. అప్పుడు ప్రతిక్రియవల్ల బంతి 1-1అనే గొట్టాం ఇరుసు మీద గిరగిరా తిరుగుతుంది. ఆ తలంలో ఈ ఏవిపైల్ (Aeolipile) బహు విచిత్రమైన వస్తువుగా భావింప బడేది.

పార్కులలో నీళ్ళు విరజిమ్మే Lawn Sprinkler ఈఏవిపైల్‌కి సరాసరి వారసురాలని చెప్పవచ్చు. దీనిని సెగగర్ అనే ఇంజనీరు కనిపెట్టేడు. నీళ్ళుZ. ఆకారపు గొట్టపు రెండు చివరలనుంచీ వేగంగా బయటికివస్తూఉంటే ప్రతి

క్రియవల్ల ఆ గొట్టం నీటిధారలకు వ్యతిరేకదిశలో గిరగిరా తిరుగుతుంది. నీళ్ళు మైదానం అంతటా సమంగా చల్లబడతాయి.

క్రీ. శ. 1500 సంవత్సర ప్రాంతంలో రాకెట్లసాయంతో ఆకాశ యానం చేయడానికి ప్రయత్నించిన చీనాదేశస్థుని కథ జగత్ప్రసిద్ధమైనది.

రెండు పెద్ద గాలిపటాలు దగ్గరగాతెచ్చి అతికించి, వాటికింద వేలాడుతూ తానుకూర్చోడానికి అనువుగా వెదురుకర్రలతో ఒక ఆసనం తయారు చేసుకున్నాడు "వాన్‌హూ." ఆ కుర్చీ వెనక 48 పెద్ద పెద్ద రాకెట్లు బిగియగట్టేడు వాటి సిసింద్రీలన్నీ కలిపి, ఏక సమయంలో అన్నిటినీ వెలిగించడానికి అనువుగా తయారు చేశాడు. ఏర్పాట్లు అన్నీ పూర్తి అయాక తాను కుర్చీలో కూర్చున్నాడు. కాగడా చేతిలో పట్టుకుని సిద్ధంగా నిలుచున్న బానిసవాడికి సంజ్ఞచేయగా వాడు సిసింద్రీల కట్టకి నిప్పు ముట్టించాడు అంతే. ఆ మంటలలో, పొగలో, పేలుళ్ళ హోరులో గాలిపడగలులేవు, కిందకట్టిన కుర్చీలేదు, అందులో కూర్చున్న వాన్‌హూ అయిపూ ఆనమాలూ లేదు.

రాకెట్టుతో మొట్టమొదటి ఆకాశయాత్ర ఆ విధంగా ముగిసింది.

1782లో జాకబ్ విల్లెమ్స్ గ్రీవ్‌శాండ్ అనే డచ్చి ప్రొఫెసరు ప్రతి క్రియా సిద్ధాంతాన్ని ఆధారంగా చేసుకుని ఆవిరిమీద నడిచే బండినమూనా తయారుచేశాడు విద్యార్థులకు బోధించడానికి. అది ఒక నాలుగు చక్రాలబండి దానిమీద ఒక కాగులో నీళ్ళు మరుగుతూ ఉంటాయి. అందులో తయారైన ఆవిరి విసురుగా వెనుకనున్న గొట్టంలోనుంచి బయటికి వస్తూఉంటుంది. బండి ఎదరికి నడుస్తుంది.

1783లో మాంట్ గోల్ఫియర్ సోదరులు వేడిగాలిలో నింపిన బెలూనును మొదటిసారిగా విజయవంతంగా పైకిలేపగలిగేరు. కాని, దానిని తమ ఇష్టం వచ్చిన దిశలో నడిపించలేక పోయేవారు. అది గాలి ఎటువీస్తే అటు పోయేది.

మరోఏడాది తరవాత మియోలన్, జానినెట్ అనే ఇద్దరు ఫ్రెంచివాళ్ళు బెలూన్‌దిశను మార్చేపద్ధతి కనుక్కున్నామని ప్రకటించారు. వారు సూచించిన పద్ధతి చాలా సులభమైనది.

ఆ బెలూన్‌కి ఒక చిన్న చిల్లు పొడిస్తే అందులోనుంచి గాలి తుస్సుమని బయటికి వస్తుందికదా, కనుక ప్రతిక్రియవల్ల ఆగాలి ప్రవాహానికివ్యతిరేకదిశలో బెలూను కదులుతుంది. ఆ బెలూనుకి వివిధ ప్రదేశాలలో రంధ్రాలు పొడిచి,

వాటినిమూసి ఉంచాలి. బెలూను కింద వేలాడుతున్న తొట్టిలో కూర్చున్న మనిషి తాళ్ళ సాయంతో తనకుకావలిసిన రంధ్రాన్ని తెరుస్తూ దిశను మార్చుకోవచ్చు.

1784లో ఈ ఫ్రెంచివాళ్ళిద్దరూ చెప్పినట్లు కదిలే వేడిగాలి బెలూన్ ఎగుర వేస్తామని ప్రకటించి, టిక్కెట్లుఅమ్మి, చాలాడబ్బు వసూలు చేశారు. విశాలమైన మైదానంలోవందలాది జనంచేరేరు ఆదృశ్యాన్ని చూడడానికి. దురదృష్టవశాత్తూ ఆ రోజున ఎండవేడి ఎక్కువగా ఉండడంచేత బెలూన్ పూర్తిగా విప్పుకోలేదు. ప్రేక్షకులు విసుగెత్తిపోయారు. అంతలో ఆ బెలూనుకి నిప్పు అంటుకుంది. ఒళ్ళు మండిన జనం ఆ బెలూను తాలూకు ముక్కలు ఎవరికి అందినవి వారు కోసుకుపోయారు. ఆ హడావిడిలో తాము నడిపిస్తామన్న బెలూను వేగాన్ని మించిన వేగంతో టిక్కెట్ల వసూళ్ళపెట్టె పట్టుకుని జానినెట్, మియోలన్‌లు ఉడాయించేశారు.

ఆవిరి రాకెట్లు

1824లో జేమ్స్ పెర్కిన్స్ అనే అసామీ ఒక ఆవిరి రాకెట్టు తయారు చేసి, లండన్‌లో పేటెంటు తీసుకున్నాడు. అది ఒక రేకు డబ్బా. దానికి కింది భాగంలో ఒక రంధ్రం, ఆ రంధ్రానికి సులభంగా కరిగిపోయే సీసం - టిన్ మిశ్రలోహంతో చేసిన మూత, ఆ డబ్బాలో కొద్దిగా నీళ్ళుపోసి, మూత బిగించి, మూతి కిందికి ఉంచి, కుంపటిలో పెట్టాలి. వేడికి డబ్బాలోని నీరు ఆవిరై లోపల వత్తిడి పెరుగుతుంది. కొంత సేపటికి మూత కరిగి రంధ్రం ఏర్పడగానే, అందులో నుంచి విసురుగా ఆవిరి బయటికి వస్తుంది. డబ్బా రివ్వున పైకి ఎగురుతుంది.

రాకెట్టు యాత్ర చేసిన తొలిజీవి

19వ శతాబ్ది ఆరంభంలో ఎక్కడ విన్నా బెలూన్ ఎగురవేతలూ, కాంగ్రీవ్ రాకెట్టు ప్రయోగాల మాటలే వినిపించేవి. ఆ సమయంలో క్లాడ్ రుగీయెరీ అనే ఔత్సాహికుడు రాకెట్టు ముక్కు దగ్గర డబ్బాలో ఎలుకను పెట్టి, పైకి ఎగరేసి, పారాషూట్ సాయంతో నెమ్మదిగా కిందికి దింపి ప్రదర్శన లివ్వడం సాగించాడు. అంతకంతకు రాకెట్ల సైజూ అంతరిక్షయానం చేసే జంతువు సైజూ పెంచుతూ పోయాడు. 1830లో చాలా రాకెట్లను కట్టకట్టి, వాటి సాయంతో ఒక గొర్రె పొట్టేలును పైకి ఎగురవేస్తానని ప్రకటించాడు. అంతలో ఆ పొట్టేలుకి బదులు తానే పైకి ఎగురుతానని ప్రేక్షకులలో నుంచి ఒకడు ముందుకు వచ్చాడు. రుగీయెరీ సరేనన్నాడు. ఆఖరు క్షణంలో అతడు

మైనరు అని పోలీసులు అడ్డు పెట్టేరు. ఆ తరువాత ఏమైందో, ఆఖరుకి పొట్టేలుని అయినా పైకి ఎగురవేయగలిగేడో లేదో తెలియరావడంలేదు.

1841లో చార్ల్స్ గోలైట్లీ అనే ఇంజనీరు ఆవిరి ప్రతి క్రియతో ఆకాశంలో ఎగిరే "ఆవిరి గుర్రం" అనే యంత్రాన్ని డిజైనుచేసి, పేటెంటు తీసుకున్నాడు. ఆకాలంలో ఇటువంటి పేటెంట్లు పుట్టలు పుట్టలు. ఆ పేటెంటులో అతడు నిర్మించ దలచిన రాకెట్టు విమానపు వివరాలు ఇప్పుడు తెలియడంలేదు కానీ, ఆ రోజులలో దానిని వేళాకోళం చేస్తూ ఒక పత్రికలో పడిన ఒక కార్టూను మాత్రం మిగిలింది. "ఆవిరి గుర్రం ఎక్కి ఒక్క గంటలో పారిస్ నుండి సెంట్ పేటర్స్ బర్గ్ వెళ్ళండి!" అని ఆ కార్టూను కింద వ్రాశారు.

తమాషా ఏమిటంటే గోలైట్లీ గారి పేటెంటు ఏమైందో ఏమోగాని, ఈ కార్టూను చూసి చాలా మంది ఇంజనీర్లు రాకెట్ విమానాల నిర్మాణానికి ప్లానులు తయారుచేశారు ఆ రోజులలో. ఆవిరికన్న విసురైన రసాయన పదార్థాలకోసం గాలించడంలో యాదృచ్ఛికంగా గన్ కాటన్ బయటపడింది. రాకెట్టు నిర్మాతలలో ఇది కొత్త ఆశలు రేకెత్తించింది. దానిని ఉపయోగించి వెర్నర్ ఫాన్ సీమెన్స్ అనే జర్మను ఇంజనీరు 1855లో రాకెట్టు విమానాన్ని నిర్మించడానికి ప్లానులు వేశాడు.

ఫిలిప్స్ అనే ఇంజనీరు నీటి ఆవిరితో నడిచే హెలికాప్టర్ ప్లాను తయారు చేశాడు 1860లో. ఇది నిజానికి హెరోన్ నిర్మించిన ఏవిపైల్ వంటిదే. హెలికాప్టరు ఆకుల చివర నుంచి ఆవిరి విసురుగా బయటికి వస్తూ ఉంటే ప్రతిక్రియ వల్ల అవి గిరగిరా తిరుగుతాయి. ఇటువంటి ఆవిరి హెలికాప్టరు తాలూకు చిన్న నమూనా ఒకటి పారిస్‌లో ప్రదర్శించాడు ఫిలిప్స్. దాని బరువు 2 పౌనులు. నాలుగు ఆకుల రోటర్, దానిని 20ంకోణంలో వంచే ఏర్పాటు ఉంది. అది చాలా ఎత్తు ఎగిరి, తరవాత భూమికి సమాంతరంగా చాలా దూరం వెళ్ళి, నేల మీద వాలిందట. ఆవిరి గుర్రానికి లాగే మీదికూడా ఒక కార్టూను వెలిసింది.

1893లో సంటర్ బెట్టి అనే ఇంజనీరు "రాకెట్టు - గాలి - ఓడ" (**Rocket air-ship**) డిజైను చేసి అమెరికాలో పేటెంటు తీసుకున్నాడు. ఇది మెషీన్‌గన్‌లాగ పేలుడు వందు గళికలను ఒక దాని తరవాత ఒకటి వరసగా పేలుస్తూ ప్రతిక్రియవల్ల ఎదరికి ప్రయాణం చేయగలదని ఆయన ప్లాను.

ఇవి అన్నీ కాగితం మీద ప్లానులేకాని, నిజంగా నిర్మించి చూచినవికావు.

ఆ కాలంలో ఇంజనీరుకి అందుబాటులో ఉన్న శక్తులు మూడు. 1. రైళ్ళనూ ఓడలనూ నడుపుతున్న నీటి ఆవిరి శక్తి. 2. గడియారపు పళ్ళ చక్రాలను తిప్పే స్ప్రింగు శక్తి, 3. రాకెట్టు శక్తి. వీటిలో మొదటిది శక్తిమంతమైనదే కాని బరువు చాలా ఎక్కువ. స్ప్రింగు శక్తి చాలా బలహీనమైనది. ఇకపోతే కొత్తగా కనిపెట్టిన విసురైన రసాయన పదార్థాలను ఇంధనంగా ఉపయోగించదగిన రాకెట్టు శక్తి మీదికి దృష్టి మళ్ళించారు. దీనిని ఉపయోగించి విమానాలను నడిపించాలని ప్రయత్నంచేసిన వారిలో నికలాయ్ ఇవానిచ్ కిబాల్చిచ్ అనే రష్యను ఇంజనీరు ముఖ్యుడు. ఉరి స్తంభం ఎక్కే ముందు తన ప్లానులను నిబ్బరంగా జాగ్రత్తగా కాగితం మీద పెట్టిన అతడిది ఒక విషాద గాథ.

1881 మార్చి 13వ తేదీని రెండవ అలగ్జాండరు జార్‌ను బాంబు విసిరి హత్య చేసినందుకు అరెస్టు అయిన "నరోద్నయావోల్య" అనే టెర్రరిస్టు ఉద్యమ సభ్యులు ఆరుగురిలోనూ కిబాల్చిచ్ ఒకడు. ఏప్రిల్ 7 నుంచి 9 వరకూ జరిగిన విచారణలో ఆ ఆరుగురికీ మరణశిక్ష విధించబడింది. వారిలో ఇద్దరు ఆడవాళ్ళు కూడా ఉన్నారు. (వారిలో ఒకామె గర్భవతి అని ఆజన్మ కారాగార శిక్షగా మార్చారు).

బాంబు విసిరినవాడు రిస్సాకఫ్ ఆ బాంబును తయారుచేసి, దానిని ఎల్లా ప్రయోగించాలో నేర్పినవాడు కిబాల్చిచ్. అతడు మహా మేధావి అని కోర్టులో క్రాస్ ఎగ్జామినేషన్‌లో మొదట్లోనే విదితమైంది. ఈ కేసు తనకు సంబంధించినది కాదనట్లూ, ఏదో తప్పనిసరిబేరంగా చూడడానికి వచ్చినట్లూ ఉంది అతడి ధోరణి. నేరారోపణపత్రం చదువుతూ ఉంటే అతిముఖ్యమైన తనపని అంతా చెడగొడుతున్నట్లు విసుగ్గా ఉంది అతడి ముఖం. పేలుడు పదార్థాల నిపుణుడు కోర్టుకివచ్చి, తన అభిప్రాయాన్ని వివరిస్తున్నప్పుడు మాత్రం కిబాల్చిచ్‌కి ఎక్కడలేని ఉత్సాహమూ వచ్చింది. బాంబు తాలూకు ఫ్యూజు తయారీలో తనకు మిగిలిపోయిన సందేహాలను ఆ నిపుణుణ్ని అడిగి తెలుసుకోడానికి అతడు ఉబలాటపడిపోయాడు ఎన్నెన్నో నిగూఢమైన సాంకేతిక సంబంధమైన ప్రశ్నలు కురిపించాడు. ఆ వివరాలు ఉన్న శాస్త్ర గ్రంథం తనకు దొరకలేదే అని విచారించాడు. అతడు తయారుచేసిన బాంబు సాంకేతికంగా చాలా ఉన్నత స్థాయిలో ఉన్నదని ఆ నిపుణుడు అన్నప్పుడు కిబాల్చిచ్ మొగం ఆనందంతో వెలిగిపోయింది. సంతృప్తి "స్పసీబ" (కృతజ్ఞుణ్ని) అన్నాడు.

ఉరిశిక్ష స్థిరపడినందుకు అతడిలో మార్పు ఏమీ కనబడలేదు. ఉరితీత కై దీగదిలో ఉన్న కిబాల్చిచ్‌ని కలుసుకోడానికి వచ్చిన ప్రభుత్వం నియమించిన లాయరు అతడు కుమిలిపోతూ ఉంటాడో, పిచ్చివాడిలా ఉంటాడో అనుకున్నాడు కాని కిబాల్చిచ్ శుభ్రంగా, అందంగా, నిర్వికారంగా, దీర్ఘాలోచనలో మునిగి ఉన్నాడు. "ఏమైనా కావాలా?" అని అడిగిన ప్రశ్నకి సమాధానంగా "రాసుకోడానికి కాగితాలూ, కలమూ కావాలి" అన్నాడు, అవి వచ్చాయి.

"రాకెట్టు విమానపు డిజైన్" అనే పేరుతో పేజీలకు పేజీలు బొమ్మలతో, అంకెలతో, సాంకేతిక వివరాలతో నింపేశాడు. దానిని నిపుణుల కమిటీకి నివేదించవలసిందని కోరేడు. లాయరు ఆ కాగితాలకట్టను జైలు అధికారికి అందజేశాడు.

కోర్టులో కిబాల్చిచ్ అడిగిన ప్రశ్నలూ, చెప్పిన జవాబులూ పత్రికలలో పడి అప్పటికే దేశమంతటా అతడిమీద సానుభూతి, గౌరవమూ ప్రజలలో ఏర్పడి ఉన్నాయి. ఇప్పుడు ఈ రాకెట్టు విమానం సంగతి బయటపడితే గగ్గోలు అయిపోతుందని భయపడి, జైలు అధికారులు ఆ కాగితాలను బయటికి పోనివ్వలేదు. వాటిని భద్రంగా అతడి కేసు రికార్డులో పెట్టి, తాళం వేశారు.

కిబాల్చిచ్ డిజైనుచేసిన రాకెట్టు విమానంలో మధ్యలో మంటగది ఉంటుంది. అందులోకి పేలుడుమందు గుళికలు వరసగా వస్తూ పేలుతూ ఉంటాయి. ప్రతి క్రియవల్ల విమానం నిట్టనిలువుగా పైకిలేస్తుంది. ఆ తరువాత నాళిలును పక్కకి పంపడంద్వారా విమానం భూ సమాంతరంగా ప్రయాణం చేస్తుంది. మందు గుళికల సైజును మార్చడం ద్వారాగానీ, లేదా వాటిని మంట గదిలోకి పంపించే రేటును మార్చడం ద్వారాగానీ విమాన వేగాన్ని మార్చవచ్చు. ఇదీ అందులోని సారాంశం.

తన డిజైను గురించి ఈ పాటికి బయట సాంకేతిక నిపుణులు తర్జన భర్జనలు జరుపుతూ ఉండి ఉంటారు అనే గట్టి నమ్మకంతో అతడు ఉరిస్తంభం ఎక్కేడు. ఆ కాగితాలు దుమ్ము కొట్టుకుంటూ మరో 37 ఏళ్ళపాటు ఆ పాత రికార్డుల గొట్టులోనే పడిఉంటాయని అతడెరగడు. బోల్షివిక్ విప్లవం తరవాత 1918లో జైలురికార్డులను సోవియటు అధికారులు తిరగేస్తూ ఉండగా కిబాల్చిచ్ వ్రాసిన కాగితాల కట్ట బయటపడింది.

వారెవ్వరూ భూ వాతావరణాన్ని దాటి రోదసీయానం చెయ్యడానికి రాకెట్లను ఉపయోగించాలని ఉద్దేశించిన వారుకారు. విశ్వాంతరయానానికి

రాకెట్లను వాహనాలుగా ఉపయోగించినట్లుగా వ్రాసిన నవలలు ఆకాలంలో చాలానే వచ్చాయి. కాని, ఆ రచయితలెవ్వరూ ఆ విశ్వాంతరయానం అనేది ఎల్లా సాధ్యమో, భూ వాతావరణాన్ని దాటి వెళ్ళడంలో ఉన్న ఇబ్బందులు ఏమిటో, వాటిని ఎల్లా పరిష్కరించాలో తెలిసిన వారుకారు. ఆ విషయాలను ఆకళింపు చేసుకుని, అందులోఉన్న ఇబ్బందులకు విరుగుళ్ళు ఆలోచించి, శాస్త్రీయ దృక్పధంతో రాకెట్టు డిజైను గురించి పరిశోధన చేసినవారు ఆ కాలంలో ఇద్దరున్నారు. హెర్మెన్ గాన్స్వింట్ (1856-1934) అనే జర్మన్ ఇంజనీరు, కన్ స్టంతీన్ ఎదువార్డవిచ్ త్సియల్కోవ్స్కి (1857-1935) అనే రష్యన్ ఉపాధ్యాయుడూనూ.

గాన్స్వింట్‌ది సుడిగాలిలాంటి మనస్తత్వం. అతడి జీవితమంతా ఎదురైన ప్రతివాదితోటీ పేచీలు, కోర్టుకేసులతోటీ గడంచింది. తనకి రావలసినంత కీర్తి ప్రతిష్ఠలు రావడంలేదే అనే ఉడుకుబోతుతనం కనిపిస్తుంది అతడిలో. మొత్తం మీద అతడు తన శక్తి యుక్తులను ప్రయాణ సాధనాల అభివృద్ధికి వినియోగించాడు. సైకిలుకి "ఫ్రీ వీల్" (**Free Wheel**) కనిపెట్టేడు. గుర్రంలేనిబండి, మోటారు బోటు, ఫైర్ ఇంజన్, గాలిపటం, రాకెట్టు విమానం వగైరా వగైరాల మీద చాలా కృషి చేశాడు. బోలెడన్ని పేటెంటులు తీసుకున్నాడు. కాని, అతడిని ఎవ్వరూ గుర్తించలేదు పిచ్చివాడన్నారు. "వీడింకా బతికేఉన్నాడా!" అని విసుక్కున్నారు.

మన కధకు సంబంధించినంతవరకూ అతడు డిజైను చేసిన రోదసి రాకెట్టు మాత్రమే ముఖ్యం. జూల్‌వెర్న్ వ్రాసిన చంద్రలోక ప్రయాణగాధ చదవి ప్రభావితుడై అటువంటి ప్రయాణానికి తగిన రాకెట్టును డిజైను చేయడానికి పూనుకున్నాడు.

అతడికి ప్రతిక్రియా సిద్ధాంతం సరిగ్గా బోధపడ్డట్టు తోచదు. ఏమంటే రాకెట్టు పైకి ఎగరడానికి కారణం ఇవతలికి వచ్చే ఉష్ణవాయు ప్రవాహం బయటనున్న గాలిని వెనక్కి తోయడం వల్లనే అని నమ్మేడు. భూ వాతావరణాన్ని దాటేక శూన్యప్రదేశంలో తొయ్యడానికి బయట గాలి ఉండదు కనుక రాకెట్టును నడపడానికి ఈ పద్ధతి పనికి రాదనుకున్నాడు గుండువంటి ఘన పదార్థం పేలి రెండుముక్కలై, ఒకముక్క క్రిందనున్న నాజిలు నుండి వ్యర్థంగా బయటికి పోతుందనీ, రెండవముక్క పైకెగిరి రాకెట్టు పైన బిగించిన "టోపీ" కి గుద్దుకుని, తన చలనశక్తిని రాకెట్టుకి అందజేస్తుందని అతడు

ఊహించాడు. తదనుగుణంగానే రాకెట్టును డిజైను చేశాడు 1890 లో. ఆ ఉద్దేశంతోనే ఉక్కు గుళ్ళ మధ్యని డైనమైట్ పెట్టి, వాటిని "పేలుడు గది" (Explosive Chamber) లోకి వరసగా పంపే ఏర్పాటు చేశాడు. అల్పాల్ప మైన వాయు పరమాణువులవల్ల ఏమి అవుతుంది అనుకున్నాడు.

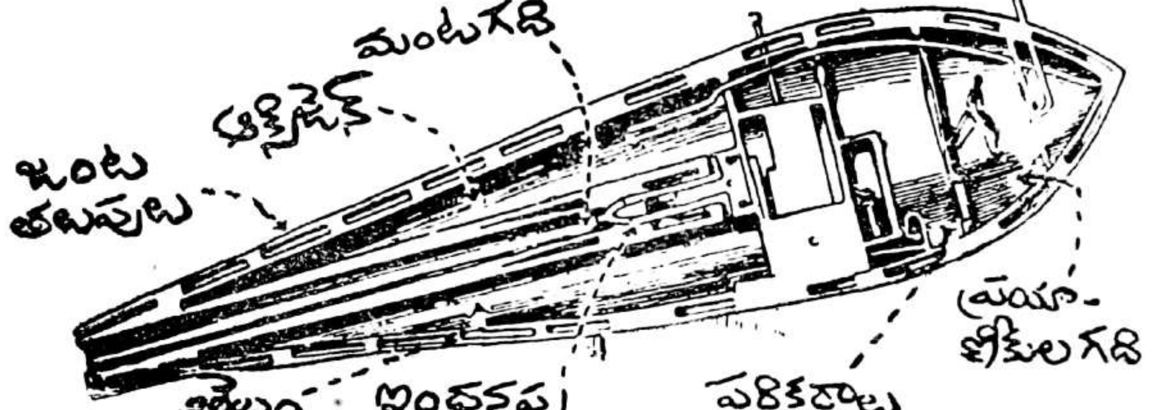
ఇంక త్సియల్కొవెస్కీ ధోరణి గాన్స్‌విండ్‌కి సరిగ్గా వ్యతిరేకం. ఇతడు మితభాషి బహునెమ్మదైనవాడు మృదువుగా ఎవరినీ నొప్పించకుండా మాట్లాడే వాడు. ఇతడంటే దేశమంతటా అభిమానులే. ఇండియాలో సిపాయి తిరుగుబాటు జరుగుతున్న సంవత్సరంలో పుట్టిన ఇతడు పదేళ్ళ వయస్సులో స్కార్లెట్ జ్వరం తగిలి బొత్తిగా చెవిటివాడై పోయాడు. అయినా గణితంలో అతడి ప్రతిభ చూచి స్కూలులో టీచరు ఉద్యోగం ఇచ్చారు.

23వ ఏట ఇతడు కొన్ని పరిశోధన వ్యాసాలు వ్రాసి సెంట్ పీటర్స్ బర్గ్-సొసైటీ అఫ్-ఫిజిక్స్-అండ్-కెమిస్ట్రీకి పంపించాడు. అతడు సాధించిన సమీకరణాలు అంతకు రెండు పుష్కరాల పూర్వమే మరొకరెవరో ప్రచురించి ఉన్నారు ఆ సంగతి అతడెరగడు వాటిని కాపీ కొట్టేడనుకున్నారు, ఆ సొసైటీవారు. కాని "డ్మిత్రీమిందలేయెఫ్" అనే విశ్వ విఖ్యాత శాస్త్రజ్ఞుడు (పిరియాడిక్ టేబుల్ కని పెట్టినవాడు) మాత్రం పనిగట్టుకుని ఆ వ్యాసాలలో ఉన్న "లోపాలను" వివరిస్తూ త్సియల్కొవెస్కీకి ఉత్తరం వ్రాశాడు. అక్కడితో అతడు ఫిజిక్సులో పరిశోధన మానేసి, కొత్త కొత్త వస్తువులు కనిపెట్టడం మీద కేంద్రీకరించాడు. గాలిఓడలు, రాకెట్లు అతడిని ఆకర్షించాయి.

1895లో రోదసీయానంమీద అతడు వ్రాసిన ఒక వ్యాసం ఒక పత్రికలో అచ్చుఅయింది. అప్పటినుంచీ అతడికి అదే వ్యాపకం అయిపోయింది. రోదసీ యానంలో ఉన్న ఇబ్బందులను గురించి సుదీర్ఘంగా ఆలోచించి, ప్రతి ఒక్క సమస్యకీ జవాబు వెదకడంలో పడ్డాడు.

గ్రహాలమధ్య ప్రదేశంలో గాలిలేదు కనుక రోదసీనౌక పూర్తిగా సీలు చేసినదై ఉండాలి. అందుకో మొత్తం రాను పోను ప్రయాణానికి సరిపడ ఆక్సిజన్ నిలవ చెయ్యాలి. ప్రయాణీకుడు విడిచేగాలిని పరిశుభ్రం చేయడం

అవసరం. గాలిలేని ప్రదేశంలో ప్రయాణం చెయ్యాలంటే ప్రతిక్రియ తప్ప మరో మార్గంలేదు. కనుక రాకెట్టుతప్ప మరో ప్రయాణ సాధనం అసాధ్యం. ఇప్పటి కన్న రాకెట్లుబాగా అభివృద్ధి కావాలి. అంటే బహిర్గత వాయువేగాన్ని పెంచాలి. అ పనిచేయడానికి ఘన ఇంధనంకన్నా ద్రవఇంధనమే మేలు. అయితే ఏద్రవం వాడాలి? కిరసనాయిలు, ఆక్సిజన్ ద్రవమూ వాడవచ్చు. వాటి బహిర్గత వాయు వేగాన్ని ఎలా లెక్కవేయాలి? వగైరా వగైరా అనేకానేక సమస్యలను కూలంకషంగా చర్చించి, సమాధానాలు సిద్ధంచేశాడు. ఈ పరిశోధనల సారాంశాన్ని 1899లో "నవూచ్నియే-ఆబ్రజేనియా" (**Science Survey**) అనే పత్రికకు పంపించాడు. ఆ పత్రికా సంపాదకులు దానినిచూచి, సందేహించి, తాత్సారంచేసి ఆఖరికి 1903లో ప్రచురించారు.



త్సియల్కోవస్కీ డిజైన్ చేసిన ద్రవఇంధన రాకెట్ (1899)

ఆ తరువాత రోదసీయానం మీద అతడు చాలా వ్యాసాలు వ్రాశాడు. అవి చదివి. అతడి పరిశోధనల కోసమని ప్రజలు అడగకుండానే విరాళాలు పంపేవారు. కాని, అటువంటి రాకెట్టును నిర్మించే ప్రయత్నం మాత్రం అతడు చేసినట్టులేదు.

మొత్తంమీద ద్రవఇంధన రాకెట్లను రోదసీ యానానికి ఉపయోగించాలి అని శాస్త్రీయంగా ఆలోచించిన వారిలో ఇతడే మొదటివాడు అని చెప్పాలి.

6. ప్రపంచ యుద్ధాలలో రాకెట్ల సంరంభం

మొదటి ప్రపంచయుద్ధంలో రాకెట్లు

అప్పటికే యుద్ధంలో రాకెట్లను మారణాయుధంగా వాడడం మూల బడింది. ఫిరంగులది పైచెయ్యి అయి కూర్చుంది. అంతలో 1914లో ప్రపంచ యుద్ధం మొదలు అయింది.

యుద్ధరంగంలోనూ, దాని వెనకనూ శత్రువు ఏమేమి సన్నాహాలు చేస్తున్నాడో, ఏయేవ్యూహాలు పన్నుతున్నాడో తెలుసుకోవడం చాలా అవసరం. ఈ పనికోసం హైడ్రోజన్ నింపిన రబ్బరు బుడగలనూ, అప్పుడప్పుడే వినియోగంలోకి వస్తూన్న విమానాలనూ ఉపయోగించేవారు. ముఖ్యంగా తాడుకట్టిన హైడ్రోజన్ బుడగల సాయంతో శత్రువు ఎక్కడ ఉన్నాడో తెలుసుకొని, ఆ వైపుగా ఫిరంగిగుళ్ళ వర్షం కురిపించేవారు కనుక ఇరుపక్షాలవారూ శత్రుపు తాలూకు హైడ్రోజన్ బుడగలను పగలగొట్టడానికి ప్రయత్నించేవారు. ఆ పనికి రాకెట్లు చక్కగా ఉపయోగపడ్డాయి. రాకెట్లను విమానంలో మోసుకుపోయి, ఆకాశంలోనుంచే ఆ బుడగలకు గురిపెట్టి వదిలేవారు.

ఫ్రెంచి "న్యూపోర్టు" విమానాల రెక్కల మధ్య నాలుగేసి రాకెట్లను కట్టి పైకి తీసుకువెళ్ళే పద్ధతిని 1916లో "లి-ప్రీయర్" అనే ఫ్రెంచి మిలిటరీ ఇంజనీరు ప్రవేశపెట్టేడు. ఈ విధంగా గాలిలో నుంచి గాలిలోకి రాకెట్టు విసరడం (Air-to-air rocket attack) మొదలు అయింది. 18 అంగుళాల పొడవున్న-ఘన ఇంధనంతో నడిచే-ఈ లి-ప్రీయర్ రాకెట్లు 130 గజాలదూరం తిన్నగా ప్రయాణంచేసి, ఆ తరవాత వంపు తిరిగిపోయేవి. వీటి తాకిడికి తట్టుకోలేక త్వరలోనే హైడ్రోజన్ బుడగల వాడకం తగ్గించేశారు. తరవాత ఎగిరే విమానంలోంచి శత్రువు కూపీతీసే పద్ధతి అభివృద్ధి అయింది.

జర్మనుల "త్సెప్పెలిన్" విమానాలను పడగొట్టడానికి ఫ్రెంచి వాళ్ళు రాకెట్లను ఉపయోగించారు. ఫిరంగి గుళ్ళకన్న తండోపతండాలుగా ప్రయోగించిన రాకెట్లే శత్రు విమానాలకి ఎక్కువ నష్టం కలుగజేశాయి. మొత్తం మీద

ఈ యుద్ధంలో రాకెట్ల పాత్ర చాలా స్వల్పమనే చెప్పాలి. అది అయినా ఫ్రెంచి వాళ్ళే ఎక్కువ ఉపయోగించారు.

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధంలో రాకెట్లు

రెండో ప్రపంచ యుద్ధంలో రాకెట్ల పాత్ర అద్వితీయం. స్థల జలవాయు రంగాలలో వాటి బీభత్సకాండ అపూర్వం.

భూమి మీద ఒక చోటి నుంచి మరో చోటికి (Surface to Surface) రాకెట్లను మొట్ట మొదట ప్రయోగించిన వాళ్ళు జర్మనులు.

నెబెల్ వెర్ఫర్ రాకెట్లు

ఈ పేరుతో రెండు రకాల రాకెట్లను తయారుచేశారు. వాటిలో ఒక దానికి పేలుడు మందు ముక్కు దగ్గర ఉంచారు మామూలుగానే. రెండవ రకం రాకెట్టు చిత్రమైనది. ఇందులో పేలుడు మందు రాకెట్టు వెనుక భాగంలో ఉంచారు. పేలుడు మందుచుట్టూ నాజిల్సు నిర్మించారు. వాటిలో నుంచి వచ్చే మంట పేలుడు మందుకి తగలకుండా ఇనపటోపీ వంటిది అమర్చారు. ఈ విచిత్రమైన నిర్మాణానికి కారణం భ్రమణ స్థిరీకరణాన్ని సాధించాలనే ప్రయత్నం.

ఇటువంటి ఆరు రాకెట్లను ఏక సమయంలో ప్రయోగించడానికి ఒక ప్రత్యేక సాధనం తయారు చేశారు. పొట్టి ఫిరంగి గొట్టాలు ఆరింటిని కలిపి కట్ట కట్టినట్లుగా ఉంటుంది దాని ఆకారం. ఆరేసి అంగుళాల వ్యాసం కలిగిన నెబెల్ వెర్ఫర్ రాకెట్లను వాటిలో పెట్టి ఒక్కసారిగా కాల్చేవారు. ఇవి ఆరు మైళ్ళ దూరం దాకా వెళ్ళి పడేవి. వీటికి లక్ష్యశుద్ధి తక్కువ. అయితే నేమి? వాటిని పుంఖాను పుంఖంగా వదిలే వారు. అనేక రాకెట్టు ఒకేసారి చిన్న ప్రదేశంలో పడితే దేనికో ఒకదానికి తగలక తప్పదు.

కాని ఈ రాకెట్లలో ఒక లొసుగు ఉంది. అవి ఎగిరి వెళ్ళిన దారి అంతటా పొగ చారిక ఆకాశంలో నిలిచి పోయేవి. దానిని చూస్తే ఆ రాకెట్లు ఏ ప్రదేశం నుంచి బయలుదేరేయో శత్రువుకి తెలిసిపోయేది. అనాటి పెద్ద పెద్ద ఫిరంగులు కూడా 6 మైళ్ళకన్న ఎక్కువ దూరమే వెళ్ళగలిగేవి. కనుక శత్రువు తన ఫిరంగులను పొగ వచ్చిన దిశలో బారుచేసి పేల్చగలిగేవాడు. దానితో జర్మనులు నెబెల్ వెర్ఫర్ రాకెట్లు ప్రయోగాలను నిలిపి వేయవలసి వచ్చింది.

మంటల రాకెట్లు

పెట్రోలు బాంబులను రాకెట్ల సాయంతో మొట్టమొదట ప్రయోగించిన వాళ్ళు కూడా జర్మనులే. పెద్ద డ్రమ్ము నిండా నూనె, పెట్రోలు కలిపిన మిశ్రమాన్ని నింపి, రాకెట్టు ముక్కుకి కట్టేవారు. అది చూడడానికి పెద్ద దుడ్డుకర్రలా ఉండేది. ఇది దేనికైనా గుద్దుకున్నప్పుడు నూనె - పెట్రోలు మిశ్రమం అంటుకుని, మంటలు ఆ ప్రదేశమంతా వ్యాపించేవి. ఈ రాకెట్టును ఒక ఇనప తొడుగులో పెట్టి ఉంచేవారు. ఆ తొడుగునే "లాంచింగు గొట్టం"గా (**Launching Tube**) ఉపయోగించేవారు. ఇది ఒక మైలు కన్న ఎక్కువ దూరం వెళ్ళేది కాదు.

ఒక విమానం నుంచి మరో విమానం మీదికి ఎగిరివెళ్ళే చిన్న రాకెట్లను కూడా జర్మనులు తయారు చేయగలిగేరు, యుద్ధం పూర్తి కావస్తున్న సమయానికి.

ఆత్మ హత్యకి రాకెట్లు

జపాను వాళ్ళు ఈ జర్మన్ రాకెట్లను కాపీ చెయ్యడమే కాక, తాము స్వంతంగా రాకెట్లకి ఒక కొత్త వినియోగాన్ని కనిపెట్టేరు. పొట్టి రెక్కల చిన్న విమానం తయారుచేసి, దాని తోక చివర రెండు బలమైన రాకెట్లు బిగించారు. ఆ విమానంలో ఒక టన్ను బరువున్న పేలుడు మందు దట్టించారు. అందులో ఒక్క పైలట్ కూర్చోడానికి మాత్రమే చోటు ఉంచారు. ఈ "బాకా"లో అతి విచిత్రమైన విషయం ఏమిటంటే అది నేలమీద క్షేమంగా వాలడానికి అవసరమైన **Landing Gear** అనేదే లేకుండా చేశారు. ఎందుకంటే ఈ రాకెట్టు విమానం క్షేమంగా తిరిగి రావడానికి ఉద్దేశించినది కానేకాదు. కనుక అనవసరపు బరువుచేటు అని, నేలమీద వాలడానికి అవసరమైన సాధనాలను తొలగించేశారు. వెళ్ళి వెళ్ళి దేనినో ఒకదానిని గుద్దుకుని పైలట్‌తో సహా పేలిపోవడం తప్ప దానికి మరో ప్రయోజనమే లేదు. ఈ పొట్టి రాకెట్టు విమానాన్ని మరో పెద్ద విమానం ఆకాశంలో లేవనెత్తి, శత్రు నౌకకి దగ్గరగా తీసుకువెళ్ళి, జారవిడుస్తుంది, అప్పుడు బాకాలో కూర్చున్న పైలట్ తోకలోని రాకెట్లను వెలిగిస్తాడు. జాగ్రత్తగా "డ్రైవు" చేసుకుంటూ వెళ్ళి వెళ్ళి ఆ ఓడను గుద్దుకునేలా చేస్తాడు. వెంటనే అది పేలుతుంది. ఓడని పేల్చివేస్తుంది. దానితో బాటు పైలట్ కూడా నామ రూపాలు లేకుండాపోతాడు. దానికి సిద్ధపడే అతడు బయలుదేరేడు.

ఈ రాకెట్టు విమానాన్ని ఇతరులు వేళాకోళానికి బాకా అని పిలిచేవారు.

అది దాని అసలు పేరుకాదు. ఆ మాటకి తెలివి తక్కువ మొద్దు అని అర్థం. వాటిని నడుపుకుంటూ వెళ్ళిన పైలట్లు అందరూ ఉద్దేశించినట్లుగానే చచ్చి పోయారు సరేకానీ, వాళ్ళు ఊహించినట్లుగా శత్రు నౌకలను మాత్రం ముంచలేకపోయారు! దానికి కారణం ఏమిటంటే ఈ బాకాలను కావలసిన లక్ష్యంవైపుగా డ్రైవు చేయడం చాలా కష్టం. అసలు ఇటువంటి ఇబ్బంది ఉన్నదని యుద్ధం పూర్తి అయే వరకూ జపాను వాళ్ళకి తెలియనేలేదు. "ఇదిగో ఈ ఇబ్బంది ఉంది. మొర్రో" అని చెప్పడానికైనా ఒక్క పైలటు అయినా తిరిగి వస్తేకదా!

బూస్టర్ రాకెట్లు (Booster Rockets)

బరువైన పెద్ద పెద్ద విమానాలు నేలమీదనుంచి పైకి లేవడమే అన్నింటి కన్న కష్టమైనపని. ఆ పనిలో విమానాలకు చేయూత నివ్వడానికి రాకెట్లను ఉపయోగించారు అమెరికనులు.

సముద్ర మధ్యంలో విమానాలు వాలడానికీ, పెట్రోలు నింపుకోడానికీ అనువుగా పెద్ద విమాన నౌకలను (**Air craft carriers**) తయారు చేశారు. ఆ ఓడపై భాగాన విమానాలు వాలడానికీ, పైకి ఎగిరిపోవడానికీ అనువుగా "రన్‌వే" (**Runway**) ఉంటుంది. కానీ దానిని చా-లా పొడుగ్గా తయారు చేయడం సాధ్యంకాదు కదా! చిన్న విమానాలకైతే ఈరన్‌వే సరిపోతుందికానీ, మరీ బరువైన పెద్ద విమానాలైతే చాలా దూరం పరుగెత్తితే కాని పైకి లేవడానికి తగ్గ వేగాన్ని పుంజుకోలేవు కనుక, ఈ చిన్న రన్‌వే వాటికి మాత్రమూ సరిపోదు.

ఈ ఇబ్బందినుంచి బయటపడడానికి రాకెట్లు ఉపయోగించాయి విమానపు రెక్కలకింద రాకెట్లుకట్టి వెలిగిస్తారు. వాటి సాయంతో విమానం ఎక్కువదూరం పరుగెత్తనవసరం లేకుండానే పైకిలేస్తుంది. కాళీ అయిన రాకెట్టుగుల్లలను కిందికి జారవిడిచేస్తారు. ఇదిగో ఈ విధంగా "చేయూత" నిచ్చే రాకెట్లను "బూస్టర్స్" అంటారు.

ఇది చాలా మంచిపద్ధతి నిజమే కానీ, బూస్టర్లలో నింపడానికి అనువైన ఇంధనం ఓ పట్టాన దొరకలేదు. మామూలు యుద్ధపు రాకెట్లలో వాడే నైట్రో సెల్యులోజు ఇంధనం బహు శక్తిమంతమైనది. అది చాలా వేగంగా కాలుతుంది. "నల్లమందు" అయితే బొత్తిగా నెమ్మదిగా కాలుతుంది. పైగా నిలవ ఉంచిన నల్లమందు రాకెట్లు పేలిపోవచ్చు కూడానూ. బూస్టర్ రాకెట్లలో

వాడదగ్గ ఇంధనం ఈ రెండింటికీ మధ్యస్థంగా ఉండాలి. అది అతి శీతల అత్యుష్ణ వాతావరణాలలో కూడా చెడిపోనిదై ఉండాలి. ఈ లక్షణాలుగల ఇంధనాన్ని వెతికి పట్టుకోడానికి రెండేళ్ళు పట్టింది.

ఇవి ఘన ఇంధన రాకెట్లు. అందులో అస్ఫాల్ట్ + పొటాసియం పెరక్లోరేట్ మిశ్రమం కూరేరు. ఇవి 12 సెకనులపాటు కాలుతాయి. ఒక్కొక్కటి 1000 పౌనుల శక్తితో పైకి తోస్తుంది.

హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడు ఇంధనంతో పనిచేసే రాకెట్ బూస్టరను జర్మనులు ఉపయోగించారు. వీటిని గురించి 8వ ప్రకరణంలో విపులంగా తెలుసుకుంటాం.

బాంబులకి రాకెట్ల సాయం

యుద్ధ సమయంలో విమానాలు బాంబులను మోసుకుపోయి శత్రువుల టాంకులమీదనో, ఓడలమీదనో పడవేయవలసి ఉంటుంది. ఆ పని సరిగ్గా చెయ్యాలనే ఉద్దేశంతో బాంబరు విమానం మరీ కిందుగా ఎగిరి వెడితే ఆ టాంకులూ, ఓడలూ తమ దగ్గరఉన్న ఫిరంగులతో ఆ విమానాన్ని పేల్చివేయగల ప్రమాదం ఉంది. వాటి బాధినుండి తప్పించు కుందామనే ఉద్దేశంతో బాంబర్లు మరీ ఎత్తుగా ఎగురుతూ వెడితే జారవిడిచినబాంబు గురితప్పిపోవచ్చు. మరి ఎల్లాగా? ఈ పని కోసం రాకెట్లసాయం తీసుకున్నారు. విమానాలను పైకి గెంటటానికి రాకెట్లను వినియోగించినట్లుగానే బాంబుల రెక్కలకి చినరాకెట్లు కట్టి, దెబ్బకొట్టవలసిన వస్తువు ఇంక కొద్ది దూరంలో ఉన్నదనగా అటువైపు గురిచూచి వదల వచ్చునని గ్రహించారు.

అటువంటి రాకెట్టు-బాంబులు తయారు అయేలోగా అంతకన్న మంచి పద్ధతి తట్టింది. పెద్ద బాంబులకి బలహీనమైన రాకెట్ల సాయంపంపడంకన్న, విమానంలో నుంచి బలీయమైన రాకెట్టునే సరాసరి శత్రువు మీదకు వదలచ్చును కదా? అటువంటి శక్తిమంతమైన రాకెట్లను అమెరికనులు, రష్యనులూ ఏక సమయంలో రూపొందించారు.

విమానంలోనుంచి తుపాకి గుళ్ళను కురిపించి కిందనున్న టాంకులను నాశనం చేయడం చాలాకష్టం. ఏమంటే చిన్న చిన్న తుపాకీగుళ్ళు దిట్టమైన టాంకు కవచానికి తగిలినప్పటికి టాంకుకి నష్టం ఏమీ జరగదు. అవి దానికి దున్నపోతుమీదవాన. పోనీఅంటే పెద్దపెద్ద ఫిరంగులను విమానాలలో మోసుకు

వెళ్ళడం సాధ్యంకాదు కదా? ఈ విషమ పరిస్థితిని అధిగమించడానికి రాకెట్లను ఉపయోగించారు రష్యనులు. అవి విమానంలో తీసుకుపో గలిగినంత తేలికా, పెద్ద ఫిరంగులంత శక్తివంతములూనూ. కవచం కాస్తపలచగా ఉండే టాంకుల పైభాగాలను ఈ రాకెట్లతో పేల్చి, జర్మనులకు కంగారు పుట్టించ గలిగేరు.

ఇటువంటి రాకెట్లనే అమెరికనులుకూడా తయారు చేశారు. M 8 అని పేరు. ఇవి 4½ అంగుళాల వ్యాసము, 38 పౌనుల బరువూ కలిగినవి. 300 మైళ్ళ వేగంతో ఎగురుతున్న విమానంలోంచి వదులుతారు. కనుక వీటికి పక్షస్థిరీకరణం చాలు. వీటిని విమానపు రెక్కలకింద కడతారు. శత్రువును కొట్టాలనుకున్నప్పుడు పైలట్ తన విమానాన్ని ఆ దిశలో గురిచేసి, రాకెట్లను వెలిగించేమీట నొక్కితేచాలు.

ఈ రాకెట్లు యుద్ధంలో చాలా పని చేశాయి. నేల మీద నిలుచుని ఫిరంగి గుళ్ళతో కొట్టడానికి సాధ్యంకాని శత్రువుల దుర్గాలను, వంతెనలను, రైళ్ళనూ, టాంకులను, ట్రక్కుల బిడారులను—మరిదేనినైనాసరే ఈ రాకెట్లతో కొట్ట గలిగేవారు.

యుద్ధపు చివరి రోజులలో M 8 కి రెట్టింపు బరువు, శక్తికలిగిన "హోలి మోజెస్" అనే రాకెట్లను అమెరికన్ విమానదళం వినియోగించింది. ఈ రాకెట్లదెబ్బకి తట్టుకోగలవి ఏవీలేవు ఒక్క పర్వతాలు తప్ప. అదిగో ఆ పర్వతాలనే జపాను వాళ్ళు అడ్డంపెట్టుకున్నారు. పసిఫిక్ మహాసముద్రపు దీవులలో పర్వతాలను లోపలినుంచి దారిచేసి, భూసొరంగాలుగా లోపలికి దారులు చేసుకుని, జపాను వాళ్ళు వాటిని తమ ఆయుధాగారాలుగా మార్చుకున్నారు! వీటిని హోలీ మోజెస్ పగుల గొట్టలేకపోయాయి. వాటికోసం ప్రత్యేకంగా "టెనీ—టామ్" అనే పెద్దరాకెట్టును అమెరికనులు తయారు చేశారు. 11 అంగుళాలవ్యాసము, 10 అడుగుల పొడవు కలిగిన ఈ రాకెట్లను విమానాలు అధిక సంఖ్యలో మోసుకుపోలేవు. కానీ ఒక్కటి తగిలతేచాలు.

రాకెట్ల వర్షం

ఇంతవరకూ చెప్పుకున్నవన్నీ విమానాలు మోసుకువెళ్ళి, ఆకాశంలో నుంచి కాల్చదగ్గ రాకెట్లు. ఇవికాక నేలమీదనుంచీ, ఓడలమీదనుంచీ కాల్చ దగిన రాకెట్లున్నాయి. M 8 రాకెట్లనే ఈ పనికి కూడా ఉపయోగించవచ్చు

వీటికి లక్ష్యశుద్ధి తక్కువ. కనుక గుంపులు గుంపులుగా విడిస్తే ఒక చిన్న ప్రదేశంలో ఉన్న సమస్తవస్తువుల్ని తుడిచి పెట్టెయ్యగలవు.

60 రాకెట్లను ఒకేసారి కాల్చగల "కాలియోప్" (Calliope) అనే సాధనాన్ని అమెరికన్లు తయారుచేశారు. రష్యనులు ఇదేమో సరుగా "కత్యూషా" రాకెట్లను ఉపయోగించారు. ఇవి ప్రయాణం చేయగలదూరం సుమారు రెండు మైళ్ళు మాత్రమే. నెబెల్ వెర్ఫర్‌లో లాగే పొగచారికనుబట్టి అచూకీ శత్రువుకి తెలిసిపోయే ప్రమాదం వీటికి ఉంది. వీటిని ఒకేచోట స్థిరంగా ఉంచితే శత్రువుల ఫిరంగులు వీటిని నాశనం చేసేస్తాయి కనుక వీటిని టాంకుమీదనో, జీపు మీదనో పెట్టి, ఒక సారి కాల్చిన వెంటనే అక్కడనుంచి త్వరగా వాటిని మరో చోటికి తరలించుకుపోతారు. గురిచూచిన స్థలం చిన్నది కనక అయితే కాలియోపు ఒక్క వరస పేల్చితే సరిపోతుంది.

ఒక్కొక్కప్పుడు చాలా విశాలమైన ప్రదేశంమీద అతివేగంగా బాంబుల వర్షం కురిపించ వలసిన అవసరం కలుగుతూ ఉంటుంది. అది ఎప్పుడంటే శత్రువు అధీనంలో ఉన్న దీవినో, రేవు పట్టణాన్నో నౌకా బలంతో లొంగదీసుకోవలసి వచ్చినప్పుడు పడవలమీద సైనికులనుపంపించి యుద్ధం చేయించడం సాధ్యంకాదు; పడవల మీద నెమ్మదిగా ఒడ్డుకి వస్తున్న వాళ్లని శత్రువులు బహు సులభంగా చప్పరించేస్తారు. అటువంటి సమయాలలో శత్రువుకి తుపాకి పేల్చడానికి కూడా అవకాశం దొరకనంత వేగంగా మర్దించగలగాలి.

నౌకా, సైనిక దళాలు రెండూ కలిసి అమెరికాలో M.8 రాకెట్లను ఈ పనికి వినియోగించడంలో కృషి చేశాయి. సైనికదళానికి లేని, నౌకాదళానికి ఉన్న సౌకర్యం ఒకటి ఉంది. రాకెట్లు నేలమీద నిలుచుని పేల్చాలంటే లాంచింగు గొట్టాన్ని ఉపయోగించాలి. అప్పుడు మడిచిన రెక్కలుగల (పక్ష స్థిరీకృత మైన) రాకెట్లనే వాడాలి. అది అంత మంచిపద్ధతి కాదని తెలుసుకున్నాం కదా! అదే ఓడ మీద అయితే చాలా స్థలం ఉంటుంది బరువు అనే సమస్య కాదు కనుక రెక్కలు మడవకుండా పెద్ద లాంచింగు సాధనాలు ఉపయోగించి రాకెట్లను పేల్చవచ్చు.

ఓడ మీద మరో సౌకర్యం కూడా ఉంది. నేలమీద అయితే మరీ ఎక్కువ రాకెట్లను దగ్గరదగ్గరగా పేర్చి ఉంచడం సాధ్యం కాదు. అదే ఓడ మీద అయితే పై భాగాన వట్టినన్ని రాకెట్లను పెట్టవచ్చు. అటువంటి ఓడల సాయంతో 1943లో సిసిలీ మీద జరిపిన దండయాత్రలో ఒక్కొక్క ఓడ

నిమిషానికి 1020 రాకెట్లను పేల్చగలిగింది. చాలా పెద్ద యుద్ధనౌక అదే వ్యవధిలో పేల్చగల ఫిరంగి గుళ్ళకన్న ఇది రెండున్నర రెట్లు ఎక్కువ. ఆ సంఖ్యా బలంతో రాకెట్లు వచ్చిపడితే ఆ ప్రదేశంలో తల ఎత్తి నిలబడగలది ఏదీ మిగలదు. నేలలో పాతిన "మైన్సు" పేలిపోతాయి. ముళ్ళ తీగల కంచెలు తెగిపోతాయి. మెషీన్‌గన్స్ తుక్కు తుక్కు అయిపోతాయి. ఎదురు దెబ్బ తీయడానికి శత్రువుకి దమ్ము అందదు.

ఆ తరువాత శత్రువు ఆధీనంలో ఉన్న రేవుల మీద సైనికులను దింపడానికి ఇటువంటి రాకెట్టు నౌకలను ఉపయోగించడం పరిపాటి అయింది. యుద్ధం ముగియవచ్చే సమయానికి 5 అంగుళాల వ్యాసం గల భ్రమణ స్థిరీకృతమైన రాకెట్లు తయారై వచ్చాయి. అవి మరింత మంచివి.

సబ్మెరిన్లను నిర్మూలించే రాకెట్లు

నీటిలో మునిగి ప్రయాణం చేసే జర్మన్ జపాను దేశాల జలాంతర్గాములను (**Submarines**) నాశనం చెయ్యడానికి కొత్త తరహా రాకెట్లు మూడు తయారయాయి.

పేలుడు మందు లేని రాకెట్లు

సబ్మెరిన్ నీటి పైభాగానికి వచ్చినప్పుడు విమానం నడుపుతున్న పైలట్ చూసి, దానిని వగులగొట్టడానికి ప్రయోగించదగ్గరాకెట్టు నొకటి తయారు చేశారు. అది M-8 కన్న చిన్నదీ, అంతకన్న బరువైనదీనూ. ఇందులో పేలుడు మందుకూడా ఉండదు! దాని బరువులో చాలా భాగం దళసరి ఉక్కు-తొడుగు వల్ల ఏర్పడినదే. సబ్మెరిన్‌కి రాకెట్టు వెళ్ళి తగిలి చిల్లుపొడవగలితే చాలు పేలుడు అవసరమేలేదు మిగిలిన పని లోపలికి వెళ్ళే నీళ్ళే పూర్తి చేస్తాయి. అతి వేగంగా ప్రయాణం చేస్తూ పోయి సబ్మెరిన్ కవచాన్ని చీల్చుకుని లోపలికి పోగల శక్తివంతమైనది ఈ రాకెట్టు.

రెట్రో రాకెట్లు

రెండవ రకం రాకెట్టు ఇంకా చిత్రమైనది. బాంబుల వేగాన్ని పెంచడానికి బూస్టర్ రాకెట్లు వాడిన సందర్భాలు ఇదివరలో చూశాం. కానీ ఈ కొత్త తరహా రాకెట్లు వీటికి సరిగ్గా వ్యతిరేకం. బాంబు వేగాన్ని తగ్గించడానికి వీటిని ఉపయోగిస్తారు. వీటిని "రెట్రో రాకెట్లు" (**Retro Rockets**) అంటారు. అసలు బాంబు వేగాన్ని తగ్గించవలసిన అవసరం ఏమిటో చూద్దాం.

నీళ్లలో కొద్దిలోతున మునిగి ఉన్న సబ్మెరిన్‌ని పైనుంచి వెడుతున్న విమానంలోని పైలట్ చూడగలడు. చూసిన వెంటనే బాంబును జారవిడిచేడు అనుకుందాం. విమాన వేగం వల్ల ఆ బాంబు సరిగ్గా కిందనున్న సబ్మెరిన్ మీద పడక ఇంకా ఎదరకి వెళ్ళి దూరంగా పడుతుంది. కనుక సబ్మెరిన్ కనిపించిన వెంటనే బాంబు జారవిడిచి లాభం లేదు. మరి ఏం చెయ్యాలి?

ఆ వేగంతో విమానం కొంత దూరం ఎదరకి వెళ్ళిపోతుంది. దానిని మళ్లించి వెనక్కి తీసుకురావాలి. అప్పుడైనా పైలట్ పని సుళువు ఏమీ కాదు. ఇంతకు ముందు తాను ఏ స్థలంలో సబ్మెరిన్‌ని చూచాడో సరిగ్గా ఊహించ గలగాలి. ఆ ప్రదేశం ఇంకా కొంత దూరం ఉంది అనగానే బాంబును జారవిడవాలి. ఈ లోగా సబ్మెరిన్ అక్కడనుంచి చల్లగా జారుకోవచ్చు. సముద్రంలో "కొండగుర్తులు" ఏవీ ఉండవు కనుక ఇంతకు ముందు తాను చూచిన స్థలాన్ని గుర్తుపట్టడం చాలాకష్టం.

ఈ ఇబ్బందిని అధిగమించడానికే రెట్రో రాకెట్టు.

మామూలు రాకెట్టునే "తిరగేసి" బాంబుని అంటగడతారు. దానిమంట వెనక్కి కాకుండా విమానం వెడుతున్న దిశలోనే ఉంటుంది. కనుకనే ఈ రాకెట్టు తోపుడు శక్తి విమాన గమనానికి వ్యతిరేక దిశలో ఉంటుంది. ఇటువంటి రెట్రో రాకెట్ల ఉపయోగం 3వ ప్రకరణంలో రాకెట్టు కారుని బ్రేకువేసే సందర్భంలో చూశాం.

కింద సబ్మెరిన్‌ని చూచీ చూడగానే రెట్రో రాకెట్టుతో కూడిన బాంబును పైలట్ జారవిడుస్తాడు. విమాన వేగంవల్ల బాంబు ముందుకిపోతూ ఉంటే, రెట్రో రాకెట్టు అదే వేగంతో వ్యతిరేక దిశలో తోస్తుంది. ఈ రెండు పరస్పర వ్యతిరేక వేగాలూ ఒక దాని కొకటి చెల్లు అయిపోతాయి. బాంబు తిన్నగా కిందికి పడుతుంది. సరాసరి కిందనున్న సబ్మెరిన్‌కి తగిలి పేలిపోతుంది.

క్రిందటి యుద్ధంలో జర్మనుల ఆఖరి సబ్మెరిన్ ఈ రకమైన రెట్రోరాకెట్ బాంబువల్లనే నాశనమైంది.

హెడ్జిహాగ్ రాకెట్లు

మూడో రకం రాకెట్లని విమానంలోనుంచి కాక, ఓడ మీదనుంచి వదులుతారు. వీటికి "హెడ్జిహాగ్" (**Hedgehog**) అని పేరు. వీటిని కనిపెట్టక పూర్వం నీళ్ళల్లో మునిగి కనిపించకుండా ఉన్న సబ్మెరిన్లని నాశనం చెయ్యా

దానికి "లోతు-బాంబులు" (Depth - charge) ఉపయోగించేవారు.

పెద్ద డ్రమ్ములో పేలుడు మందునింపి సబ్మెరిన్ ఉన్న ప్రాంతంలో వదిలేవారు. వీటిలో ఒక నిర్దిష్టమైన లోతుకి వెళ్ళేక ఆ బాంబు పేలిపోతుంది. ఎంత లోతుకి వెళ్ళేక పేలిపోవాలో ముందుగానే నిర్ణయించి అమర్చవచ్చు. దానిని అమర్చడానికి ముందు సబ్మెరిన్ ఎంత లోతులో ఉందో తెలుసుకోవాలి. ఆ లోతును సరిగ్గా తెలుసుకుని దాని ప్రకారం లోతుబాంబును సరిదిద్ది నీళ్ళల్లో వదిలితే సబ్మెరిన్ దగ్గరలోకి రాగానే పేలిపోతుంది. తగినంత దగ్గరలో పేలినట్లయితే సబ్మెరిన్ నాశనమవుతుంది.

మరి సబ్మెరిన్ ఎంత లోతులో ఉందో తెలుసుకోవడం ఎల్లాగ? నీళ్ళల్లో మునిగివున్న సబ్మెరిన్ తాలూకు ప్రొపెల్లరు చేసే చప్పుడును ఓడలోని సున్నితమైన పరికరాలు పసికట్టి, ఆ ధ్వని ఎంత దూరంనుంచి ఏ దిశనుంచి వస్తున్నదీ నిర్ణయించగలవు. రెండు మూడు లోతు బాంబులు పేలేసరికి, భయంకరమైన ఆ పేలుడుకి ఓడలో శబ్ద పరికరాల దగ్గర కూర్చున్న వాళ్ళ గూబలు అదిరిపోయేవి. ఒక్కొక్కప్పుడు ఆ పరికరాలే పగిలిపోయేవి. మొదటి బాంబుకి నాశనం కాకపోతే సబ్మెరిన్ ఆ చోటును వదలి పారిపోవచ్చు.

ఈ ఇబ్బందులను తొలగించడానికే హెడ్జిహాగ్ రాకెట్లని తయారుచేశారు. 24 రాకెట్లు పెట్టిన మందుల పెట్టెలా ఉంటుంది అది.

ఓడ పడిచెక్కమీద నుంచి వాటి నన్నిటినీ ఏక సమయంలో ప్రయోగిస్తారు. అవి గాలిలో కొంత ఎగిరి, వంపుతిరిగి నీళ్ళల్లో వెదజల్లినట్లు దూర దూరంగా పడతాయి. ఈ రాకెట్లు లోతు-బాంబుల కన్న బాగా చిన్నవి. ఇవి దేనికైనా తగిలితేనేగాని పేలవు. ఓడలోని మనుషులకు హెడ్జిహాగ్ రాకెట్టు పేలిన చప్పుడు వినిపిస్తే సబ్మెరిన్‌కి తగిలిందనే అర్థం. ఈ రాకెట్ల పేలుడుధ్వని చాలా అల్పం కావడంచేత చెవులు బద్దలయే భయంలేదు

కిందటి యుద్ధంలో ఈ మూడు రకాల రాకెట్ల వల్లనూ చాలా సబ్మెరిన్లు నాశనం అయ్యాయి.

టాంకులను పగులగొట్టే బజూకా రాకెట్లు

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధంలో అత్యంత ప్రసిద్ధి చెందిన రాకెట్టు "బజూకా" (**Bazooka**) చాలా మందంగా ఉండే టాంకుల ఉక్కు కవచాలనూ, కాంక్రీటు గోడలనూ పగులగొట్టడానికి వీటిని తయారు చేశారు అమెరికనులు.

టాంకులమీద తుపాకి గుళ్లు కురిపిస్తే ఏమీ లాభంలేదు. వాటివల్ల దాని చెక్కు చెదరదు. కొందరు ఫిరంగులను ఉపయోగించారు కానీ అవి కూడా సమర్థవంతం కాలేకపోయాయి. పైగా వాటిని ఉపయోగించడానికి చాలా మంది మనుషులు కావాలి. ఫిరంగిగుళ్ళ తాకిడిని తట్టుకోవడానికి టాంకు ఉక్కు కవచాలను మరింత మందంగా తయారు చేయటం మొదలు పెట్టేరు.

రంగం మీదికి బజూకా రాకెట్లు వచ్చాక పరిస్థితి అంతా మారిపోయింది, ఎంత దళసరి ఉక్కు కవచాన్ని అయినా సరే అతి సులువుగా ఈ బజూకాలకి ఎల్లా వచ్చింది.

మొట్ట మొదటగా ఈ బజూకాలను గురించి విన్నవారు వాటి శక్తికి మూల కారణం వాటి విపరీత వేగమే అయి ఉంటుంది అనుకున్నారు. నిజానికి బజూకా చాలా నెమ్మదిగా ప్రయాణం చేస్తుంది! బహుశా అది చాలా పెద్ద రాకెట్టు అయి ఉంటుందని కొందరనుకున్నారు. అది కూడా సరికాదు. 2.36 అంగుళాల వ్యాసమూ, 3.3 పౌనుల బరువు మాత్రమే కలిగిన ఈ బజూకాలను నిజంగా పిగ్మీలు అనాలి. అందులో కూరిన మందు ఏదో ప్రత్యేక తరహాది అనుకుందామా అంటే అదీకాదు. దీని రహస్యం అంతా ఆ మందును కూరిన పద్ధతిలోనే ఉంది!

మన్రో సూత్రం

1887 లో C.E. మన్రో అనే అమెరికన్ ప్రొఫెసరు గన్‌కాటన్‌తో ప్రయోగాలు చేస్తూ అతి విచిత్రమైన రహస్యాన్ని కనుగొన్నారు.

బంతిలాగ, లేదా కడ్డీలాగ ఉన్న పేలుడు మందు పేలినప్పుడు ఆ శక్తి కేంద్రం నుంచి అన్ని వైపులకీ ఇంచుమించు సరిసమానంగా వెదిరిపోతుంది. కాని, అదే మందును "కప్పు" ఆకారంలో, అర్ధగోళాకారంలో గాని, శంఖు ఆకారంలో గాని లోపల ఖాళీగా ఉండేటట్లు మలిచినట్లయితే ఒక విచిత్రమైన పరిస్థితి ఏర్పడుతుంది. పేలుడు శక్తులు ఆ కప్పు లోపలి గోడలకు తగిలి, పరావర్తనం చెంది, వెనక్కి తిరిగివచ్చి మధ్యలో కేంద్రీకృతమై, బ్రహ్మాండమైన విధ్వంసక శక్తిగా బయటికి వస్తాయి. దీనిని "మన్రో ఎఫెక్ట్" (Munroe Effect) అంటారు. ఈ ప్రత్యేక ఆకారంలో ఏర్పరచిన "మన్రో ఛార్జి" (Munroe Charge) అని "మలిచినమందు" (Shaped Charge) అని పిలుస్తారు.

అయితే కప్పు ఆకారంలో మందును మలిచినంతమాత్రాన సరిపోదు. ఉదాహరణకి ఫిరంగి గుండు లోపల మందును కప్పుఆకారంలో మలిచి టాంకు మీదికి గురిచూచి పేల్చితే ఆ వేగానికి గుండుపైనున్న ఇనుప తొర, దానికింద నున్న మందు తాలూకు కప్పు ఆకారమూ చితికి నజ్జు నజ్జు అయిపోతాయే కాని, మన్రో ఎఫెక్టు సిద్ధించదు. టాంకు తొడుగుకి చిల్లుపడదు. కనుక అంత వేగం పనికిరాదు. గుండును నెమ్మదిగా విసరడం ఫిరంగికి చేతకాదు.

అయితే జరగవలసినదేమిటంటే—ఫిరంగి గుండు అంత వేగంగా కాక, కాస్తనెమ్మదిగా ప్రయాణం చెయ్యాలి. అది టాంకు తొడుగుకి వెంట్రుక వాసి దూరంలో ఉండగానే ముందు పేలిపోవాలి. అల్లా జరిగితేనే కప్పు ఆకారం చితికి పోకుండా ఉండి, మన్రోఎఫెక్టు సిద్ధిస్తుంది. టాంకు కవచానికి చిల్లు పొడిచేస్తుంది. ఈ పని సక్రమంగా నిర్వర్తించడానికి తక్కువవేగంతో ప్రయాణం చేయగల చిన్నరాకెట్టు పనికి వస్తుందని గ్రహించారు.

అటువంటి రాకెట్టులో వాడవలసిన ఇంధనం ఎటువంటిదై ఉండాలి? రాకెట్టు తన లాంచింగు గొట్టాన్ని వదిలితో సీలోగా అందులో కూరిన ఇంధనం అంతా మండడం పూర్తి అయిపోవాలి. లేకపోతే రాకెట్టుమందు దానిని ప్రయోగిస్తున్న సిపాయి మొహానికి తగులుతుంది.

ఆఖరి బజూకా తయారైంది. ట్రాన్సిస్టరు రేడియో తాలూకు ఏరియల్ లాగ దగ్గరగానొక్కి మడిచి వేయడానికి వీలైన బారెడు పొడుగున్న గొట్టం-ఒక మనిషి బుజాన పెట్టుకుపోగలిగినది తయారు చేశారు. మరొక సిపాయి ఆ గొట్టంలో బజూకా రాకెట్టుదూర్చి వెలిగిస్తాడు.

శత్రువు తన టాంకుల కవచాన్ని మరింత మందంగా తయారుచేస్తే మరింత పెద్ద బజూకాను ప్రయోగించడమే దానికి జవాబు. పగిలిన కవచపు చిల్లులోనుంచి మంటలోపలదూరి టాంకులోపల ఉన్న సమస్తాన్నీ దహించి వేస్తుంది.

కొద్దికిలోల బరువు మాత్రమే ఉన్న-ఇద్దరు సిపాయిలు సునాయాసంగా ప్రయోగించగలిగిన-బలిష్ఠమైన టాంకు కవచాన్ని పగులగొట్టగలిగిన బజూకా రెండవ ప్రపంచయుద్ధంలో మిత్రరాజ్యాల విజయానికి తోడుపడ్డ ఆయుధాలలో అతిముఖ్యమైనది!

7. జర్మన్ రాకెట్టు ప్రయోగాలు

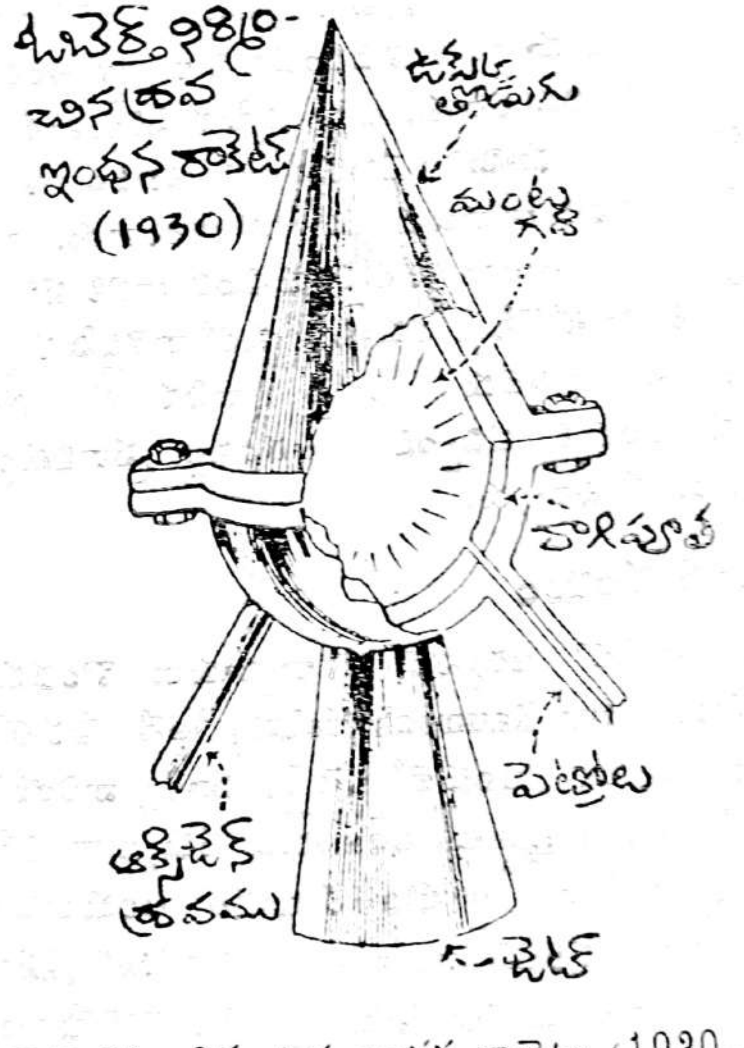
1923లో హెర్మన్ ఓబెర్త్ అనే 29 ఏళ్ళ జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞుడు "రాకెట్లతో గ్రహాంతరయానం" అనే పుస్తకం వ్రాశాడు జర్మన్ భాషలో. భూ వాతావరణాన్ని దాటి వెళ్ళగల రాకెట్లను నిర్మించడం ప్రస్తుతపు సాంకేతిక పరిజ్ఞాన అవధులలో సాధ్యమేనన్నాడు. మరికొంత పరిశోధనతో భూమ్యాకర్షణ కథంబ హస్తాలను వదిలించుకుని రాకెట్టు అంతరిక్షం (Space) లోకి ఎల్లావెళ్ళగలదో వివరించాడు. ఆ రాకెట్లమీద ఎక్కి మనుషులు ఏ విధంగా ప్రయాణంచేసి, తిరిగి భూమిని చేరుకోగలరో చూపించాడు. ఈ రాకెట్లవల్ల మానవజాతికి ఎటువంటి లాభాలున్నాయో విశదీకరించాడు. రాకెట్లకు సంబంధించిన ఎన్నెన్నో సమస్యలను వేలెత్తి చూపించి వాటికి పరిష్కార మార్గాలు చూపించాడు. త్సియల్కోవ్‌స్కీ రష్యన్ భాషలో రాకెట్లమీద వ్రాసిన పరిశోధన వ్యాసాలు అతడు చూడలేదు. ఓబెర్త్ వ్రాసిన ఈ గ్రంథం యూరపు అంతటా ప్రచారంలోకి వచ్చింది. అతడివల్ల ప్రభావితులైన ఇంజనీర్లూ, శాస్త్రజ్ఞులూ ఎందరో ఉన్నారు.

రోదసీయాన సంఘం

1927 జూన్‌లో జర్మనీలో ఔత్సాహికులు కొందరు "రోదసీయాన సంఘ" (Verein fur Raumschiffahrt) అనే పేరుతో ఒక సంఘాన్ని ఏర్పాటు చేసుకున్నారు. అందులో ఓబెర్త్, మాక్స్ వాలియర్, వెర్నర్ ఫాన్ బ్రౌన్, విల్లీలే వంటి శాస్త్రజ్ఞులు, ఇంజనీరులు సభ్యులుగా చేరేరు. ద్రవఇంధన రాకెట్లను నిర్మించడమూ, గ్రహాంతరయానం అందుబాటులోనే ఉన్నదని ప్రచారం చేయడమూ వంటివి వారి లక్ష్యాలు. "రాకెట్టు" (Die Rakete) అనే మాసపత్రికను కూడా మొదలు పెట్టేరు. బెర్లిన్ పొలిమేరలలో తమ రాకెట్ల పరిశోధనకు కోసం కొంత స్థలం సంపాదించి దానికి "రాకెట్ ఏరోడ్రోము" అని పేరు పెట్టేరు.

1926 లోనే అమెరికాలో గాడర్డ్ ద్రవ ఇంధనంతో రాకెట్టును ఎగుర వేసినపప్పటికీ దాని వివరాలు ఏమీ తెలియని రోదసీయానసంఘం ద్రవఇంధన రాకెట్ల పరిశోధన ఓనమాలతో ప్రారంభించింది. అక్సిజన్ ద్రవాన్ని, పెట్రోలుని

ఇంధనంగా వాడాలని ఓబెర్త్ నిశ్చయించాడు కాని, ఆ రెండు ద్రవాలనూ
కలిపి వెలిగించగానే భయంకరంగా పేలిపోతుందనీ, వాటిని రాకెట్లలో ఇంధ
నంగా వాడడం అసాధ్యమనీ కొందరు "సిద్ధాంతవేత్తలు" భయపెట్టేరు. అది
జాగ్రత్తగా పరిశీలించవలసిన విషయమే మరి ఒక్కసారిగా ఆక్సిజన్
ద్రవాన్నే వాడడానికి భయపడి, మామూలు గాలిని చల్లబరచి ద్రవంగా
మార్చి, అందులో పెట్రోలు వచ్చి పడేటట్లు అమర్చాడు. చాలాదూరంలో
నిలుచుని ఆ మిశ్రమానికి నిప్పు ముట్టించాడు. అది స్వల్పంగా పేలింది.



ఓబెర్త్ నిర్మించిన ద్రవ ఇంధన రాకెట్టు (1930)

కిటికీల గాజు తలుపులు పగలడంకన్న ఎక్కువ నష్టం జరగలేదు. రెండవసారి
మళ్ళీ అటువంటి ప్రయోగమే చేయడంలో బలమైన పేలుడు సంభవించి,
ఓబెర్తుకి కన్నుపోయినంత పని అయింది. చాలా రోజులు ఆసుపత్రిలో పడక
వేశాడు కళ్ళకి కట్టుతో. ఆ సమయంలో రాకెట్టు మోటారు ఎల్లా వుండాలో,

ఇంధనాలను అందులోకి ఎల్లా పంపించాలో, ఎల్లా మండించాలో వంటి విషయాలను సుదీర్ఘంగా ఆలోచించే సావకాశం చిక్కింది.

1930 జూలైలో ఓబెర్త్ నిర్మించిన ద్రవ ఇంధన రాకెట్టు సరిగ్గా పని చేసింది. మంటగదిని ఉక్కుతో రెండు భాగాలుగా చేసి, నట్టు-బోల్టులతో దగ్గరగా బిగించాడు. దానికి "కెగెల్ డ్యూజు" అని పేరు పెట్టారు. ఆ మాటకు "కోన్" ఆకారం అని అర్థం. అల్యూమినియం మిశ్రలోహంతో నిర్మించిన ఆ రాకెట్టు 6 అడుగుల పొడవున తయారైంది. అది 90 సెకనులపాటు పేలిపోకుండా మండింది. 7 కి.గ్రా. తోపుడు శక్తినిచ్చింది. కాని, పైకి అయితే ఎగరలేదు.

క్రమంగా మంటగదిని చల్లబరచడానికి ఇంధనాన్నే ఉపయోగించే పద్ధతి కనుగొన్నారు. ఇంధనాన్ని మంటగదిలోకి తీయడానికి పంపులు తయారు చేశారు. ఇంజెక్టర్లు నిర్మించారు. కొత్త కొత్త ఇంధనాలు, వాటి లక్షణాలూ నిర్ణయించడానికి పూనుకున్నారు.

పీన్ మూండే

ఈ విధంగా చురుగ్గా ఎదరికి సాగిపోతున్న రోదసీయాన సంఘాన్ని 1933లో నాజీ సైనికాధికారులు మూయించేశారు. కాని, రాకెట్టు పరిశోధనలు ఆపలేదు. వాటిని మరింత తీవ్రంగా కొనసాగ నిచ్చారు. ఆ పరిశోధనలు పరమ రహస్యం అయిపోయాయి. వాటి ధ్యేయం చంద్రమండలానికి ప్రయాణం కాదు, మారణాయుధ నిర్మాణం. ఆ కేంద్రాన్ని "పీన్‌మూండే" అనే చోటికి మార్చి, వెర్నర్ ఫాన్ బ్రౌన్ అనే యువకుణ్ణి డైరెక్టరుగా నియమించారు. అతడి పేరు త్వరలోనే ప్రపంచ ప్రసిద్ధం అయింది. పీన్‌మూండే అనే పేరు ప్రపంచానికి సింహస్వప్నం అయింది.

మొదటి ప్రపంచ యుద్ధంలో ఓడిపోయిన జర్మనీ ఏయే రకాల ఆయుధాలను నిర్మించకూడదో 1919లో వార్సెయిల్స్‌లో తీర్మానం జరిగింది; 10,000 టన్నులను మించిన యుద్ధనౌకలను నిర్మించరాదు, బరువైన ఫిరంగులను తయారుచేయరాదు వగైరా వగైరా. అందులో రాకెట్లను నిర్మించరాదు అనే నియమంలేదు ఆనాటికిరాకెట్టును యుద్ధంలోవాడదగ్గ మారణాయుధంగా ఎవరూ లెక్కించక పోవడమే దానికి కారణం. ఈ లొసుగును జర్మన్ సైనికాధికారులు బాగా ఉపయోగించుకున్నారు. పెద్ద పెద్ద బాంబులను అనేక వందల మైళ్ళ

దూరానవున్న శత్రు పట్టణాల మీద పడవేయగల రాకెట్ల నిర్మాణానికి పెద్ద ఎత్తున పూనుకున్నారు.

బాంబులు పడవేయడమే అయితే ఆ పనిని విమానాలు కూడా చేయగలవు కదా? కాని ఆ విమానాలను మార్గమధ్యంలోనే శత్రువులు ఫిరంగులతో పేల్చి పడగొట్టెయ్యవచ్చు. ఘన ఇంధన రాకెట్లు వున్నాయిగానీ అవి అప్పట్లో 6 మైళ్ళ దూరాన్ని మించి వెళ్ళగలిగేవి కావు. రెండు మూడు వందల మైళ్ళ దూరం ప్రయాణం చేయగల రాకెట్లు వారికి కావాలి. అవి విమానాల కన్న ఎన్నో రెట్లవేగంతో ఎంతో ఎత్తున ప్రయాణం చెయ్యగలవు కనుక వీటిని పడగొట్టడం ఫిరంగుల తరం కాదు.

ఈ పని సక్రమంగా నిర్వర్తించగల సత్తా ఒక్క ద్రవ ఇంధన రాకెట్లకే ఉన్నదని పీన్‌మూండేలోని శాస్త్రజ్ఞులు నిర్ణయించారు. కాని వాటి నిర్మాణ రహస్యం పూర్తిగా ఎవ్వరికీ అర్థమే కాలేదు. సాధించవలసిన సమస్యలు నెత్తి మీద జుట్టు అన్ని ఉన్నాయి.

అమెరికాలో గాడర్డ్ చేసిన ప్రయోగంలో మంటగది రాకెట్టు ముక్కు దగ్గర ఉంది. ఇది అంత మంచి ఏర్పాటు కాదని జర్మనులు త్వరలోనే గ్రహించారు. మంటగది ముక్కు దగ్గర ఉంటే స్థిరీకరణం సులభం అన్న మాట నిజమేకానీ, వెంట్రుక వాసి పక్కకి వంగిందంటే, గురికి అనేక మైళ్ళ దూరాన వెళ్ళి పడుతుంది. చంద్రమండలాన్ని చేరుకోదలచినట్లయితే ఇది అంత ఇబ్బంది కాకపోవచ్చు కానీ, లండన్‌లోని ట్రఫాల్గర్ స్క్వేర్‌లో పడాలని ప్రయోగించిన రాకెట్టు అట్లాంటిక్ సముద్రంలో ఎక్కడో పడితే వారికేం లాభం?

తప్పుడుదారి సవరణ

మరొక సంగతి. రాకెట్టు అన్నాక ఊహించని ఎన్నో కారణాల వల్ల కాస్తో కూస్తో దారి తప్పడం సహజమే. దానికి విరుగుడుగా మార్గ మధ్యంలోనే రాకెట్టు దారి తప్పినట్లు తెలుసుకోగలగాలి; దారి ఎంత తప్పిందో తెలుసుకోగలగాలి; ఆ దోషాన్ని సవరించే పద్ధతి ఉండాలి. అప్పుడు కాని రాకెట్లు లక్ష్యాన్ని సరిగ్గా చేరుకోలేవు.

ఈ పని చేయడానికి రేడియోతరంగాలను ఉపయోగించవచ్చు. రాకెట్టు సెకనుకి రెండు మూడు మైళ్ళ వేగంతో ప్రయాణం చేయగలిగితే, రేడియో తరంగాలు సెకనుకి 186,000 మైళ్ళ వేగంతో ప్రయాణం చేస్తాయి. కనుక

ఎగురుతున్న రాకెట్టుకి మార్గమధ్యంలోనే ఈ తరంగాల ద్వారా సందేశం పంపించవచ్చు. ఈ సందేశాన్ని అందుకోవడానికి రాకెట్టులో ఏరియల్, సున్నితమైన రేడియో రిసీవరు ఉంటాయి. రేడియో కేంద్రం ప్రసారం చేస్తున్న సమాచారాన్ని వేలకొద్దీ మైళ్ళ దూరాన కూర్చున్న మనం రేడియో ట్యూను చేసుకుని వినగలుగుతున్నట్టే ఇదీనూ.

భూమి మీద ఉన్న రాకెట్టు కేంద్రం నుంచి రేడియో తరంగాల ద్వారా పంపిన ఆజ్ఞలను రాకెట్టులోని రిసీవరు అందుకుంది సరే; అందుకుని అది ఏం చెయ్యగలదు? రాకెట్టు గమనంలోని దోషాన్ని ఎల్లా సవరించగలదు? ఆ పని చెయ్యడానికి రాకెట్టులో చిన్న ఎలక్ట్రిక్ మోటారు ఉంటుంది. రిసీవరు అందుకున్న ఆజ్ఞలకి అనుగుణంగా ఈ మోటారు వెనుకకు గాని, ముందుకు గాని తిరుగుతుంది. ఎన్ని చుట్లు తిరిగి ఆగిపోవాలో కూడా ఆజ్ఞలలోనే ఇమిడి ఉంటుంది.

మోటారు తిరిగింది సరే, దానివల్ల రాకెట్టు నడుస్తున్న దిశ ఎల్లా మారుతుంది? ఈ పనికి రాకెట్టు రెక్కలను (Fins) ఉపయోగించాలని మొట్టమొదట ప్రయత్నాలు జరిగేయి. రాకెట్టు రెక్కలను ఎలక్ట్రిక్ మోటారు తిప్పుతుంది. చుక్కాని తిప్పితే పడవ దిశ, విమానం దిశ మారినట్లే, రెక్కలను తిప్పితే రాకెట్టు దిశ మారుతుంది.

కాని, ఇందులో ఒక ఇబ్బంది ఉంది. రాకెట్టు చాలా వేగంగా ప్రయాణం చేస్తూ ఉంటుంది. ఆ వేగంలో రాకెట్టు రెక్కలమీద గాలి వత్తిడి చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఆ వత్తిడిని అధిగమించి రెక్కలను తిప్పగలగాలంటే ఆ మోటారుకి చాలా బలంవుండాలి. పైగా, గాలి లేని శూన్య ప్రదేశంలో (వాతావరణానికి బయట) రాకెట్టు ప్రయాణం చేస్తున్నట్లయితే రెక్కలను తిప్పగలిగినా ప్రయోజనం లేదు. గాలి వత్తిడి ఉంటేనే రెక్కల ఉపయోగం.

హేల్ కనిపెట్టిన వేన్స్‌ని (6వ ప్రకరణం) కొద్దిగా మార్చి ఉపయోగించారు. జెట్‌కి మధ్యలో కాకుండా కొంచెం పక్కగా వేన్స్ అమర్చారు. మామూలు పరిస్థితులలో ఈ వేన్స్ వెనక్కి మణిగి ఉండి, జెట్‌కి అడ్డురాకుండా ఉంటాయి. అవసరమైనప్పుడు అవసరమైన మేరకు ఈ వేన్స్‌ని కదిలించి వాయు ప్రవాహంలో పెడతారు దానివల్ల జెట్ దిశ స్వల్పంగా మారుతుంది. దానితో బాటే రాకెట్టు దిశ కూడా మారుతుంది.

ఒక సమస్యను సాధిస్తే మరో నాలుగు కొత్త సమస్యలు ఎదురు అవుతూ

వచ్చాయి. రేడియోద్వారా ఆజ్ఞాప్రసారం చేసి, రాకెట్టు దిశను మార్చే పద్ధతిని సాధించగలిగేరు సరేకాని, రేడియో పరికరాలు, ఏరియల్, వేన్స్‌ని కదిలించగల బలమైన ఎలక్ట్రిక్ మోటారు, బేటరీలు మొదలైనవన్నీ అమర్చాలంటే ఆ రాకెట్టును ఇదివరకెన్నడూ కనీవినీ ఎరుగనంత పెద్దసైజులో తయారు చేయవలసివచ్చింది. ఆ సైజుకితగ్గ ఇంధనపు టాంకులు, ఆ ద్రవాలను బహువేగంగా తోడి మంట గదిలో పొయ్యగల పంపులు, ఆ గది గోడలు వేడెక్కి కరిగిపోకుండా ఏర్పాట్లు.... వగైరాలన్నీ కొత్తసమస్యలే. ప్రతి సమస్యకీ జవాబు పరిశోధించి కనుక్కోవలసిందే.

ఇటువంటి బ్రహ్మాండమైన రాకెట్టును నడపడానికి ఎటువంటి ఇంధనం వాడాలన్నది మరో ప్రశ్న. ఆల్కహాలును తైలంగానూ, ఆక్సిజను ద్రవాన్ని ఆక్సిడైజరుగానూ వాడదలచారు. ఆల్కహాలు ఉపయోగించినట్లయితే మంట గదిని చల్లబరిచే పద్ధతి సుళువు అవుతుందని గ్రహించారు.

మంటగదిచుట్టూ చల్లని ఇంధనాన్ని ప్రవహింపజేసి, గదిగోడలను చల్లబరచవచ్చునని జర్మనులే కనిపెట్టేరు. (దీని వివరాలు 8వ ప్రకరణంలో చూడవచ్చు). గదిగోడలను చల్లబరిచే ప్రక్రియలో వేడెక్కినప్పటికీ ఆల్కహాలు ఆక్సిజను లేనిదే మండదు కనుక భయంలేదు.

ఇంధనాలను మంటగదిలోనికి ఎల్లా పంపుచెయ్యాలన్నది మరొకసమస్య. హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడు అణువులను విడగొట్టినప్పుడు ఏర్పడ్డ ఆవిరితో టర్బైను నడిపించి పంపుచేసే పద్ధతిని జర్మనులే కనిపెట్టేరు.

V - 2 రాకెట్టు

ఇటువంటి పందలాది సమస్యలకు జవాబులు వెతుకుతూ, ఆఖరికి తాము అనుకున్న రాకెట్టును తయారుచేయగలిగేరు. దానికి **V-2** అని పేరుపెట్టారు. **V** అంటే **Vergeltung** (ప్రతీకారం) అని అర్థం.

దాని ఎత్తు = 48 అడుగులు

క్రింది వ్యాసం = $5\frac{1}{2}$ అడుగులు

ఆల్కహాలు = 4 టన్నులు

ఆక్సిజన్ ద్రవం = 5 టన్నులు

మొత్తంబరువు = 12 టన్నులు

దాని తోపుడుశక్తి = 5 లక్షల అశ్వశక్తులు

దాని ముక్కుకి ఒక టన్ను బరువున్న "ఎమథాల్" అనే పేలుడు పదార్థాన్ని కట్టేరు. ఎమథాల్ అంటే ట్రైనైట్రోటాల్యీన్ + అమోనియం నైట్రేటు. దీనిని ప్రత్యేకంగా ఎన్నుకోడానికి కారణం, రాకెట్టు కిందికి దిగుతున్నప్పుడు గాలి ఒరిపిడివల్ల కలిగే వేడికి పేలిపోకుండా తట్టుకోగలగడానికి.

ఆల్కహాలులో 18% నీళ్ళు కలపడం ద్వారానూ, ఆ ద్రవాన్ని మంటగది చుట్టూ తిప్పడంద్వారానూ, అదనంగా ఈ ద్రవాన్ని నాజిలు కంఠం దగ్గర చిమ్మడం ద్వారానూ మంటగదిని చల్లబరిచారు. ఇలా చిమ్మిన ఆల్కహాలు నాజిలులో ఆక్సిజన్ లేకపోవడంచేత మండదు కానీ, ఆల్కహాలు తుంపరలు జెట్‌తోబాటు బయటికి వచ్చి, బయటిగాలిలో మండి, 50 అడుగుల పొడవున్న మంట ఏర్పడింది.

ఆక్సిజన్ ద్రవం ఆవిరి అయి పోవడాన్ని తగ్గించడానికి టాంకులచుట్టూ "గ్లాస్ వూల్" కుక్కేరు.

V-2 రాకెట్టును నిట్ట నిలువుగా వదిలిపెడితే 62 మైళ్ళ ఎత్తు, నేలబారుగా వదిలితే 200 మైళ్ళ దూరము వెళ్ళగలదు. దాని గరిష్ట వేగం గంటకి 3466 మైళ్ళు.

ఈ విధంగా తయారుచేసిన 1300 రాకెట్లను 1944 సెప్టెంబరు నుంచి ఆక్రమించుకున్న హాలెండు నుంచి లండను మీద పడేటట్లు జర్మనులు విడిచిపెట్టేరు. అందులో 518 మాత్రమే లండను మీద పడ్డాయి. 2700 మంది చనిపోయారు. 6400 మంది తీవ్రంగా గాయపడ్డారు.

లండనువంటి విశాలమైన పట్టణానికి ఇదొక పెద్దనష్టం అనడానికిలేదు. జర్మనులు యుద్ధపు వత్తిడిలో వీటిని హడావిడిగా తయారుచేశారు. తీరిగ్గా ఆలోచించడానికీ, లోపాలను సరిదిద్దడానికి వ్యవధి లేకపోయింది. అది ఒకందుకు మంచిదే అయింది.

వస్సెర్ ఫాల్

జర్మనులు ఇంకా అనేక రకాల ద్రవ ఇంధన రాకెట్టు తయారీలో ఉన్నారు కానీ, అవి ఏవీ యుద్ధం పూర్తి అయేలోగా సిద్ధం కాలేదు. వాటిలో చాలాభాగం శత్రు విమానాలను కూల్చడానికి ఉద్దేశించినవి. వాటిలో ముఖ్యమైనది "వస్సెర్ ఫాల్" అనే రాకెట్టు. ఆ మాటకు జలపాతం అని అర్థం.

$22\frac{1}{2}$ అడుగుల ఎత్తున్న ఈ రాకెట్టులో అతి ముఖ్యమైన సంగతి ఏమి

టంటే ఇందులో ఆక్సిజన్ ద్రవాన్ని ఉపయోగించలేదు. ఈ ద్రవంతో చాలా ఇబ్బందులున్నాయి. ఇది చాలా వేగంగా ఆవిరి అయిపోతుంది కనుక రాకెట్టు లోని టాంకులో ముందుగానే ఆక్సిజన్ ద్రవాన్నిపోసి, అలమారులో పెట్టిదాచి ఉంచుకోడానికిలేదు. కాస్త ఆలస్యమైతే టాంకు కాళీ అయిపోతుంది. అందుచేత ఏంచేసారంటే ఆక్సిజన్ టాంకును కాళీగా ఉంచి V-2 రాకెట్టును రాకెట్ ఏరోడ్రోముకి తీసుకు వెళ్ళేవారు, దాని వెనుకనే ఆక్సిజన్ ద్రవంగల పెద్ద ఫ్లాస్కును లాగుతూ ట్రాక్టరు వచ్చేది. రాకెటును వెలిగించడానికి కొద్ది క్షణాలు ముందుగా మాత్రమే ఆ ద్రవాన్ని రాకెట్టు లోనికి పంపు చేసేవారు. పంపుచేసే సమయంలో కొంతద్రవం ఆవిరైపోతుంది. V-2లో పట్టే 10,000 పౌనుల ఆక్సిజన్‌లో రెండు మూడు వందల పౌనుల ద్రవం ఆవిరైపోతే విచారించనక్కరలేదు కానీ, 1000 పౌనుల ఆక్సిజన్ పట్టే వస్సెర్ ఫాల్‌లో ఇంత నష్టం చాలా ఎక్కువ అనే అనుకోవాలి.

ఆక్సిజన్ ద్రవాన్ని వస్సెర్ ఫాల్‌లో వాడకపోవడానికి మరో కారణం కూడా ఉంది. శత్రు విమానాలను వడగొట్టడానికి రాకెట్టు తయారు చేయదలుచుకున్నప్పుడు, విమానం మోత వినిపించే సరికి అది సిద్ధంగా ఉండాలి. అంతేకాని "మేము ఆక్సిజన్ నింపుకోవాలి, కాస్తసేపు విమానాన్ని ఆపవయ్యా పైలట్టూ!" అనడానికి లేదుకదా?

బ్రిటిష్ వాళ్ళు శత్రు విమానవిధ్వంసం కోసం ఘన ఇంధన రాకెట్లను తయారు చెయ్యడానికి తంటాలు పడుతున్న సమయంలో జర్మనులు తమ వస్సెర్‌ఫాల్‌లో ఏ ద్రవ ఇంధనాన్ని వాడాలా అని దీర్ఘాలోచనలో ఉన్నారు. ఆక్సిజన్ ద్రవం పనికి రాదని తేలిపోయింది. ఆక్సిజన్ లేనిదే ఏ తైలమూ మండదు కదా? కనుక సరాసరి ఆక్సిజన్ ద్రవంకాక, అణు నిర్మాణంలో ఆక్సిజన్ బంధింపబడి ఉండి, కావలసినప్పుడు దానిని విడిచిపెట్టగల ద్రవంకావాలి. అది త్వరగా ఆవిరైపోనిదై ఉండాలి, కుదుపువల్ల ప్రమాదించనిదై ఉండాలి. అది మండించగల తైలం కావాలి. చాలాచాలా ప్రయోగాలు చేయగా చేయగా ఆఖరికి "విసోల్" అనే తైలమూ, నైట్రిక్ ఏసిడ్ అనే ఆక్సిడైజరూ దొరికేయి.

విసోల్ (Visol) అనేది జర్మనులు పెట్టుకున్న రహస్య సంకేతనామం. బుటైల్ ఈథర్+15% ఎనిలిన్ కలిసిన ద్రవం ఇది

జర్మన్ రసాయన శాస్త్రజ్ఞులు సుమారు 6000 రసాయన ద్రవ్యాలను పరిశీలించి, పరిశోధించి, ప్రయోగించి వాటిలో ఏవి రాకెట్లలో ఇంధనాలుగా

వాడడానికి అర్హమైనవోనని వడపోత మొదలుపెట్టేరు. అందులో పది పన్నెండు ద్రవాలు మాత్రమే ఇంధనాలుగా ఉపయోగిస్తాయని తేల్చారు. తమ రీసెర్చి ఫలితాలు శత్రు దుర్భేద్యంగా ఉంచడంకోసం ఆ ఇంధనాలకు గుప్తనామాలు పెట్టుకున్నారు. వాటిని పట్టిక-18లో చూపించాను.

పట్టిక—18

సంకేతనామం	రసాయన సంయోజనం
A.Stoff	ఆక్సిజన్ ద్రవం
B.Stoff	హైడ్రోజన్ హైడ్రేట్
Bre.Stoff	పెట్రోలు
C.Stoff	30% హైడ్రోజన్ హైడ్రేట్+57% మెథనాల్ + 13% నీరు + స్వల్పంగా పొటాసియం క్యూప్రో సయొనైడ్
M.Stoff	మెథనాల్
R.Stoff	57% క్రూడ్ అక్సైడ్-m-క్సైలిడిన్+43% ఇథైల్ ఎమైన్
SV.Stoff	90-98% నైట్రిక్ ఏసిడ్+2-10% సల్ఫ్యూరిక్ ఏసిడ్
1	2
T.Stoff	80% శుద్ధ హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్ + ఆక్సీక్వినొలైన్ లేక ఫాస్ఫేట్ స్టెబిలైజర్
Z.Stoff	నీటిలో కరిగించిన సోడియం లేక కాల్షియం పెర్మాంగనేట్
Visol	బుటైల్ ఈథర్ + 15% ఎనిలిన్

వస్సెర్‌ఫాల్‌లో ఉపయోగించిన విసోల్‌గానీ, నైట్రిక్ ఏసిడ్‌గానీ వేటికవి ప్రమాద రహితమైనవే. త్వరగా ఆవిరి అయిపోనివే. మరో ముఖ్యమైన లాభం ఏమిటంటే ఈ రెండు ద్రవాలూ కలిసీ కలియగానే స్వయంగా మండిపోతాయి. ఈ రెండు ద్రవాలనూ వేరు వేరు టాంకులలో పోసి, రాకెట్టులో

ఉంచుతారు. రాకెట్టును వెలిగించాలంటే ఆ టాంకుల వాల్వులు రెండూ విప్పి, ఆ ద్రవాలు మంట గదిలో పడేటట్లు చేస్తేచాలు; వేరే ఇగ్నైటరు అవసరం లేదు

ఈ రాకెట్టు ముక్కు దగ్గర, ఫిన్స్ దగ్గరా రేడియో రిసీవర్లు అమర్చారు. ముక్కుకి సరిగ్గా కింద అనేక వాతావరణాల వత్తిడిలో గాలిని ఉంధించి ఉంచుతారు. భూమి మీద నుంచి పంపించిన ప్రత్యేక రేడియో సంకేతాన్ని రాకెట్టులోని కింది రిసీవరు అందుకోగానే వత్తిడిలో ఉన్నగాలి ఫిన్స్ స్థితిని అవసరమైన విధంగా మార్చి, రాకెట్టును లక్ష్యం వైపు వెళ్ళేటట్లుగా చేస్తుంది. ఆ విధంగా స్టీరింగు సాధ్యమైంది.

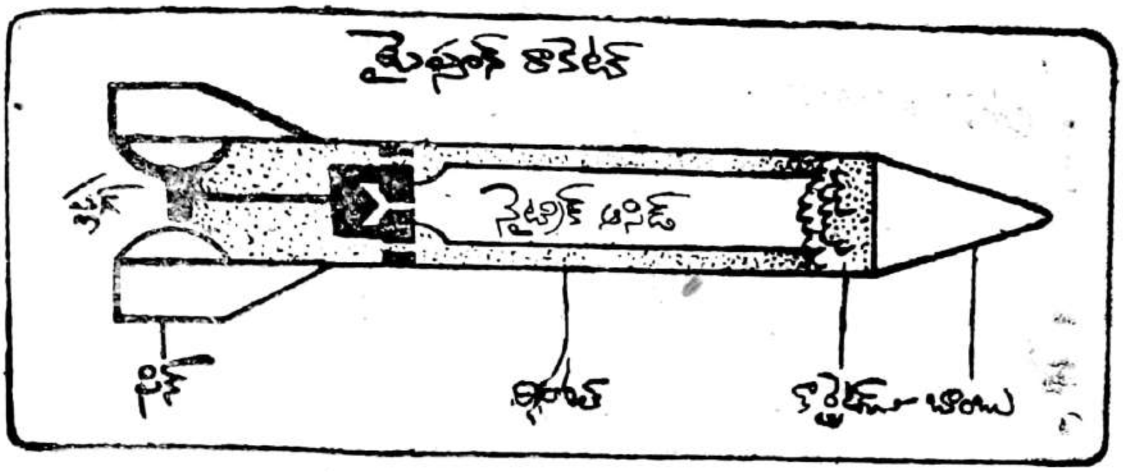
శత్రు విమానం నడి నెత్తికి వస్తున్న సమయంలో వస్సెర్ ఫాల్‌ని వెలిగిస్తారు. రేడియో సంకేతాలు పంపిస్తూ ఒకడు నేల మీద నిలుచుని ఆ రాకెట్టును లక్ష్యం వైపు నడిపిస్తూ ఉంటాడు. రాకెట్టు ఆ విమానానికి సమీపం లోకి రాగానే మరొక రేడియో సంకేతాన్ని పంపించి రాకెట్టు ముక్కు దగ్గర ఉన్న బాంబును పేల్చేస్తాడు.

4 టన్నుల బరువున్న బోలెడు ఖర్చు అయిన ఈ వస్సెర్‌ఫాల్ అన్న ప్పుడు సరిగ్గా పని చేసేది కాదు. V-2 లాగే దీనిని కూడా హడావిడిగా తయారుచేశారు.

టైఫూన్

ఒక పక్క వస్సెర్‌ఫాల్ తయారీకి కృషి చేస్తూనే జర్మనులు మరొక ద్రవ ఇంధన రాకెట్టును నిర్మించడానికి ప్రయత్నించారు. దాని పేరు టైఫూన్. అమెరికనుల M-8 రాకెట్టు కన్న రవ్వంత పెద్ద సైజులో ఉండే ఈ బుల్లి రాకెట్టు చవక అవడం చేత వేగంగా, పెద్ద సంఖ్యలో వీటిని తయారు చేయ గలిగేరు అమెరికనులు M-8 రాకెట్లను రేవు పట్టణాల మీదికి పంపిన తరు వాతనే జర్మనులు తమ టైఫూనులను శత్రు విమానాల మీదికి పంపించాలని తలపెట్టేరు.

ఇది చిన్న రాకెట్టు కావడం చేత **V-2** లోనూ, ఆఖరికి వస్సెర్‌ఫాల్



లోనూ ఉన్నట్లు రేడియో రిసీవర్లూ, దిశ మార్చే పరికరాలూ గట్రా ఏమీ ఇందులో అమర్చడానికి వీలు కాదు. చాలా సింపుల్‌గా తయారైంది.

ఇందులో కూడా విసోల్ + నైట్రిక్ ఏసిడ్ ఇంధనాన్ని వాడేరు. విసోల్ టాంకు లోపల నైట్రిక్ ఏసిడ్ టాంకును ఉంచేరు. ముక్కు దగ్గర కార్డైట్ (Cordite) అనే పేలుడు పదార్థం స్వల్పంగా ఉంచారు. రాకెట్టును వెలిగించాలంటే ఈ కార్డైటును పేల్చాలి. పేలుడువల్ల విసోల్, నైట్రిక్ ఏసిడ్ ద్రవాలు రెండూ కిందికి గెంటబడతాయి. ఆ తోపుడుకి కిందనున్న మూత తెరుచుకుని ఆ ద్రవాలు మంట గదిలో ప్రవేశిస్తాయి. వెంటనే మండుతాయి. రాకెట్టు రివ్వున పైకి లేస్తుంది.

వస్సెర్ ఫాల్ కన్న త్వరగా బయలుదేరే టైఫూన్ రాకెట్టు 50 వేల అడుగుల ఎత్తుదాకా ఎగురుతుంది. ఆనాటి విమానాలు అన్నీ ఈ లోపునే ఎగిరేవి. ఇవి తయారై వచ్చేసరికి యుద్ధం ముగిసింది.

రాకెట్ బాంబులు

రేడియోద్వారా కంట్రోలు చేయదగ్గ రకరకాల రాకెట్ బాంబులను జర్మనులు తయారు చేశారు. వాటికి చిత్రమైన పేర్లు పెట్టేరు; ఫ్యూయర్‌లిల్లీ (ఫైర్ లిల్లీ), ష్మెట్టెర్‌లింగ్ (సీతాకోక చిలుక), రైన్ టోచర్ (రైన్ కన్య) వగైరాలు. వాటిలో రెండింటిని మాత్రమే మచ్చుకి ఇక్కడ వివరిస్తాను. వాటికి **X-4** అనీ, **HS.298** అనీ సాంకేతిక నామాలు.

X-4 రాకెట్ బాంబు

దీనిని విమానం కింద కట్టుకుని, పైకి తీసుకువెళ్ళి, శత్రువుని చూసి, సమీపంలో వదులుతాడు పైలట్.

విమానంలో నుంచి రెండు సన్నని ఇన్సులేటెడ్ రాగి గల (Insulated wires) బాంబుకి అతుక్కొని బయటికి వస్తాయి, దారబ్బంతిలోనుంచి దారం బయటికి వచ్చినట్లు. ఆ తీగల పొడవు $3\frac{3}{4}$ మైళ్ళు. ఆ రెండు తీగలలోనుంచి విద్యుత్ సంకేతాలు "పల్సెస్" (Pulses) రూపంలో పంపిస్తూ, బాంబును లక్ష్యం వైపుగా నడిపిస్తాడు పైలట్. చీకట్లో సరిగ్గా కనపడడానికి బాంబు పై భాగాన ఒక ఎలక్ట్రిక్ దీపం వెలుగుతూ ఉంటుంది. విసోల్+నైట్రిక్ ఏసిడ్ ఇంధనంతో నడిచే ఈ రాకెట్ బాంబు మొత్తంపొడవు ఆరు అడుగులు.

HS–293 గ్లైడర్ బాంబు

ఇది జపాను వాళ్ళ 'బాకా'ను పోలినది. కాని ఒక్కటే తేడా, ఇందులో ఆత్మహత్యచేసుకునే పైలట్ ఉండడు. దీనిని గ్లైడర్‌బాంబు అనీ, గాలిటార్పెడో అని పిలిచేవారు.

దీనిని ఒక పెద్ద విమానం మోసుకుని పైకితీసుకు వెడుతుంది. శత్రు నౌక కనిపించగానే విమానంలోని పైలట్ దీనిని జారవిడుస్తాడు. అదే సమయంలో దాని తోక చివరనున్న రాకెట్టు వెలుగుతుంది. రేడియో తరంగాల ద్వారా పైలట్ గ్లైడరు బాంబును ఓడమీదికి తోలుతాడు.

ఇది హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్ ఏక ఇంధనంతో నడిచే రాకెట్టు. ఇందులో 132 పౌనుల పెరాక్సైడ్ ద్రవం, 8 పౌనుల పెర్మాంగనేటు (కెటలిస్టు) ఉంటాయి. ఇది పది సెకనులపాటు కాలుతుంది. 1300 పౌనుల తోపుడు శక్తిని ఇస్తుంది.

మొదట్లో ఈ గ్లైడర్ బాంబులు కొన్ని ఓడలను ముంచగలిగేయి కానీ, త్వరలోనే దీని ముప్పు తప్పించుకునే ఉపాయం మిత్ర (శత్రు) రాజ్యాలకి తెలిసిపోయింది. ఆ ఓడలో కూర్చున్న ఎవరేనా ఎలక్ట్రిక్ రవ్వలు (Electric Sparks) వచ్చే ఏ యంత్రాన్ని అయినా (ఎలక్ట్రిక్ బెల్లు, ఆఖరికి ఎలక్ట్రిక్ షేవర్ అయినా సరే) నడిపిస్తేచాలు ఆ గ్లైడరు బాంబులో ఉన్న రేడియో రిసీవరు అయోమయంలో పడిపోతుంది; విమానంలో కూర్చున్న పైలట్ పంపే

రేడియో ఆజ్ఞలను అది లెక్క చెయ్యదు! ఎలక్ట్రిక్ రవ్వల దరిమానానికి కూడా రాకుండా ఆ బాంబు మరో దిశగా వంపు తిరిగిపోతుంది.

దీనికి కారణం ఏమిటంటే: ఎలక్ట్రిక్ రవ్వలు వస్తున్నప్పుడు అక్కడ నుంచి రేడియో తరంగాలు - నానారకాల వేవ్ లెంగ్తుల లోనూ (Wave. lengths) ఉత్పత్తిఅవుతాయి. ఎలక్ట్రిక్ బెల్లు నొక్కినప్పుడు రేడియోలో బి్రుర్రుర్రు మనే హోరుతప్ప మరేమీ వినబడకపోవడం గమనించే ఉంటారు. అల్లాగే వివిధ రేడియో తరంగాల గజిబిజిలో పైలట్ పంపిస్తున్న సంకేతం ఏమిటో బాంబులోని రిసీవరకి అర్థంకాదు. దీనినే "జామింగ్" (Jamming) అంటారు.

ఇంత సులభంగా తమ గ్లైడరు బాంబులను మోసగించవచ్చునని తెలిశాక జర్మనులు వాటిని ప్రయోగించడం మానేశారు.

రైన్ బోట్

ద్రవ ఇంధన రాకెట్లను ఒక వంక తయారు చేస్తూనే జర్మనులు "రైన్ బోట్" (Rheinbote) అనే పెద్ద ఘన ఇంధన రాకెట్టును తయారుచేశారు. ఇది 37 అడుగుల ఎత్తు ఉన్న నాలుగు అంతస్తుల రాకెట్టు.

మొదట అట్టడుగున ఉన్న మొదటిఅంతస్తు (బూస్టర్) అంటుకుంటుంది. పైనున్న బరువునంతా మోస్తూ కొంతదూరం ఎగిరి, అందులో ఉన్న ఇంధనం అయిపోగానే-ఎండిపోయిన కొబ్బరి మట్టలాగ-మిగిలిన అంతస్తుల నుంచి విడి పోయి, కిందపడిపోతుంది. ఆ తరువాత రెండోఅంతస్తు అంటుకుంటుంది. అప్ప టికే అది కొంత వేగంతో ప్రయాణంచేస్తూ ఉంటుంది కదా, ఆ వేగానికి మరి కొంత వేగాన్ని తానుకలిపి, మరికొంతదూరం ఎగిరి, తనలోని ఇంధనంపూర్తి కాగానే మిగిలిన భాగాలనుంచి విడిపోయి కిందపడుతుంది. అల్లాగే మూడు, నాలుగు అంతస్తులూనూ. నాలుగో అంతస్తులోని ఇంధనం పూర్తిగా కాలిపోయాక దాని ముక్కున ఉన్న బాంబుతో సహా నేలమీద పడి పేలిపోతుంది.

ఇది 371 మైళ్ళ దూరం వెళ్ళి పడింది. ఆనాటి ఘన ఇంధన రాకెట్లకి అదే రికార్డు. జర్మనులు వీటిని ఏంట్‌వెర్ప్ పట్టణం మీద ప్రయోగించారు. చాలా దూరం ప్రయాణం చేయగలగడం తప్ప నిజానికి ఈ రైన్‌బోట్ గొప్ప ఆయుధం అనడానికి లేదు. 3773 పౌనుల మొత్తం బరువున్న ఈ రాకెట్టు మోసుకుపోగల పేలుడు మందు కేవలం 88 పౌనులు మాత్రమే. ఇంతకన్న

బరువైన గుండును విసరగల ఫిరంగులు ఉన్నాయి. దీనికి లక్ష్యశుద్ధి తక్కువ. విశాలమైన పెద్ద పట్టణం మీద ఎక్కడ పడినా చాలు అనుకుంటే తప్ప దీని ఉపయోగం తక్కువ.

ఈ రైన్‌బోటును చూసేక ఘన ఇంధన రాకెట్లకన్న ద్రవ ఇంధన రాకెట్లు చాలా ఉత్తమమైనవి అని అసందిగ్ధంగా తేలిపోయింది.

రాకెట్ ఫైటర్ విమానాలు

V-2 రాకెట్లలో ఇంధనాన్ని మంటగదిలోకి తోసే పంపును నడపడానికి జర్మనులు హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడును ఉపయోగించుకున్నట్లుగా తెలుసుకున్నాం. దానిని ఆ ఒక్క పనికే కాక ఫైటర్ విమానాలను నడిపే రాకెట్లలో ఇంధనంగా కూడా వాడుకున్నారు.

కెటలిస్టు సాయంతో హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడు ద్రవం—నీరు+ఆక్సిజన్‌గా విడిపోతుంది. అల్లా విడిపోవడంలో వేడి పుడుతుంది. ఆ వేడికి నీరు ఆవిరిగా మారుతుంది. దాని ఉష్ణోగ్రత సుమారు 730°C ఉంటుంది. ఈ ఆవిరినే జెట్ గా ఉపయోగించి రాకెట్లను నడిపించవచ్చు. లేదా దానికి హైడ్రోజన్ హైడ్రేటు కలిపితే ఇంకా ఎక్కువ విసురుగల రాకెట్టు తయారవుతుంది. వీటితో రెండు రకాల ఫైటర్ విమానాలను జర్మనులు నడిపించారు. నట్టెర్, Me-163 అని వాటి పేర్లు.

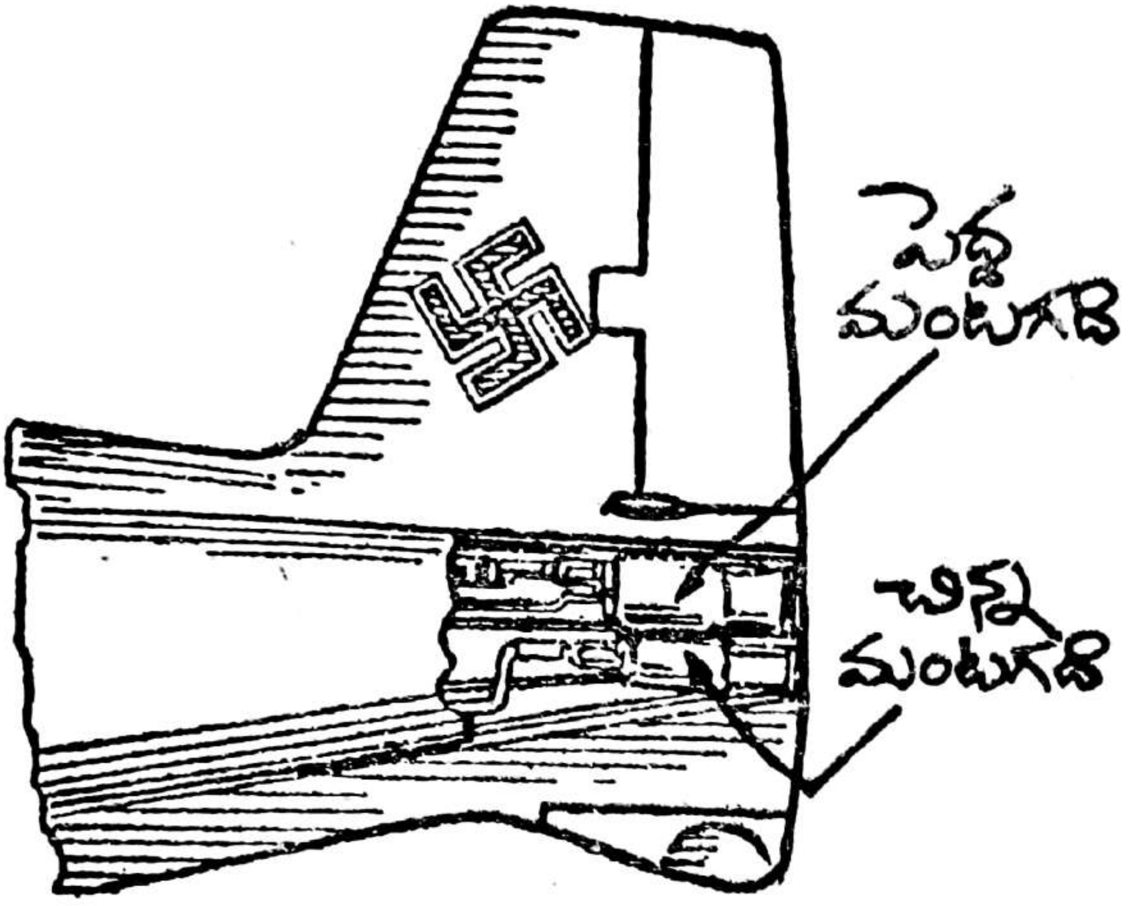
నట్టెర్ ఫైటర్

శత్రు బాంబరు విమానాలను దారిలోనే అడ్డుకుని నాశనం చెయ్యగల ఫైటర్ విమానం ఇది. దీనిని లాంచింగు ఫ్రేము మీద ఇంచుమించు నిట్టనిలువుగా నిలుచో బెడతారు. ఈ విమానపు తోకదగ్గర ఎడా పెడా ఉన్న నాలుగు పెరాక్సైడ్ బూస్టర్ రాకెట్లను వెలిగిస్తారు. ఇవి 12 సెకనులు మాత్రమే కాలుతాయి. ఆ తరువాత లోపల ఉన్న పెరాక్సైడ్+హైడ్రోజన్ హైడ్రేట్ ఇంజను అందుకుంటుంది. ఈ ఫైటరు ఒకే ఒక్క నిమిషంలో 37400 అడుగుల ఎత్తుకి వెడుతుంది. పైలట్ అక్కడినుంచి శత్రు విమానాన్ని చూసి, దానికి సాధ్యమైనంత చేరువలోకి వెళ్ళి, తన దగ్గర ఉన్న రాకెట్లన్నీ దాని మీద కురిపిస్తాడు. మొత్తం పని అంతా $4\frac{1}{2}$ నిమిషాలలో చేసెయ్యాలి. అప్పటికి విమానంలో ఉన్న ఇంధనం అంతా పూర్తి అయిపోతుంది తరువాత పారాచూటు సాయంతో పైలట్ కిందికి దిగిపోతాడు. మరో పెద్ద పారాచూటు సాయంతో

విమానపు రాకెట్టు ఇంజను మాత్రం దెబ్బ తినకుండా కిందికి దిగుతుంది. మిగిలిన విమాన భాగాలు ముక్కలు ముక్కలుగా రాలి పడిపోతాయి! దీనిని నడిపించడానికి చాలా అనుభవం ఉన్న పైలట్ కావాలి.

Me-163 ఫైటర్

ఇది ఒక చిన్న ఇంటర్ సెప్టర్ విమానం. ఇది హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడు+



Me 163 లోని
రెండు మంటగదుల పర్యాటు

హైడ్రోజన్, హైడ్రేటు+ఆల్కహాలు ఇంధనంతో నడుస్తుంది. నిజానికి ఇందులో రెండు మంటగదులున్నాయి. అతివేగంగా పైకి లేవడానికి పెద్ద మంటగది ఉపయోగిస్తుంది దీని తోపుడు శక్తి 4500 పౌనులు. ఆ తరువాత మామూలుగా ఎగరడానికి చిన్న మంటగది వాడతారు. దీనివల్ల ఇంధనం పొదుపు అవుతుంది.

దీని తోపుడు శక్తి 2000 పౌనులు. ఇంచుమించు నిట్టనిలువుగా 40,000 అడుగుల ఎత్తు దాకా ఎగిరి, ఆ తరువాత బల్లపరుపుగా 500 మైళ్ళ వేగంతో మరో 22 మైళ్ళ దూరం ఎగురుతుంది. ఈ లోగా శత్రు విమానాన్ని రాకెట్ల సాయంతో కూలుస్తుంది.

ఇది బహు శక్తిమంతమైన ఫైటరు అనడంలో సందేహం లేదు. కాని, మిగిలిన వాటిలాగే ఇది కూడా యుద్ధం అయేవేళకి తయారైంది.

బజ్ బాంబు (V-1)

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధంలో జర్మనులు ప్రయోగించిన మరో మారణాయుధం V-1 రాకెట్టు. దీనినే బజ్ బాంబు అని కూడా అంటారు. ఇది ప్రతిక్రియాసూత్రం మీదనే నడుస్తుంది కానీ నిజమైన రాకెట్టుకాదు.

టార్పెడో ఆకారంలో ఉన్న కింది భాగంలో ముక్కు దగ్గర ఒక టన్ను బరువున్న పేలుడు మందు, దాని వెనుక నడవడానికి ఇంధనమూ, దానిని కంట్రోలు చేసే పరికరాలూ ఉంటాయి. పైన గొట్టంలా ఉన్నది ఇంజను. దీనిని పైలట్ లేని విమానం అనవచ్చు.

ఇది V-2 అంత వేగంగా ప్రయాణం చెయ్యదు. దీని వేగం గంటకి సుమారు 400 మైళ్ళు ఒకసారి స్టార్ట్ చేసి వదిలేశాక దాని దిశను మార్చడానికి అవసరమైన పరికరాలేవీ అందులో లేవు. కాని, దీనిని తయారు చేయడం సులభమూ, V-2 కన్న చాలా చవకానూ.

ఇంజను ముందరి భాగంలో. "చిరతల"లాగ ఉన్నవి తలుపులు. అవి స్ప్రింగుల వల్ల మూసుకుని ఉంటాయి. అప్పుడు పెట్రోలు మంటగదిలోకి చిమ్మబడుతుంది "స్పార్కు ప్లగు" వెలుగుతుంది. పెట్రోలు గాలితో కలిసి మండుతుంది. అతి వేగంగా మండడం వల్ల పేలిన చప్పుడు వస్తుంది. వేడెక్కిన వాయువులు వెనుకనుంచి బయటికి పోతాయి జెట్ లాగ. ప్రతిక్రియవల్ల V-1 ముందుకి నడుస్తుంది.

ఇప్పుడు బయటి గాలి వత్తిడివల్ల స్ప్రింగు తలుపులు తెరుచుకుంటాయి. గాలి మంటగదిలో ప్రవేశిస్తుంది, తలుపులు మళ్ళీ మూసుకుంటాయి. అప్పుడు పెట్రోలు లోపలికి చిమ్మడం, స్పార్కు ప్లగు వెలగడం, పెట్రోలు గాలితో కలిసి పేలడం, వేడి వాయువులు వెనుకనుంచి బయటికి పోవడం జరుగుతాయి.

వరుసగా ఈ పేలుళ్లు సెకనుకి 45 సార్లు జరగడం చేత బూయ్-బూయ్-బూయ్ అనే చప్పుళ్లు ఒక దానితో ఒకటి కలిసి పోయి తుమ్మెద రెక్కల రొద లాగ బజ్‌జ్‌జ్ మని వినిపిస్తుంది. అందుకనే దానికి బజ్ బాంబు అని పేరు. ఉండి ఉండి నాడి కొట్టుకున్నట్లు ఈ ఇంజను చప్పుడు చేస్తూ ఉండడం చేత దీనిని పల్స్-జెట్ (Pulse-Jet) అని కూడా అంటారు.

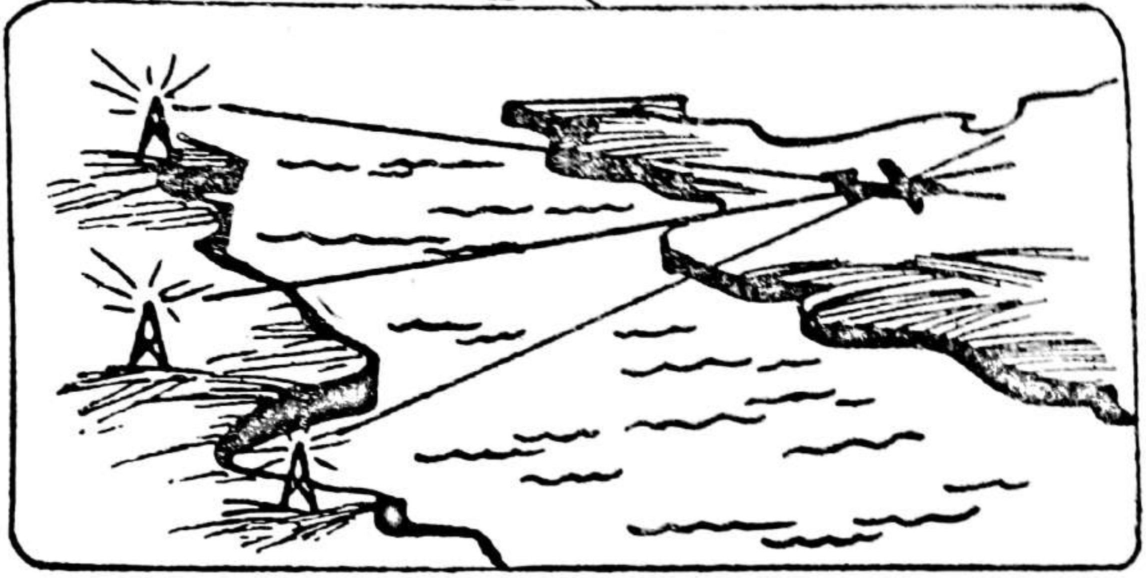
ఈ ఇంజనులో ఒకే ఒక ఇబ్బంది ఉంది. దీనిని స్టార్ట్ చెయ్యడమే కష్టం. ఎందుకంటే, ఇది అధమం 130 మైళ్ల వేగంతో ప్రయాణం చేస్తూ ఉంటే తప్ప స్ప్రింగు తలుపులను తెరచుకొని గాలి లోపల ప్రవేశించ లేదు. ఈ ఇబ్బందిని అధిగమించడానికి జర్మనులు ఏటవాలుగా "లాంచిగ్ రాంప్" (Launching ramp) తయారు చేశారు. హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడు రాకెట్లతో నడిచే చిన్నకారు ఒకటి ఆ రాంప్ మధ్యలో ఉంటుంది. ఆ కారు మీద బజ్ బాంబును పెట్టి పెరాక్సైడు రాకెట్టుని వెలిగిస్తారు. రాకెట్ కారు రాంప్ చివరికి వచ్చేసరికి V-1 స్వయంగా పని చెయ్యగల వేగాన్ని పుంజుకుని ఉంటుంది. ఆ వేగంలో పల్స్ జెట్ ఇంజను అందుకుంటుంది; అది ఎగరడం మొదలు పెడుతుంది. పల్స్ జెట్ మోటారు ముందర స్పార్క్ ప్లగ్గుతో పని చేస్తుంది. కొంత దూరం నడిచేక ఆ ప్లగ్గు అవసరమే లేదు; అంతకుముందు అందులో ఉన్న వేడికే పెట్రోలు అంటుకుంటుంది.

దీని దారిని మూడు గైరోస్కోపులు (Gyroscopes) అరడిగ్రీ అటూ ఇటూగా నిర్ణయిస్తాయి. (వీటిని గురించి 10వ ప్రకరణంలో తెలుసుకుంటాం.) కంట్రోల్‌గేర్, దిక్సూచి, ప్రయాణం చేసిన మొత్తం దూరాన్ని లెక్కవేసే "కౌంటరు" ఉన్నాయి. బజ్ బాంబు ప్రయాణం చేయవలసిన మొత్తం దూరాన్ని ముందుగానే గుణించి, ఈ కౌంటరును సర్ది ఉంచుతారు, గడియారంలో అలారం ముల్లు దిద్దినట్లు. టాంకులో 130 గేలన్ల పెట్రోలు మాత్రమే ఉంటుంది. అది వెళ్ళవలసిన దూరాలకి ఇది చాలు.

ఇంధనపు టాంకుల వెనుక 75 వాతావరణముల వత్తిడితో గాలిని నిలువ చేసిన రెండు ఇనుపసిలిండర్లు ఉంటాయి. వత్తిడిలో ఉన్న ఈ గాలే చుక్కానినీ, ఎలివేటర్లనీ కంట్రోలు చేస్తుంది. ఏ విధంగా ఎంత మార్పు చెయ్యాలో గైరోస్కోపులు నిర్ణయిస్తాయి.

ముందుగానే నిర్ణయించిన దూరం ప్రయాణం చేసిన తరువాత రాకెట్టు ముక్కు నేలవైపుగా వంగుతుంది. అది వెళ్ళి వెళ్ళి నేలని గుద్దుకోగానే ముక్కు దగ్గర ఉన్న మందు పేలిపోతుంది.

బజ్ బాంబు ప్రయాణిస్తున్న చోటు తెలుసుకునే పద్ధతి.



బజ్ బాంబు ఏ దిసలో ప్రయాణంచెయ్యాలో ముందుగానే నిర్ణయించి, దాని చుక్కానిని తదనుగుణంగా సర్దుతారు. మార్గమధ్యంలో దాని దిశను మార్చడానికి అవకాశంలేదని చెప్పేనుగా. కాని అది ఏదిశలో ఎంతదూరంలో ఉందో తమకు తెలియడంకోసం V.1 తోకదగ్గర చిన్న రేడియో ట్రాన్స్మీటరు పెట్టేరు. భూమి మీద దూర దూరంగా ఉన్న రెండు, లేక మూడు రేడియో స్టేషన్ల ఈ V.1 పంపే రేడియో తరంగాలను అందుకుంటాయి. ఆ సిగ్నలు వస్తున్న దిశలో గీసిన సరళరేఖలు ఖండించుకున్న బిందువు దగ్గర ఆ సమయంలో V.1 ఉన్నదని తెలుసుకోవచ్చు.

అది తాము ఉద్దేశించిన దిశలో వెళ్ళడం లేదని తెలిస్తే, దాని దిశను మార్చలేరుగానీ, మరొక బజ్ బాంబును ప్రయోగిస్తారు చుక్కాని సరిదిద్ది.

ఈ బాంబులు కొంతనష్టం కలుగజేశాయి కానీ, వీటిలో చాలా లోపాలున్నాయి. ఇవి వెళ్ళగలిగిన దూరం 150 మైళ్ళలోపు. వీటివేగం 400 మైళ్ళ లోపు. ఇంతకన్న వేగంగా పోగలిగిన విమానాలు ఆనాటికే ఉన్నాయి. అవి ఈ బాంబులను మార్గమధ్యంలోనే ఎదుర్కొని నాశనం చేసెయ్యవచ్చు. ఇంగ్లండు తీరంలో ఉంచిన రాడార్‌లో V.1 వస్తునట్లు చూసి, అది ఇంకా దగ్గరకు రాకముందే ఫిరంగులతో దానిని పేల్చేసేవారు.

ఇంగ్లండు మీద వదిలా జర్మనులు వదిలిపెట్టిన సుమారు 8000 బజ్ బాంబులలో నాలుగో వంతు సరిగ్గా నడవనేలేదు. సగభాగం ఫిరంగి గుళ్ళకి బలి అయిపోయాయి. కేవలం నాలుగోవంతు వెళ్ళి పట్టణాలమీదా, వాటి శివారుల మీదా పడ్డాయి ఇది లాభసాటి బేరం అనడానికి లేదు.

ఈ V-1 నిర్మాణం బహు తెలివైనదని అని శత్రువులుకూడా ప్రశంసించారు. కానీ, యుద్ధపు వత్తిడిలో తెరిపిలేక అతివేగంగా తయారు చేయడం వల్ల చాలా లోపాలు దిగబడిపోయాయి.

సబ్మెరిన్లను నడిపే రాకెట్లు

హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడుకి జర్మనులు కనుగొన్న మరో ముఖ్యమైన ఉపయోగం సబ్మెరిన్లను నడిపించడం.

మామూలుగా జలాంతర్గాములు నీటి పైభాగానికి వచ్చినప్పుడు డీసెల్ ఇంజనుతో నడిచేవి. డీసెల్ ఇంజను పని చెయ్యడానికి గాలి (ఆక్సిజన్) అవసరం. నీటిఅడుగున మునిగి ఉన్నప్పుడు అక్కడ గాలి లేని కారణంచేత ఆ ఇంజను పని చెయ్యదు. కనుక అప్పుడు ఎలక్ట్రిక్ బేటరీల సాయంతో నడిపించేవారు. కాని, బేటరీలకి బలం తక్కువ. అతి కష్టంమీద గంటకి 8 మైళ్ళ వేగంతో నడిచేవి.

నీళ్ళలో మునిగి ఉన్న జలాంతర్గాములను ఇంతకన్న ఎక్కువ వేగంగా నడిపించగల ఇంజను తయారు చెయ్యాలని సంకల్పించారు జర్మన్లు. ద్రవ ఇంధన రాకెట్లు రాక పూర్వం అది అసాధ్యమైన పనిగా ఉండిపోయింది. V-2 రాకెట్టు ఇంజనువంటిది సబ్మెరిన్లకు పనికిరాదు; దానివేగం మరీఎక్కువ. ఈ పరిస్థితులలో పెరాక్సైడు రాకెట్లును ఈ పనికి వినియోగించ వచ్చునని తోచింది. దీని వేగం ఎలక్ట్రిక్ ఇంజనుకీ, V-2 ఇంజనుకీ మధ్యస్థంగా ఉంటుంది. దీనిని స్టార్ట్ చెయ్యడమూ, ఆపుచెయ్యడమూ కూడా బహుసులభం. మంటగదిలోకి ఈ ద్రవం వెళ్ళేగొట్టానికి పెట్టినకుళాయి (వాల్వు) తెరవడమూ, మూసెయ్యడమూ మాత్రమే చెయ్యవలసినపని. ఈ ఇంజనులోనుంచి బయటికి వచ్చే నీటి ఆవిరి చల్లని సముద్రజలంలో కనబడకుండా కరిగిపోతుంది.

కాని అది అనుకున్నంత సులభం కాదని త్వరలోనే తేలిపోయింది. ఎందుకంటే, హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్ అణువులు విడిపోయినప్పుడు ఒక్క నీటి ఆవిరేకాకుండా ఆక్సిజన్ వాయువుకూడా విడుదల అవుతుందని మరచిపోకూడదు

$^*H_2O_2 \rightarrow H_2O + O +$ వేడి

*(హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్) → (నీరు) + (ఆక్సిజన్) + వేడి నీటి ఆవిరి లాగ ఆక్సిజన్ వాయువు సముద్ర జలంలో కరిగిపోదు. బుడగల రూపంలో పైకిపోతుంది. అదిగో అదే కొంపముంచేస్తుంది. నీటి అడుగునుంచి పైకివస్తున్న బుడగలను చూచినట్లయితే అక్కడ సబ్మెరిన్ ఉన్నదని తెలిసి పోతుంది. ఢస్. ఇది పనికిరాదు ఆక్సిజన్ వాయువు బయటికిరాకుండా ఏదో ఉపాయం చూడాలి.

శతకోటి దరిద్రాలకు అనంతకోటి ఉపాయాలు! దారి దొరికింది. ఆ దొరకడంలోనూ ఎటువంటిదారి? అత్యద్భుతమైన ఉపాయం దొరికింది. ఎందుకూ పనికిరానిదనీ, శత్రువుకి తమ ఆచూకీ పట్టి ఇచ్చే ప్రమాదకరమైన దినుసు అనీ అనుకున్న ఆక్సిజన్ వాయువుని వదిలించుకోనక్కరలేదు. దానివల్ల బోలెడు ఉపయోగం ఉంది. ఈ ఆక్సిజన్‌ని ఉపయోగించుకొని ఏ పెట్రోలునో మండించి, దానివల్ల అదనపుశక్తిని సంపాదించవచ్చునని "హెల్‌ముత్ వాల్టర్" అనే జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞుడికి తోచింది. ఈ విధంగా వాల్టర్ ఇంజను తయారైంది.

దీనికి రెండు మంట గదులు అవసరమయాయి. అందులో మొదటి మంట గదిలో హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్ కెటలిస్టు సాయంతో విడిపోయి నీటి ఆవిరి+ఆక్సిజన్ ఏర్పడతాయి. 730°C ఉష్ణోగ్రతలో ఉండే ఈ మిశ్రమం రెండవ మంటగదిలో ప్రవేశిస్తుంది. అందులోకి డీసెలిన్ (Decylene=ఒక రకం పెట్రోలు) చిమ్ముతారు. ఆ వేడిలో డీసెలిన్ ఆక్సిజన్‌తో కలిసి మండుతుంది. అప్పుడుపుట్టే వేడికి ఆ మంటగది కరిగిపోకుండా ఉంచడానికి ఆ గదిలోకి చల్లని సముద్రజలాన్ని చిమ్ముతారు. అంతా కలిసి 1020°C ఉష్ణోగ్రతగల నీటి ఆవిరి తయారవుతుంది.

ఈ ఆవిరిని జెట్ లాగ బయటికి విడిచిపెట్టి, ప్రతిక్రియా సిద్ధాంతాన్ని ఆధారంగా చేసుకుని సబ్మెరిన్‌ని నడిపించవచ్చును కానీ, అంతకన్న ఆవిరి చేత టర్బైన్‌ని తిప్పితే ఇంకా ఎక్కువ ఉపయోగం.

---

* సుమారు 10% హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్, (మిగిలినదంతా నీరు) ద్రవాన్ని చెవి శుభ్రంచేయడానికి వాడుతూ ఉంటారు. ఈ ద్రవం చెవిలోని గుబిలి వంటి కల్మషాలకు తగలగానే నీరు+ఆక్సిజన్‌గా విడిపోతుంది. కొంచెం వేడి పుడుతుంది. బయటికి వస్తున్న ఆక్సిజన్ వాయువువల్లనే బుడగలు బుడగలుగా పొంగుతుంది.

టర్బైన్ అనేది అంచుమీద వాలుగా ఆకులు బిగించిన చక్రం. [illegible] రెండవ మంటగదిలో నుంచి బయటికి వస్తున్న ఆవిరి ఈ ఆకులకి తగిలితే చక్రం గిరగిరా తిరుగుతుంది.

టర్బైన్‌మీద నీటి ఆవిరి జెట్ ఎప్పుడూ ఒకే వేగంతో వస్తుంటుంది. ఆ వేగాన్ని హెచ్చించడానికి గాని, తగ్గించడానికి గాని వుండదు. ఎప్పుడూ అంత వేగంతో సబ్మెరిన్‌ని నడిపించవలసిన అవసరం వుండకపోవచ్చు. గేర్లు (Gears) ఉపయోగించి ప్రొపెల్లరు తిరిగే వేగంలో హెచ్చుతగ్గులు కల్పించవచ్చు.

వాల్టర్ ఇంజను సాయంతో సబ్మెరిన్ నీటి అడుగున గంటకి [illegible] మైళ్ళ వేగంతో ప్రయాణం చేయగలదు. హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్ చాలా వేగంగా ఖర్చు అవుతుంది. కనుక వాల్టర్ ఇంజన్‌ని చాలా సేపు నడిపించడం కష్టం.

జర్మనులు ఇటువంటి ఇంజన్లు బిగించిన జలాంతర్గాములను రెండింటిని తయారుచేయగలిగేరు. కానీ, వాటిని ఉపయోగించకముందే యుద్ధం ముగిసింది.

1945 మేలో రష్యన్ సైన్యాలు పీన్‌మూండేని పట్టుకున్నాయి. కొందరు జర్మన్ ఇంజనీర్లు వారికి దొరికేరు. చాలామంది పారిపోయి అమెరికనులకి దొరికేరు. రకరకాల రాకెట్టు డిజైనులు అమెరికనులకూ, రష్యనులకూ కూడా దొరికాయి.

8. గైడెడ్ మిసైల్స్

ఎగిరి వెళ్ళే ఆయుధాన్ని "మిసైల్" (Missile) అంటారు. అదవి మనిషి విసిరిన బల్లెం, విలుకాడు వదిలిన బాణం, ఫిరంగి నుంచి బయటికి వచ్చిన గుండు, శత్రు విమానాన్ని ఎదుర్కోడానికి పంపిన రాకెట్టు ...వగైరా లన్నిటినీ మిసైల్సు అనవచ్చు. మనం ఉద్దేశించిన దిశలో అవి సరిగ్గా వెళ్ళక, పక్కదారులు పట్టే ప్రమాదం లేకపోలేదు. ఈ విధంగా దారి తప్పడానికి ఒక కారణం గాలితోటి ఘర్షణ భూమి తన వైపుగా లాగడం రెండో కారణం రాకెట్టులో కూరిన ఇంధనం ఖర్చు అయిపోతూ ఉంటే దాని గరిమనాభిస్థానం మారిపోతూ ఉండడం ఇంకో కారణం. కూలగొట్ట దలచిన విమానం స్థిరంగా ఉండక కదిలిపోవడం మరో కారణం.

రాకెట్టు దారి తప్పిన సంగతి మార్గ మధ్యంలోనే కనిపెట్టి, సరిదిద్ద గలిగితే తప్ప అది అనుకున్నట్టు అడంగు (Target) చేరుకోలేదు. ఈ విధంగా లక్ష్యం వైపు గైడ్ చేయడానికి అవకాశం ఉంటే దానిని గైడెడ్ మిసైల్ (Guided Missile) అంటారు.

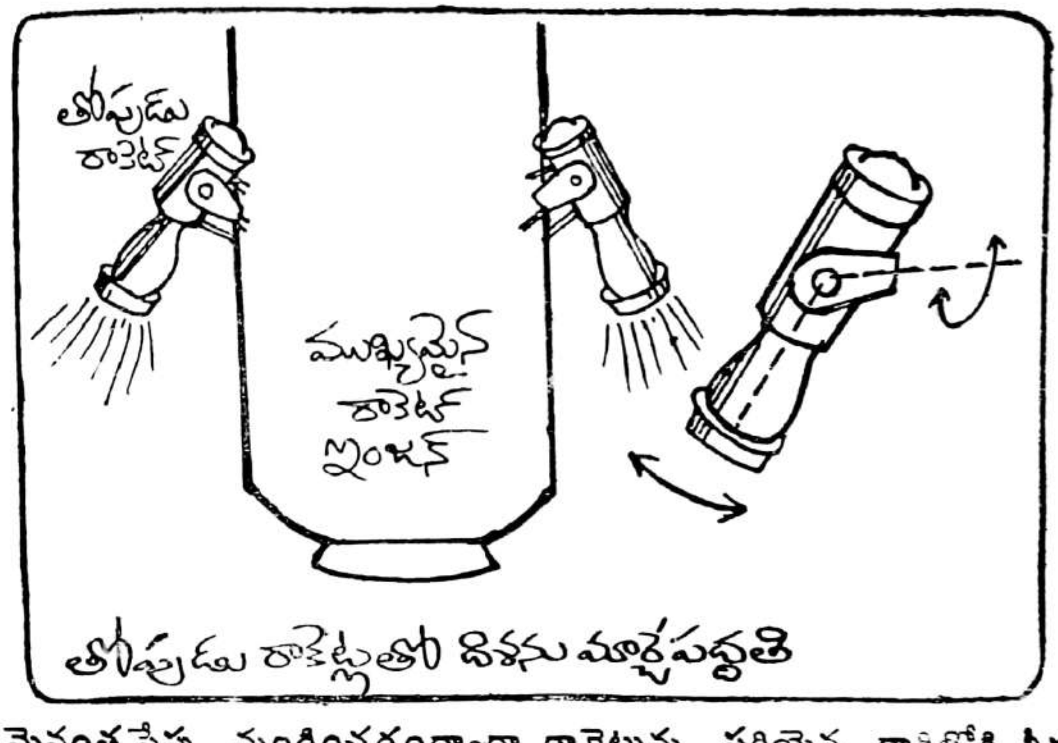
ఒకసారి నిసింద్రీ వెలిగించి వదిలేసిన రాకెట్టు ఆకాశంలో ఎగురుతూ మన చేతికి అందుబాటులో ఉండదుకదా, అటువంటి అప్పుడు దాని దిశ మార్చి, సరియైన మార్గంలో పెట్టడం ఎల్లాగ ?

రాకెట్ జెట్‌లో గ్రాఫైటుతో చేసిన వేన్స్ తగు మాత్రంగా అడ్డు పెట్టడం ద్వారా దాని దిశను మార్చే పద్ధతిని గురించి లోగడ తెలుసుకున్నాం. కాని ఈ పద్ధతివల్ల రాకెట్టు శక్తి కొంతవరకూ నష్టం అవుతుంది. ఇంతగా శక్తి నష్టం కాకుండా రాకెట్టు దిశను మార్చే పద్ధతి మరొకటి ఉంది. కేవలం జెట్ దిశను మార్చడం కాకుండా మొత్తం రాకెట్టు మోటారునే పక్కకు తిప్పవచ్చు.

రైలు పెట్టెలలో సీలింగుకి బిగించిన పంకాలను ఎటు కావాలంటే అటు తిప్పుకోడానికి అనువుగా వాటిని పరస్పరం లంబంగా ఉండే రెండు రింగులలో బిగించడం గమనించే ఉంటారు. అదే పద్ధతిలో నాజీలుతోసహా రాకెట్టు మోటారు

నంతా ఎటు కావాలంటే అటు కదపడానికి వీలుగా అమర్చవచ్చు. ఈ విధంగా జెట్ దిశ మారుతుంది. దానికి వ్యతిరేక దిశలో రాకెట్టు నడక మారుతుంది.

రాకెట్టు ప్రయాదిణశను మార్చడానికి మరో పద్ధతి ఉంది మొత్తం రాకెట్టు మోటారునంతా తిప్పకుండా, ఫిన్స్‌కి సమీపంలో అమర్చిన చిన్న "తోపుడు రాకెట్ల"ను (Tbrust Directors) అవసరమైన దిశలో తిప్పి, అవ



తోపుడు రాకెట్లతో దిశను మార్చేపద్ధతి

సరమైనంత సేపు మండించడంద్వారా రాకెట్టును సరియైన దారిలోకి తీసుకు రావచ్చు.

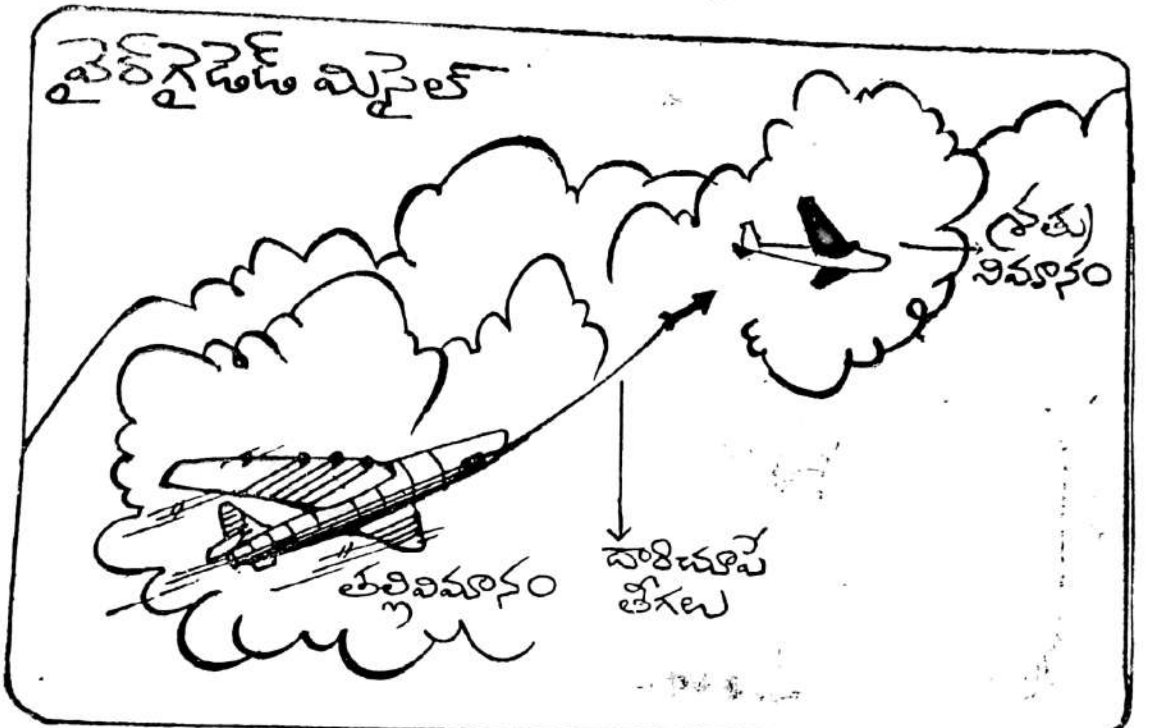
అయితే, ఎగురుతున్న రాకెట్టులో ఈ మార్పులు తీసుకురావడం ఎల్లా సాధ్యం?

వైర్-గైడెడ్-మిసైల్ (Wire-Guided-Missile)

కిందటి యుద్ధంలో జర్మనులు **X**.4 అనే రాకెట్టు బాంబును లక్ష్యం వైపు గైడ్ చేయడానికి రెండు ఇన్సులేటెడ్-తీగలు ఉపయోగించారు అని చెప్పుకున్నాం. 0.2 మి.మీ. వ్యాసము, 3¾ మైళ్ళ పొడవుగల రెండు తీగలు చుట్టలుగా చుట్టి, వాటి కొసలు రాకెట్టులోని ఎలక్ట్రిక్ మోటారుకి అతికించి ఉంటాయి. వాటి రెండవ కొసలు తల్లి విమానంలో పైలట్ అధీనంలో

ఉంటాయి. సమీపంలో శత్రు విమానం కనిపిస్తే, తల్లి విమానంలోని పైలట్ రాకెట్టును దానివైపుగా వదులుతాడు. దానితోబాటు తీగ చుట్టలు గిరగిరా తిరుగుతూ తీగలు బయటికి వస్తాయి. ఆ తీగల గుండా విద్యుత్ సంకేతాలను పంపి పైలట్ రాకెట్టును లక్ష్యం వైపుగా గైడు చేస్తాడు.

ఇటువంటిదే X.7 రాకెట్ బాంబును శత్రువుల టాంకులు వగైరా, నేల మీది వస్తువులను నాశనం చెయ్యడానికి జర్మనులు తయారుచేశారు. వీటిని

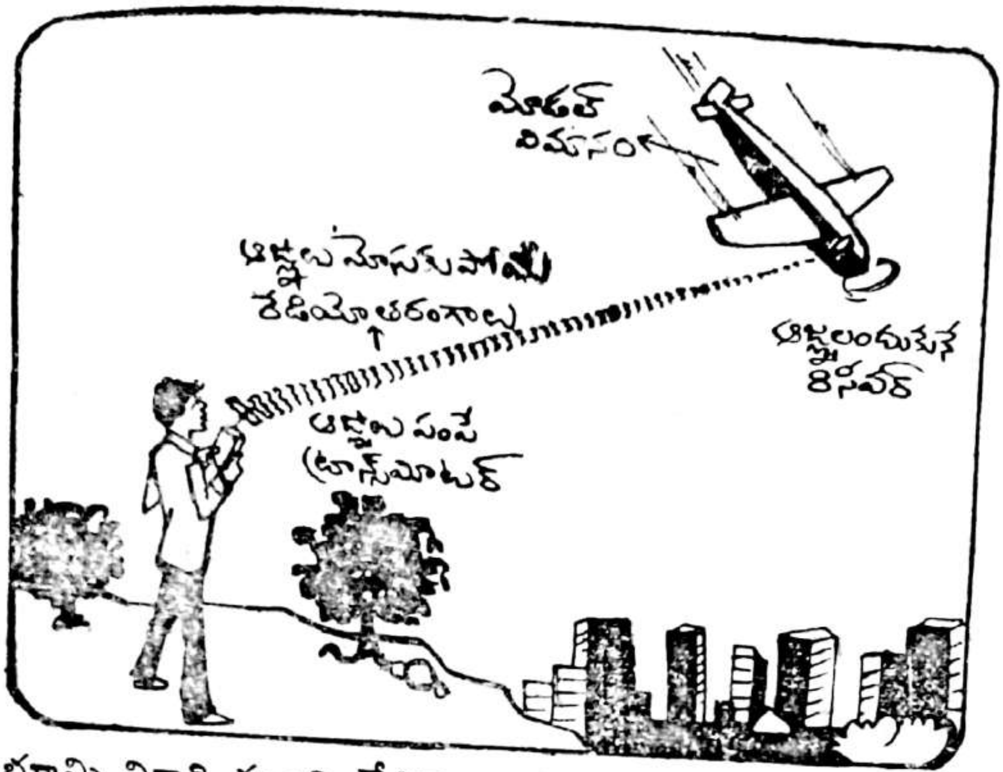


చూసి అమెరికనులు "డార్ట్" (Dart) అనే వైర్ గైడెడ్ మిసైల్ తయారు చెయ్యాలని తలపెట్టేరు.

ఇది చాలా సులభమైనపద్ధతి. పైగా జర్మన్ గ్లైడర్ బాంబులను "జామ్" చేసినట్లు, ఇతరులు వీటిని జామ్ చెయ్యడం సాధ్యంకాదు కానీ, వీటిని బహు దూరం గైడ్ చెయ్యడానికి మాత్రంలేదు.

రేడియో కంట్రోలు (Remote Control by Radio)

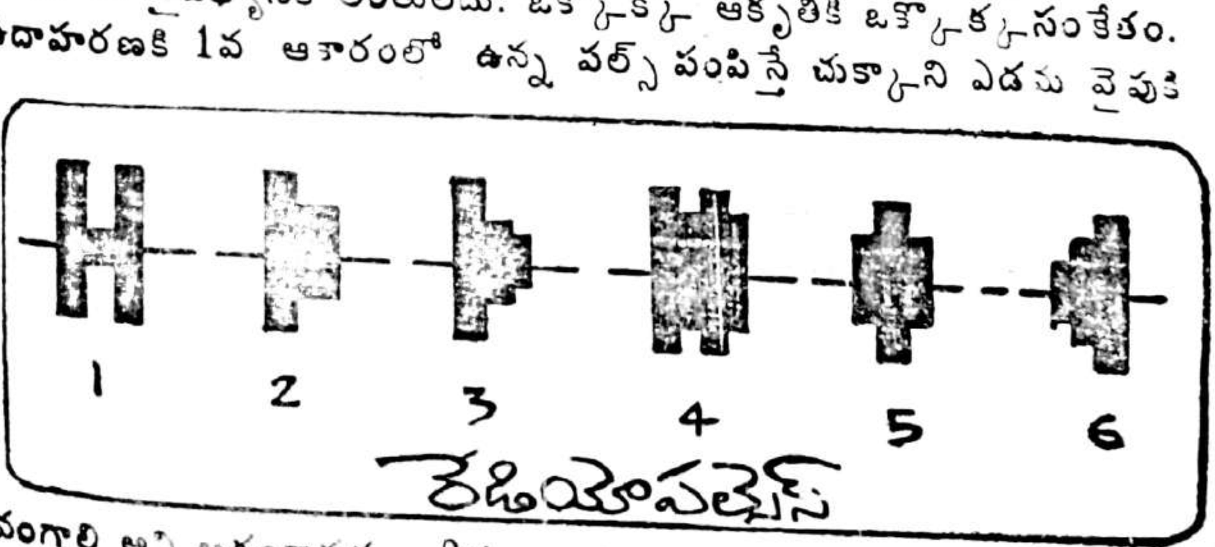
మోడల్ విమానాలను ఎగురవేసేవాళ్ళు నేలమీద నుంచి రేడియో సంకేతాలను పంపిస్తూ ఎగురుతున్న విమానాన్ని ఇష్టానుసారం నడిపించేపద్ధతి ఉంది.



భూమి మీది నుంచి రేడియో పల్స్ సంకేతాల ద్వారా ఎగిరే మోడల్ విమానాన్ని ఇష్టానుసారం నడిపించే పద్ధతి —

నేలమీద నిలుచున్న మనిషి చేతిలో రేడియో తరంగాలను ప్రసారంచేసే ట్రాన్స్‌మీటరు ఉంటుంది. ఆ సంకేతాలను పల్సెస్ (Pulses) రూపంలో పంపిస్తారు.

ఇక్కడి బొమ్మలో వివిధ ఆకారాలతో ఉన్న రేడియో పల్సెస్ కనబడ్డాను. ఈ వైవిధ్యానికి అంతులేదు. ఒక్కొక్క ఆకృతికి ఒక్కొక్క సంకేతం. ఉదాహరణకి 1వ ఆకారంలో ఉన్న పల్స్ పంపిస్తే చుక్కాని ఎడమ వైపుకి

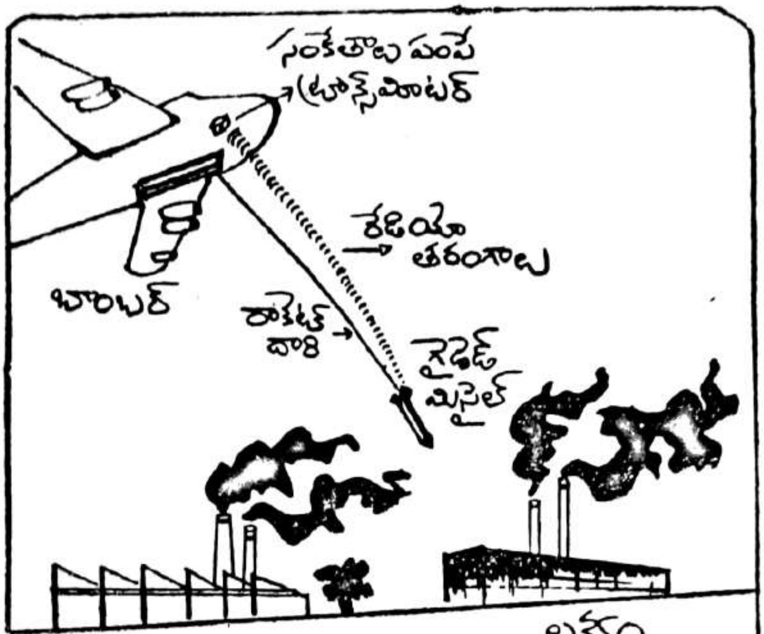


వంగాలి అని అర్థంకావచ్చు. 2వ ఆకారపు పల్స్ చుక్కాని కుడివైపుకి వంగాలి అని అర్థంకావచ్చు. 3వ రకం పల్స్ ఎలిమేటరు పైకిలేవాలనీ, 4వ రకం పల్స్ ఎయిలరాసులు కదలాలి అనీ, 5వ రకం పల్స్ పెట్రోలు సరఫరా సగానికి

పడిపోవాలనీ, 6వ రకం పల్స్ పెట్రోలు పూర్తిగా ఆగి పోవాలనీ సంకేతాలు కావచ్చు.

ఈ రకమైన సంకేతాలను రేడియో ట్రాన్స్ మీటరు ద్వారా పంపించ వచ్చు. రేడియో తరంగాలు సెకనుకి 186000 మైళ్ళ వేగంతో ఈ ఆజ్ఞలను మోసుకుపోయి విమానంలో ఉన్న ఏరియల్ కి తగులుతాయి. అక్కడి నుంచి విమానంలోని రేడియో రిసీవరు ఈ ఆజ్ఞలను అందుకుంటుంది. చిన్న ఎలక్ట్రిక్ మోటరు ఈ ఆజ్ఞలకు అనుకూలంగా తిరుగుతూ చుక్కాని, ఎలివేటర్లు, ఎయిల రానులు, వాల్వులు వగైరాలను కదిలిస్తుంది. ఈ విధంగా మన ఇష్టానుసారంగా విమానాన్ని దూరం నుంచే నడిపించిడానికి అవకాశం ఉంది.

సరిగ్గా ఇదే పద్ధతిలో నేల మీద నుంచి గాని, విమానంలో నుంచిగాని, సబ్మెరిన్ లో నుంచి గాని రేడియో సంకేతాల ద్వారా ఆజ్ఞలను ఎగురుతున్న రాకెట్టుకి పంపవచ్చు, దాని గమనాన్ని మార్గమధ్యంలోనే సరిదిద్ద వచ్చు.



రేడియో సంకేతాలతో రాకెట్లను
గైడు చేస్తున్న విమానం

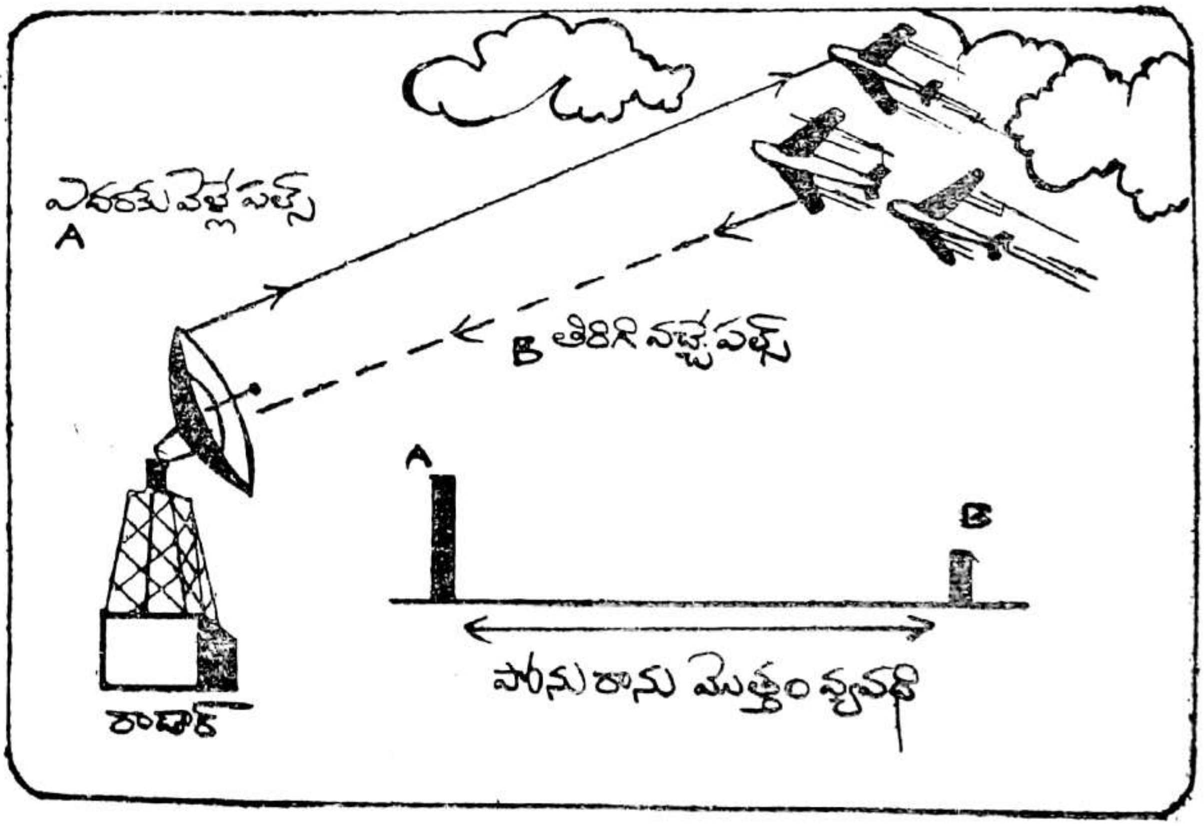
శత్రు విమానం గానీ, ఓడగానీ, ఫ్యాక్టరీగానీ, వంతెనగానీ మరి ఏదైనా గానీ కంటికి కనిపిస్తున్నంత దూరంలో ఉంటే ఈ పద్ధతిని ఉపయోగించి, మిసైల్ ని గైడు చేసి, లక్ష్యాన్ని గుద్దుకునేటట్లు చేయవచ్చు.

కిందటి యుద్ధంలో అమెరికనులు అజోన్, రేజోన్ అనే రెండు రకాల గైడెడ్ బాంబులను నిర్మించారు ఈ పద్ధతిలో. యూరపు రంగంలో వంతెనలూ,

రైలు మార్గాలూ, గిడ్డంగులూ వగైరాలను పేల్చివేయడానికి వీటిని ఉపయోగించారు. శత్రు నౌకలను ముంచడానికి ఇదే పద్ధతిలో జర్మనులు HS 293 గ్లైడరు బాంబులను ప్రయోగించిన సంగతి చూశాం కదా?

రాడార్ కంట్రోలు (Radar Control)

రెండో ప్రపంచయుద్ధంలో ఇంగ్లీషు శాస్త్రజ్ఞులు కని పెట్టిన అతిముఖ్యమైన సాధనం రాడార్. ఇందులో హై-ఫ్రీక్వెన్సీ-ట్రాన్స్‌మీటరు రేడియో కిరణాలను పల్సెస్ రూపంలో ప్రసారం చేస్తుంది. ఆ కిరణం ఎగిరి వస్తున్న విమానానికి గాని, రాకెట్టుకి గాని తగిలి, వెనుదిరిగి మళ్ళీ బయలుదేరిన చోటికే వస్తుంది; అద్దంలో కాంతి ప్రతిఫలించిన మోస్తరుగా.



రాడార్ పని చేసే పద్ధతి

ఎదరకి వెళ్ళిన పల్సుకీ, తిరిగి వచ్చిన పల్సుకీ మధ్య ఎంత వ్యవధి ఉందో జాగ్రత్తగా కొలుస్తారు. ఉదాహరణకి ఈ వ్యవధి సెకనులో వెయ్యోవంతు అనుకుందాం. రేడియో తరంగాలు ప్రయాణం చేసే వేగం సెకనుకి 186000 మైళ్ళు అని తెలుసును కనుక, ఆ పల్స్ పోనూ-రానూ ప్రయాణం చేసిన మొత్తం

దూరం $= \frac{186000}{1000} = 186$ మైళ్ళు. కనుక రాడారుకి, విమానానికి మధ్య

దూరం $= \frac{186}{2} = 93$ మైళ్ళు. సెకనులో వెయ్యోవంతే కాదు, పదికోట్లవ వంతు వ్యవధినికూడా కొలవగల ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు ఇప్పుడు మనకి ఉన్నాయి. కనుక దూరాన్ని చాలా ఖచ్చితంగా తెలుసుకోవచ్చు.

అంతే కాదు ఆ వస్తువు స్థిరంగా ఉందో, లేక కదులుతూ ఉందో, కదులుతూ ఉన్నట్లయితే రాడార్ వైపుగా వస్తోందా, లేక దూరంగా పోతోందా, ఆ వేగం ఎంత అని కూడా రాడార్ తెలియజేస్తుంది. (దీనికి డోప్లర్ రాడార్ అని పేరు). అంతేకాదు, చిమ్మచీకట్లో అయినా, ఆకాశం మేఘావృతమై ఉన్నా, హోరున వర్షం కురుస్తూ ఉన్నా సరే రాడార్ పని చెయ్యగలదు. ఇవి ఏవీ దానికి అడ్డు రావు.

జర్మనులు గుంపులు గుంపులుగా పంపుతున్న బాంబర్ల, బజ్ బాంబుల వైనాన్ని ఇంగ్లండు తీరంలో నెలకొల్పిన రాడార్ యంత్రాల సాయంతో ముందుగానే తెలుసుకుని, ఫైటరు విమానాలను ఎదురు పంపి, ఫిరంగి గుళ్ళ వర్షం కురిపించి వాటిలో చాలా భాగాన్ని దారిలోనే నాశనం చేయగలిగేరు బ్రిటిష్‌వాళ్ళు. యుద్ధంలో వారికి విజయం చేకూర్చిన ముఖ్య సాధనాలలో ఇది ఒకటి.

సరిగ్గా ఈ రాడార్ సూత్రం మీదనే గబ్బిలం చీకటిలో చక్కగా "చూడ" గలుగుతోంది: నోటితో శబ్ద తరంగాలను పల్సెస్ రూపంలో వదిలి పెడుతూ ఉంటుంది గబ్బిలం. ఆ శబ్ద తరంగాలను మన చెవులు వినలేవు. వాటి ఫ్రీక్వెన్సీ చాలా ఎక్కువ. ఆ పల్స్ ఏ వస్తువుకైనా తగిలి పరావర్తనం చెంది తిరిగి వచ్చి గబ్బిలం చెవికి తగిలితే, ఎదరికి పంపిన పల్స్‌కి తిరిగి వచ్చిన పల్స్‌కి మధ్య వ్యవధిని బట్టి ఆ వస్తువు ఎంత దూరంలో ఉందో గబ్బిలం తెలుసుకుంటుంది తిరిగి వచ్చిన పల్స్ తాలూకు ఫ్రీక్వెన్సీలో కలిగిన భేదాలను బట్టి ఆ వస్తువు ఏ దిశలో ఎంత వేగంగా కదులుతూ ఉందో తెలుసుకుంటుంది. దాని కళ్ళకి గంతలు కట్టి విడిచినాసరే ఎగురుతున్న చిన్న పురుగును కూడా "శబ్దవేధి" చేత తెలుసుకుని ఎగిరివెళ్ళి దానిని ఇట్టే ఫలహారం చేసేస్తుంది

ఇటువంటి రాడార్ సాయంతో తమంతట తాము కదిలి, సూటి చూసి, పేలే ఫిరంగులు బయలుదేరేయి. ఎగిరివస్తున్న శత్రు విమానాన్ని నేలమీద ఉన్న రాడార్ పసికడుతుంది. దానికేసే చూస్తూ రాడార్ ఏంటెన్నా (**Antenna**) కదులుతుంది. అది అందచేసిన సమాచారంతో "కంప్యూటరు" (**Computer**) లెక్క వేస్తుంది. ఫలానా దిశలో, ఫలానా వేగంతో నడుస్తున్న

విమానాన్ని పడగొట్టడానికి ఫిరంగి గొట్టాన్ని ఏ కోణంలో నిలబెట్టాలో, సరిగ్గా ఏ క్షణంలో పేల్చితే గుండు వెళ్ళి విమానానికి తగులుతుందో కంప్యూటరే నిర్ణయిస్తుంది. దానికి అనుగుణంగా ఫిరంగి లేచి పేలుతుంది; రాడార్ లేని రోజులలో ఈ పనంతా మనిషి చేయవలసి వచ్చేది. అంతా ఊహ మీద ఉజ్జాయింపుగా నడిచేది. చాలా గుళ్ళు వ్యర్థమైపోయేవి. తరచు శత్రువిమానం తప్పించుకు పారిపోయేది.

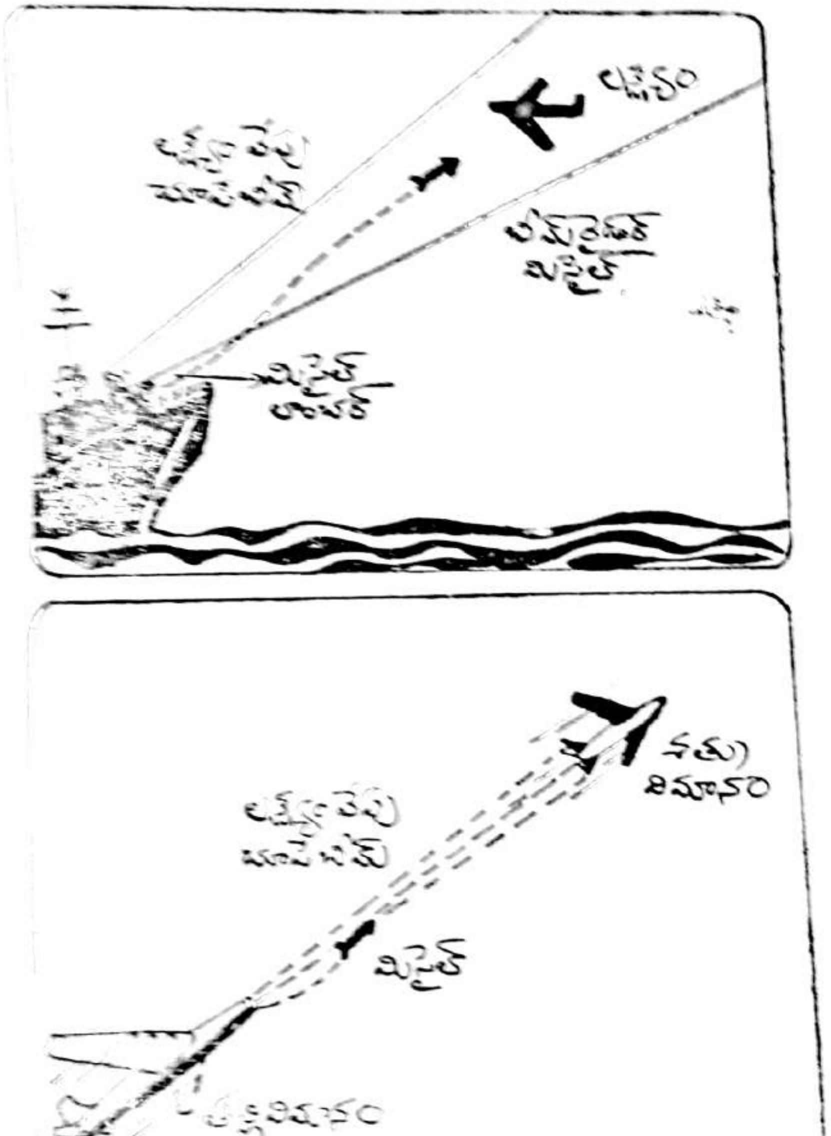
రాడార్ చూసి చెప్పిన సమాచారానికి అనుగుణంగా ఫిరంగి గొట్టం కదలడమూ, విమానం ఉన్న చోటికి ఫిరంగి గుండు వెళ్ళడానికి ఎంత టైము పడుతుందో లెక్క వేయడమూ, ఈ వ్యవధిలో ఆ విమానం ఎంత దూరం నడుస్తుందో గుణించడమూ, దానిని బట్టి అంత అధిక కోణంలో ముందరికి గుండు వెళ్ళి పడేలాగ పేల్చడమూ.... ఈ పనులన్నీ సక్రమంగా జరుప గల ఎలక్ట్రానిక్ యంత్రాలు తయారయాయి. వీటిని "సెర్వో-సిస్టమ్స్" (Servo-Systems) అంటారు గైడెడ్ మిసైల్స్ తయారీకి ఇవి అన్నీ పనికి వచ్చాయి.

బీమ్-రైడర్-మిసైల్

వస్తూన్న శత్రు విమానాన్ని ఓడ మీద (లేదా నేల మీద, లేదా మరో విమానంలో) ఉన్న రాడార్ పసికడుతుంది ముందర. శత్రు విమానం వైపు ప్రసరింప జేస్తున్న రాడార్ కిరణ పుంజం (Radar Beam)లో వెళ్ళి పడేలాగ మిసైల్‌ని వదులుతారు. మిసైల్ ఆ బీమ్‌ని వదిలిపెట్టకుండా వెళ్ళి వెళ్ళి ఆ విమానాన్ని గుద్దేస్తుంది. విమానం తప్పించుకు పోవాలని ప్రయత్నిస్తే రాడార్ బీమ్ విమానం మీద హమేషా పడేటట్టుగా ఏంటెన్నా తనంత తాను కదులుతూనే ఉంటుంది. మిసైల్‌కి ఆ బీమ్‌లోనే నడవాలని ఎల్లా తెలుస్తుంది? రేడియో తరంగాలని అందుకునే రిసీవరు ఒకటి మిసైల్‌లో ఉంటుంది. మిసైల్ ఆ బీమ్ మధ్యనుంచి కాస్త పక్కకి తప్పుకున్నట్లయితే అందులోని రిసీవరుకు అందే రేడియో తరంగ శక్తి (Electromagnetic field strength) తగ్గిపోతుంది. ఆ శక్తి యథా స్థితికి వచ్చే దాక రాకెట్టు మోటారు అవసరమైన దిశలో వంగుతుంది. దీనినే సెర్వో-సిస్టం అంటారు. దీనిని గురించిన ఎలక్ట్రానిక్ సర్క్యూట్లను వివరించడానికి ఈ గ్రంథంలో చోటులేదు. అది ఎలక్ట్రానిక్ ఇంజనీరింగులో ఒక ముఖ్యమైన శాఖ.

యుద్ధం పూర్తి అయాక అమెరికనులు "మెటడోర్" అనే గైడెడ్ మిసైల్‌ని తయారు చేశారు. అది చాలా పెద్ద రాకెట్టు. అటం బాంబులను

కూడా పోతూ కోరిన దిశకు తిప్పగలది. రేడియో తరంగాల ద్వారా దానిని లక్ష్యం వైపు నడిపించే వీలు ఉంటుంది. అయితే ఇది 200 మైళ్ళ దూరం దాకా ప్రయాణం చెయ్యగలదు. కాని నేలమీద నిలుచున్న సిపాయి అంత దూరం దాకా రేడియో తరంగాలతో గైడు చెయ్యలేడు. కనుక కొంతదూరం వెళ్ళాక దానిని గాలిలో ఎగురుతున్న విమానం గైడు చెయ్యడం మొదలు పెడుతుంది. విమానం కన్నా ఎన్నో రెట్లు వేగంగా ప్రయాణం



రాడార్ కిరణ పుంజం ఆధారంగా నడుస్తూ వెళ్లే
విమాన విధ్వంసక బీమ్-రైడర్ మిస్సైల్స్

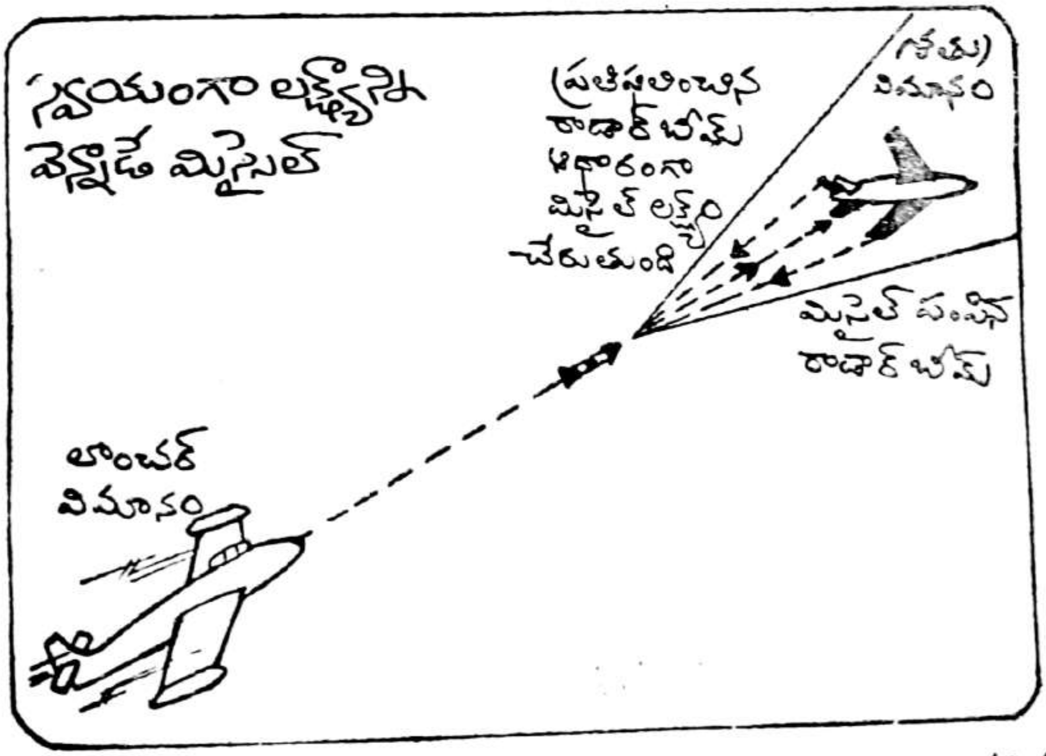
చేయగల రాకెట్టును గైడు చేయ గలగాలి అంటే మధ్యదారిలో విమానం అంతకు ముందే ఆకాశంలో ఎగురుతూ, కొట్ట వలసిన లక్ష్యానికి సమీపంలో

సిద్ధంగా ఉండాలి. ఆ విమానాన్ని నడిపే పైలట్‌కి రేడియో ద్వారా వార్త పంపిస్తారు, "మెటడోర్ బయలు దేరింది_కొద్ది సేపట్లో అక్కడికి వస్తుంది. దాని సంగతి ఇంక నువ్వే చూసుకో" అని. అక్కడి నుంచి దానిని పైలట్ గైడు చేస్తాడు.

స్వయంగా లక్ష్యాన్ని వెన్నాడే మిస్సైల్ (Homing Missile)

ఇంతవరకూ చూపిన మిస్సైల్స్‌ని లక్ష్యం వైపు గైడు చేయడానికి మరొకరు అవసరం. ఇతరుల అవసరం లేకుండా తనంత తానే లక్ష్యాన్ని వెతుక్కుంటూ వెంటాడి దానిని పట్టుకునే మిస్సైల్సు కొన్ని ఉన్నాయి.

ఈ మిస్సైల్‌లోనే ఒక పూర్తి రాడార్, సెర్వో మెకానిజం వగైరా యంత్రాలన్నీ ఉంటాయి. శత్రు విమానం చేరువలోకి రాగానే నేలమీద నుంచి గానీ, లేదా మరో విమానంలో నుంచి గానీ ఆ మిస్సైల్‌ని లక్ష్యంవైపు బారుచేసి వదులుతారు. కొంతదూరం వరకూ గైడ్ చేసి వదిలేస్తారు. అక్కడినుంచి ఆ మిస్సైల్ లోని రాడార్ పనిచేయడం మొదలు పెడుతుంది. స్వయంగా రాడార్ బీమ్



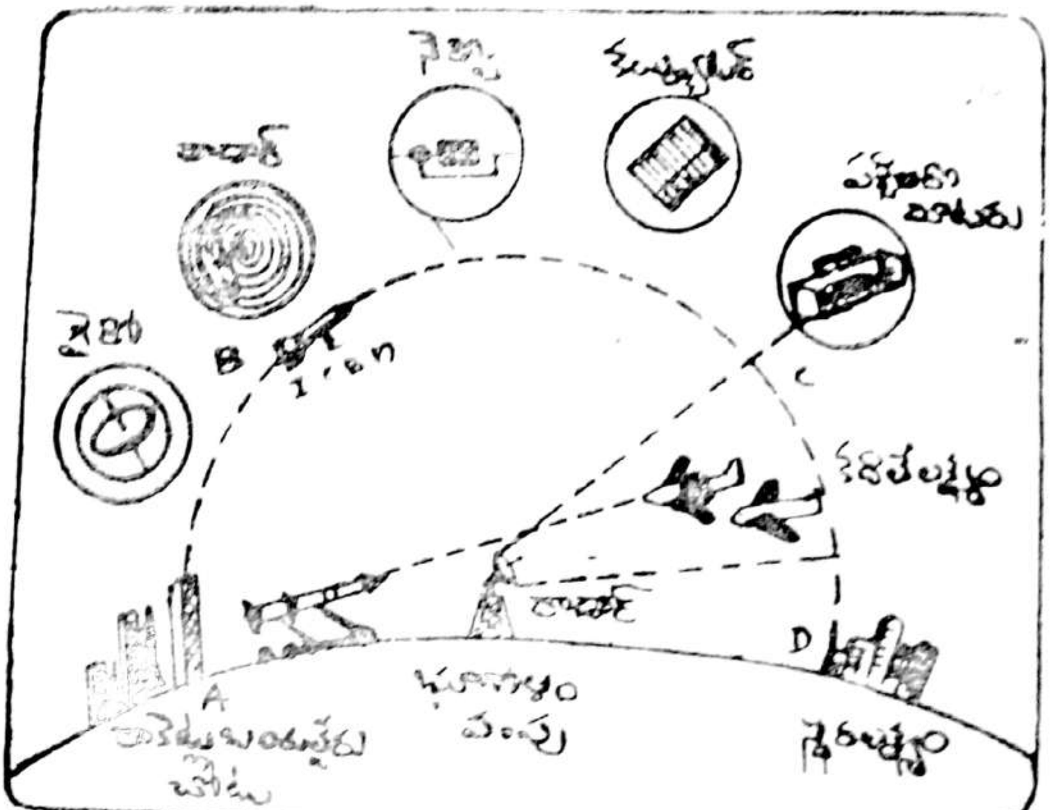
లక్ష్యంవైపు పంపిస్తుంది. ఆ కిరణాలు శత్రు విమానానికి తగిలి, ప్రతిఫలించి వెనక్కి తిరిగి మిస్సైల్‌లో ఉన్న రిసీవరుకి అందుతాయి. ప్రతిఫలించి వచ్చిన రాడార్ కిరణాలను రిసీవరు పసికట్టగలిగిందో ఇంక ఆ శత్రు విమానం పని అయినట్లే. ప్రతిఫలించిన బీమ్ ఆధారంగా మిస్సైల్ ప్రయాణం చేసి ఆ లక్ష్యాన్ని

చేరుకు తీరుతుంది. శత్రు విమానం తప్పించుకోవడానికి ఎన్ని వంకర్లు తిరిగితే మిసైల్ కూడా అన్ని వంకర్లు తిరుగుతూ వెళ్ళి వెళ్ళి ఆ విమానాన్ని గుద్దుకుంటుంది. అమెరికనులు "నైకీ" అనే పేరుతో ఇటువంటి రెండు అంతస్థుల మిసైల్‌ని నిర్మించారు.

రేడియో తరంగాలకి బదులు ఉష్ణ తరంగాలను పసికట్టగల రిసీవరును (Infrared Receiver) కొన్ని మిసైల్స్‌లో పెడుతున్నారు. పారిపోతున్న శత్రు విమానపు ఇంజనులోనుంచి బయటికి వచ్చే ఉష్ణ తరంగాలను పసికడుతూ పోలీసు కుక్కలాగ మిసైల్ శత్రు విమానాన్ని వెన్నాడి త్వరలోనే కలుసుకుంటుంది.

బహుదూరం వెళ్లే గైడెడ్ మిసైల్స్ (I.C.B.M.)

ఇంతవరకూ చూసిన మిసైల్సు అన్నీ సమీపంలో ఉన్న లక్ష్యాన్ని చేరుకునేవే. ఇక ఇటుపైన అనేక వేల మైళ్ళ దూరాన ఉన్న లక్ష్యాన్ని చేరుకునే మిసైల్సు (Inter - Continental - Ballistic Missiles) పని చేసే పద్ధతులను స్థూలంగా తెలుసుకుందాం.



1. 200 మైళ్ల లోపు వెళ్ళే గైడెడ్ మిసైల్
2. 5000 మైళ్లు వెళ్లే I.C.B.M

తనకి నిర్దేశించిన దారిలో మిసైల్ ప్రయాణం చేసి అదంగకి చేరకో

గలగాలంటే: తనకి నిర్దేశించిన దారి ఇదీ అని ఆ మిసైల్ గ్రహించగలగాలి. దారి ఏపాటి తప్పినా ఎప్పటికప్పుడు అది ఆ సంగతి వెంటనే గ్రహించగలగాలి. దారి ఏపాటి తప్పిందో లెక్క వేయగలగాలి. మళ్ళీ సరియైన దారిలోకి రావడానికి ప్రయత్నించగలగాలి. ఆలోచించగల తెలివైన జీవులకే ఇటువంటి పనులు బహుకష్టసాధ్యం కదా. నిర్జీవమైన మిసైల్ ఇన్ని పనులు ఎల్లా చెయ్యగలుగుతుంది? ఈ విధి నిర్వహణలో మిసైల్‌కి తోడుపడే పరికరాలు ఏమిటి?

భూగోళం మీద A అనే చోట - మిసైల్‌ని లాంచి చేశారు. అది D అనే లక్ష్యాన్ని చేరుకోవాలి. మిసైల్ భూవాతావరణాన్ని దాటి B అనే ప్రదేశానికి చేరుకునే దాకా దానిని భూమి మీదనుంచి గైడు చేస్తారు. ఆ తరువాత అది పూర్తిగా స్వయం శక్తిమీద ఆధారపడి B నుంచి C వరకూ భూమికి సమాంతరంగా ప్రయాణం చేసి, C దగ్గరనుంచి భూ వాతావరణంలో ప్రవేశించి, లక్ష్యం వైపుగా వెడుతుంది. మొత్తం దూరం అనేక వేల మైళ్ళు.

సముద్రయానంలో ఆకాశంలో కనబడే నక్షత్రాల స్థానాలను బట్టి భూగోళం మీద తమ ఓడ యొక్క స్థానాన్ని సరిచూసుకుంటూ నావికులు ప్రయాణం చేసినట్లే ఇక్కడ కూడా నక్షత్రాలను ఉపయోగించి మిసైల్ తన స్థానాన్ని, సరి చూసుకుంటుంది; మిసైల్ గింగరాలు తిరగకుండా స్థిరంగా ఉండడానికి గైరోస్కోపులు (Gyroscope's) ఉపయోగిస్తాయి. ప్రయాణం చేస్తున్న వేగాన్ని ప్రయాణం చేసిన మొత్తం దూరాన్ని లెక్కవేయడానికి ఏక్సిలరోమీటరు (Accelero meter), డోప్లర్ రాడార్ (Doppler Radar) ఉపయోగిస్తాయి. దారి తప్పితే దానిని సరిదిద్దటానికి కంప్యూటరు, సెర్వో సిస్టమ్స్ (Servosystems) ఉపయోగిస్తాయి. ఈ యంత్రాలన్నీ సాంకేతికంగా బహుక్లిష్టమైనవి. సూక్ష్మమైన వివరాల జోలికి పోకుండా, అవి ఏ భౌతిక సూత్రాలను అనుసరించి పని చేస్తాయో దిఙ్మాత్రంగా చూపిస్తాను.

గైరోస్కోపు

విమానం ఎగురుతున్నప్పుడు దొర్లుపుచ్చకాయలాగ తిరిగిపోయే (Roll) ప్రమాదం ఉంది. అలా తిరిగిపోకుండా విమానాన్ని స్థిరంగా ఉంచడం అవసరం. కాస్త పక్కకి వంగినట్లు తెలుసుకోగలగాలి. రడ్డరునో, ఎయిలరానులనో, ఎలివేటర్లనో తగు మాత్రంగా కదిపి, విమానాన్ని యథాస్థితికి తీసుకురాగలగాలి. విమానాన్ని పూర్వస్థితికి తీసుకురాగలగాలి అంటే, అసలు ఆ పూర్వస్థితి ఏమిటో గుర్తుపెట్టుకోగలగాలి. అంటే, స్థిరమైన "రిఫరెన్సు ప్లేన్"

(Reference Plane = నిర్దేశ తలము) అంటూ ఒకటి ఉండాలి. విమానం ఎన్ని మొగ్గలు వేసినా ఈ రిఫరెన్సు ప్లేను మాత్రం మారకుండా స్థిరంగా ఉండాలి. అటువంటి సుస్థిరమైన రిఫరెన్సు అంటూ ఒకటి ఉంటే, దానితో పోల్చి విమానం ఎన్ని డిగ్రీల కోణంలో వంగిందో కనిపెట్టవచ్చు. అదిగో అటువంటి స్థిరమైన రిఫరెన్సును సృష్టించి ఇవ్వగల శక్తి గైరోస్కోపుకు ఉంది. గైరో అంటే గిరగిరా తిరగడం అనీ, స్కోపు అంటే పరిశీలించేది అనీ గ్రీకు భాషలో అర్థాలు.

గైరోస్కోపు అంటే గిరగిరా తిరుగుతున్న బొంగరం తప్ప మరేమీ కాదు. చిన్నప్పుడు వెంకటేశంలాంటి పిల్లలు బొంగరాల ఆట ఆడుతూ ఉంటే అగ్నిహోత్రావధాన్లు లాంటి పెద్దవాళ్ళు "జులాయి వెధవల్లాగ ఈ అప్రాచ్యపు ఆటలేమిట్రా" అని కోంబడుతూ ఉండడం విధాయకమే గానీ, బొంగరంలో ఎంత విజ్ఞానం ఇమిడి ఉందో; విమానాలనూ, రాకెట్లనూ నడిపించడంలో దీని పాత్ర ఎంత మహత్తరమైనదో తెలుసుకోగలిగితే ఆశ్చర్యం వేస్తుంది.

చిన్న బల్ల చక్కమీద బొంగరం గిర్రుమని గుక్కపట్టి తిరుగుతున్న సమయంలో ఆ బల్లని రెండు చేతులతోనూ ఎత్తి పట్టుకుని కొద్దిగా పక్కకి వంచి చూడండి ఏమవుతుందో. బల్లని ఏ వైపుగా వంచినాసరే తిరుగుతున్న బొంగరపు ఇసురు మాత్రం ఒకే దిశలో కదలకుండా స్థిరంగా ఉంటుంది; ఇదే గైరోస్కోపు సూత్రం. గిరగిరా బహు వేగంగా తిరుగుతున్న బొంగరం, లేదా చక్రం లాంటి వస్తువుల ఇరుసు కదిలిపోకుండా స్థిరంగా ఉంటుందన్న రహస్యం వాటితో ఆడుకునే పిల్లకాయలందరికీ తెలిసినదేకానీ, మొట్ట మొదటిగా ఈ విషయం మీద పరిశోధన జరిపి దీనిని సూత్రప్రాయంగా 1852లో "లియో ఫోకాల్ట్" అనే ఫ్రెంచి శాస్త్రజ్ఞుడు నిర్వచించాడు.

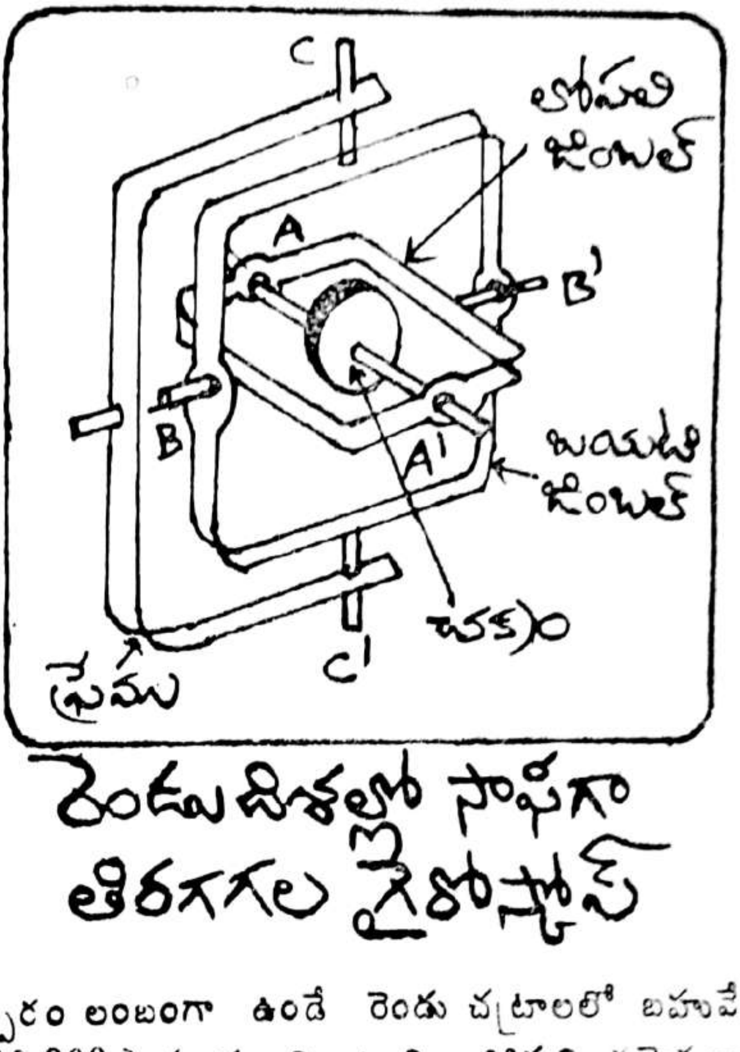
గిరగిరా తన చుట్టూ తాను తిరుగుతున్న భూగోళం ఒక బ్రహ్మాండమైన బొంగరం లాంటిదే. భూమి సూర్యుని చుట్టూ గంటకి 60,000 మైళ్ళ వేగంతో ప్రదక్షిణాలు చేస్తున్నా సరే, భూదేవితో సహా మిగిలిన గ్రహకుటుంబాన్ని అంతనీ వెంట వేసుకుని సూర్యుడు అభిజిత్తు నక్షత్రం (Vega) వైపుగా సెకనుకి 12 మైళ్ళ వేగంతో పరుగెడుతున్నా సరే భూగోళపు ఇరుసు మాత్రం ఎల్లప్పుడూ ఒకే దిశలో నిశ్చలంగా ఉంటుంది. ఈ దిశలోనే ధ్రువ నక్షత్రం ఉంది.

అయితే, తిరుగుతున్న బొంగరాన్ని ప్రక్కకి తోయడానికి మరో శక్తి ఏదైనా ప్రయత్నిస్తూ ఉన్నట్లయితే, బొంగరపు ఇరుసు స్థిరంగా ఒకే దిశలో

ఉంటూ, ఊగిసలాడుతుంది. ఈ కారణం చేతనే భూమి ఇరుసు స్థిరంగా ధ్రువ తార వైపు తిరిగి ఉండక, 25800 సంవత్సరాలకు ఒక సున్న చుడుతుంది.

ఫిరంగి గుండు, రైఫిలు గుండు గిరగిరా తిరుగుతూ ఉన్న కారణం చేతనే గైరోస్కోపు సూత్రాన్ని అనుసరించి వీటి ఇరుసు స్థిరంగా ఉంటుంది.

గైరోస్కోపు ఇరుసు స్థిరంగా ఉండే లక్షణాన్ని ఉపయోగించుకుని *విమానాలలోనూ, మిసైల్స్‌లోనూ స్థిరమైన రిఫెరెన్సుగా ఉపయోగించదగ్గ దిశనుగాని, సమతలాన్ని గాని ఏర్పరచుకోగలుగుతున్నారు.



రెండు దిశల్లో సాఫీగా తిరగగల గైరోస్కోప్

పరస్పరం లంబంగా ఉండే రెండు చట్రాలలో బహువేగంగా తిరిగే (నిమిషానికి 20,000 సార్లు) చక్రాన్ని ఉంచి, వాటికిసున్నితమైన బాల్ బేరింగులు పెట్టి, విమానం ఎన్ని వంకరలు పోయినా ఆ చక్రం ఇరుసు మాత్రం ఒకే దిశలో స్థిరంగా ఉండేటట్లు చేయగలుగుతున్నారు. దీని సాయంతో నిర్మించిన నిర్దేశతలంతో పోల్చితే విమానం ఎంతగా వంగినదీ తెలిసిపోతుంది. ఈ దిశాభేదాన్ని "ఓల్టేజి" (Voltage)గా మార్చి, దానితో చుక్కాని వగైరాలను కదిలించి, విమానాన్ని యథాస్థితికి తీసుకు వస్తారు. ఈ పని అంతా [illegible]

అవసరం లేకుండా స్వయంగా యంత్రమే చేసుకుపోయే ఏర్పాటు చేశారు. ఇదే పద్ధతిలో సముద్రంలో ఓడ ఊగిసలాడిపోకుండా నిలవగలుగుతున్నారు. ఇదే పద్ధతిలో సబ్మెరిన్ ప్రయోగించిన టార్పెడో దారి తప్పకుండా ముక్కుసూటిగా వెళ్ళి వెళ్ళి ఉద్దేశించిన శత్రునౌకను గుద్దుకునేటట్లు చేయగలుగుతున్నారు.

సరిగ్గా ఇదే పద్ధతిలో మిసైల్ స్థిరంగా ప్రయాణం చేసేటట్లు నిర్మించవచ్చు.

డోప్లర్ రాడార్

రైలుకట్ట పక్కన నిలబడి గీ పెడుతూ వస్తూన్న రైలుకూతలోని భేదాలను గమనిస్తే ఒక చిత్రమైన సంగతి అనుభూతమవుతుంది. రైలు నిన్ను సమీపిస్తూ ఉంటే కూత ఎక్కువ కీచుగా వినిపిస్తుంది. రైలు ఇంజను నిన్ను దాటిపోగానే కూత తక్కువ కీచుగా వినిపిస్తుంది. అలాగే కారు హారను కూడాను.

దీనికి కారణం ఏమిటంటే కూత వేస్తున్న ఇంజను నిన్ను సమీపిస్తూ ఉంటే శబ్దతరంగాలు దగ్గరదగ్గరగా నొక్కుకుంటున్నాయా అన్నట్లు, వాటి ఫ్రీక్వెన్సీ ఎక్కువ అయినట్లు కూత ఎక్కువ కీచుగా వినిపిస్తుంది కూత కూస్తున్న ఇంజను నీ నుంచి దూరంగా పోతూవుంటే శబ్ద తరంగాలను సాగదీశారా అన్నట్టు వాటి ఫ్రీక్వెన్సీ తగ్గి, కూత తక్కువ కీచుగా వినిపిస్తుంది. ఫ్రీక్వెన్సీలో కలిగే భేదాలను కొలిచి కూత వేస్తున్న వాహనం మన వైపుగా వస్తోందో, మన నుంచి దూరంగా పోతోందో, ఎంత వేగంగా కదులుతోందో తెలుసుకోవచ్చు. ఈ సూత్రాన్ని 1842లో క్రిస్టియన్ జొహాన్ డోపర్ అనే శాస్త్రజ్ఞుడు కనుగొన్నాడు. ఆయన పేరిట దీనికి డోప్లర్ సూత్రం అని పేరు పెట్టేరు.

సరిగ్గా ఇదే సూత్రం రేడియో తరంగాలకి కూడా వర్తిస్తుంది. విమానంలో ఉన్న రేడియో ట్రాన్స్‌మీటరు రేడియో తరంగాలను పంపిస్తూ ఉంటుంది. ఆ తరంగాలు దూరాన ఉన్న శత్రు విమానానికి తగిలి ప్రతిఫలించి మళ్ళీ బయలు దేరిన చోటికే వస్తే విమానంలోని రిసీవరు వాటిని గ్రహిస్తుంది. తాను పంపిన తరంగాల ఫ్రీక్వెన్సీనీ, తిరిగి వచ్చిన తరంగాల ఫ్రీక్వెన్సీనీ పోల్చి

చూస్తుంది. వాటి మధ్యగల భేదాన్ని బట్టి ఈ రెండు విమానాల మధ్య సాపేక్ష వేగాన్ని (**Relative Velocity**) లెక్క వేస్తుంది.*

విమానంలో ఉన్న రాడార్ తరంగాలను భూమివైపు తిప్పి, భూమికి తగిలి తిరిగివచ్చేతరంగాల ఫ్రీక్వెన్సీ మార్పును బట్టి తన విమానపు వేగాన్ని పైలట్ తెలుసుకోగలుగుతాడు.

ఏక్సిలరో మీటరు

కారు చక్రం నేల మీద ఎంత వేగంగా దొర్లుతుందో చూస్తే కారు వేగం తెలుస్తుంది. ఇది చాలా సులభమైన పని. కాని, నేలను విడిచిపెట్టి ఆకాశంలో ఎగురుతున్న విమానంలోని పైలట్ తన విమాన వేగాన్ని తెలుసుకోడానికి ఈ పద్ధతి పనికిరాదు. ఆ పనికి డోప్లర్ రాడార్ పనికి వస్తుంది. భూమిని వదిలి చాలా ఎత్తున ప్రయాణం చేస్తున్న రాకెట్టులో కూర్చున్న వారికి తన రాకెట్టు వేగం తెలుసుకోడానికి ఈ పద్ధతులేవీ పనికిరావు.

తలుపులన్నీ బిడాయించుకుని రాకెట్టులోపల కూర్చున్నావు అనుకుందాం. ఆ రాకెట్టు గంటకి కోటి మైళ్ళ వేగంతో ప్రయాణం చేస్తున్నా సరే, అది అసలు కదులుతున్నట్లే నీకుతెలియదు! నీకే కాదు, స్థిరవేగంతో ప్రయాణం చేస్తున్న వాహనం తాలూకు వేగాన్ని కొలవగల పనిముట్లు లేవు. ఉండవు. కదులుతున్న అనుభూతి నీకు కలగాలంటే బయట ఏ మబ్బులో, గ్రహాలో, మరొకటో కదిలిపోతూ కనిపించాలి. అప్పుడైనా కదులుతున్నది నీ వాహనమో, బయట కనిపిస్తున్న వస్తువులో, లేక రెండూనో తెలుసుకోవడం సాధ్యంకాదు! కాని, వాహన వేగంలో ఏ కొంచెం మార్పు కలిగినా వెంటనే తెలిసిపోతుంది! అంటే

---

* $V = \frac{C\,(f_R\ f_T\ )}{2\ f_T}$ అనే సమీకరణాన్ని ఉపయోగించి ట్రాన్స్‌మీటరుకీ రిఫ్లెక్టరుకీ మధ్య సాపేక్ష వేగాన్ని గుణించవచ్చు.

ఇందులో

V = సాపేక్ష వేగం

C = రేడియో తరంగ వేగం

f_T = ట్రాన్స్‌మిట్ చేసిన ఫ్రీక్వెన్సీ

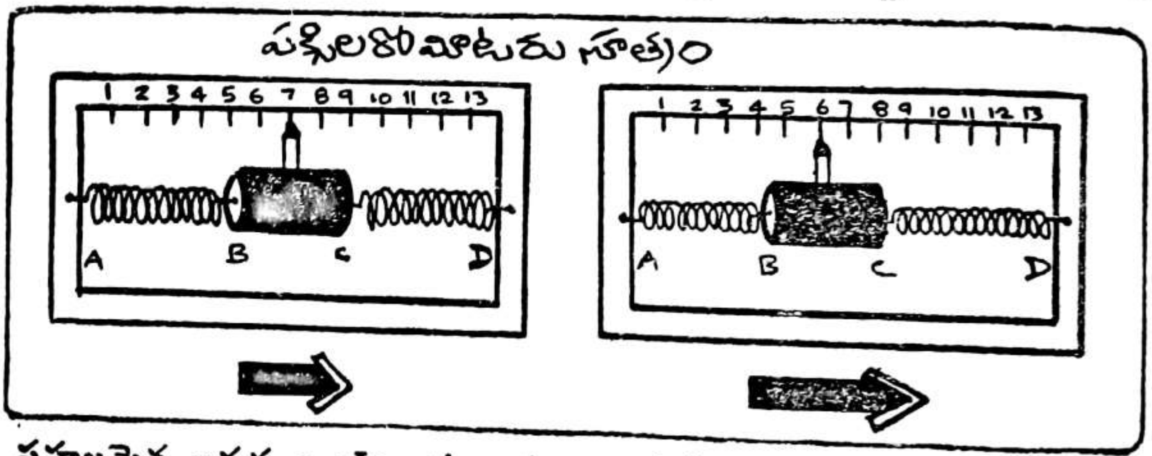
f_R = రిసీవు చేసుకున్న ఫ్రీక్వెన్సీ

వేగ భేదాన్ని (Acceleration = ఉరవడి) తెలుసుకోవచ్చునన్నమాట.

ఉరవడి×కాలము = వేగములో మార్పు.

కనుక రాకెట్టులో ఉరవడిని కొలవగల ఏక్సిలరో మీటరు, కాలమును కొలవగల గడియారమూ ఉంటే రాకెట్టు వేగాన్ని గుణించవచ్చు. అయితే ఉరవడిని కొలవడం ఎలాగ?

బరువైన ఇనుపదిమ్మకు ఎడాపెడా చెరి ఒక స్ప్రింగునూ అతికించి, సాగతీసి, వాటిని ఒక ఫ్రేముకి బిగించి ఉంచుతారు. అంటే ఇనుపదిమ్మ రెండు స్ప్రింగుల మధ్య వేలాడుతూ ఉంటుందన్న మాట. ఈ ఫ్రేము స్థిరవేగంతో ఎడమనుంచి కుడి వైపుకి ప్రయాణం చేస్తోందనుకుందాం. ఆ వేగం ఎంత అయినా సరే అది స్థిర వేగం అయినట్లయితే ఇనుపదిమ్మ సరిగ్గా మధ్యలో ఉంటుంది. ఇప్పుడు ఈ ఫ్రేము వేగం హఠాత్తుగా హెచ్చింది అనుకుందాం.

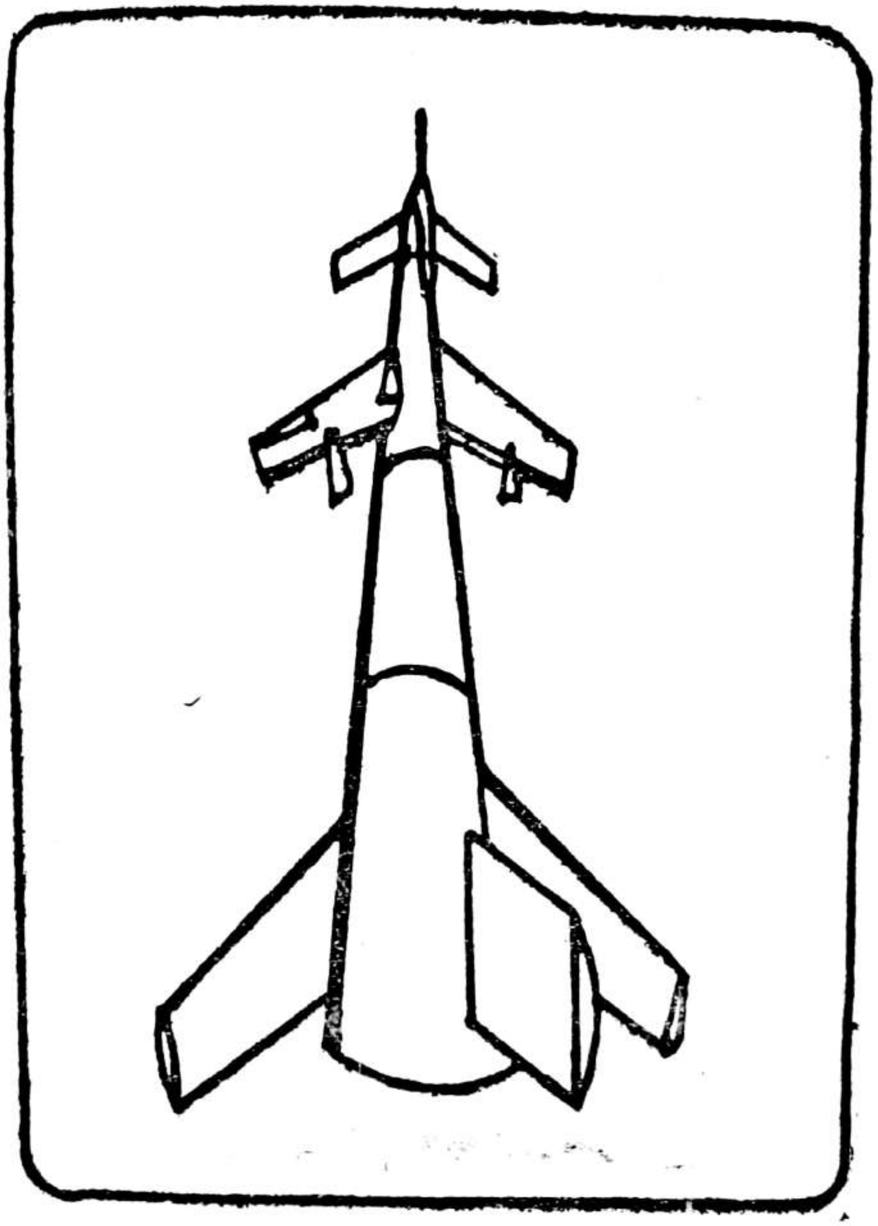


సహజమైన జడత్వం (Inertia) వల్ల ఇనుప దిమ్మ వెంటనే తన వేగాన్ని మార్చుకోడానికి ఇష్టపడక ఉన్నచోటనే ఉండిపోతుంది. కాని ఫ్రేము మాత్రం ముందుకి కదిలి పోతుంది. దానితో AB అనే స్ప్రింగు దగ్గరగా నొక్కుకుంటుంది; CD అనే స్ప్రింగు సాగుతుంది, ఇనుప దిమ్మకి తగిలించిన ముల్లు ఫ్రేముకి తగిలించిన స్కేలు మీద ఎడమ వైపుకి కదులుతుంది.

ఫ్రేము వేగం హఠాత్తుగా తగ్గితే సరిగ్గా దీనికి వ్యతిరేకంగా ముల్లు కుడి వైపుకి జరుగుతుంది. ఈ ముల్లు కదలికకీ, ఉరవడికీ సంబంధం ఉంది. దీనినిబట్టి ఉరవడి ఇంత అని నిర్ణయించవచ్చు.

దీని సాయంతో రాకెట్టువేగం ఎప్పటికప్పుడు తెలుస్తూ ఉంటుంది. వేగాన్ని కాలం పెట్టి గుణిస్తే ప్రయాణం చేసిన దూరం తెలుస్తుంది. వెళ్ళవలసిన లక్ష్యానికి దగ్గరలోకి వెళ్ళేక గైడెడ్ మిసైల్ కిందికి దిగడం మొదలు పెడుతుంది.

9. రాకెట్లకి అంతస్తులెందుకు?



"మూడు అంతస్తుల రాకెట్టు ఒకటి చంద్రమండలం మీదవెళ్ళి **పడింది!**" అని రేడియో వార్త విని ముక్కుమీద వేలేసుకున్నాడు ఆశ్చర్యం దాచుకోలేని అమాయకుడొకడు

అతడి ఆశ్చర్యానికేమిగానీ, ఒక సందేహం. అసలు రాకెట్టుని అంతస్తులుగా విభజించడం ఎందుకూ? పోయదలుచుకున్న ఇంధనం అంతా ఒకే

గొట్టంలో పోసి, నిసింౖది వెలిగిస్తే పోదూ? అసలు మూడు అంతస్తులెందుకూ, పది అంతస్తులెందుకు చెయ్యకూడదూ?

దానికి సమాధానం-పదే కాదు, పాతిక అంతస్తుల రాకెట్టునైనా కట్ట వచ్చు సిద్ధాంతరీత్యా, అసలు అంతస్తులుగా ఎందుకు విభజించాలో తెలిస్తే, ఎన్ని అంతస్తులు కట్టాలో తెలుకోవడం కష్టమేమీ కాదు. ఒక ఉదాహరణ చూద్దాం :

నున్నని రైలు పట్టాలమీద ఒక ట్రాలీ బండి ఉంది. దానిమీద జబ్బ సత్తువ బాగా ఉన్న ఆసామీ ఒకడు నిలుచుని ఉన్నాడు. ఆ బండి మీదనే ఒక పక్కని ఇటికల దొంతర పేర్చి ఉంది. ఆ బండిమీదనుంచి అతడు కిందికి దిగకుండా, గడకర్రవంటి సాధనాలు ఉపయోగించకుండా, ఆ బండిని నడుపుకు పోవడం ఎల్లాగ?

ఆ పని చాలా సులభం. ఆ మనిషి ట్రాలీ మీది దొంతరలోనుంచి ఒక ఇటుక తీసి బలంకొద్దీ విసిరేడనుకుందాం. ప్రతిక్రియవల్ల ఇటుకకు వ్యతిరేక దిశలో ట్రాలీ కదులుతుంది. ఒక్క ఇటిక బరువు మొత్తం ట్రాలీ బరువుతో పోల్చి చూస్తే చాలా తక్కువ కనుక ట్రాలీ బహు నెమ్మదిగా కదులుతుంది మొదట. ట్రాలీ చక్రాలకీ, రైలుపట్టాలకీ మధ్య రాపిడి ఎంతమాత్రమూ లేదు. అని మాట వరుసకి అనుకుంటే, ఒకసారి కదిలిన ట్రాలీ ఇంక ఆగిపోకుండా దొర్లుతూనే ఉంటుంది. అంతలో మరో ఇటిక తీసి విసిరితే ట్రాలీ వేగం పెరుగుతుంది. ఆగకుండా వెంట వెంటనే ఇటికమీద ఇటిక తీసి సత్తువ కొద్దీ విసురుతూ ఉంటే ట్రాలీ అంతకంతకు వేగం పుంజుకుంటుంది విసిరిన కొద్దీ ఇటికల దొంతర తరిగి, మొత్తం ట్రాలీ బరువు తగ్గిపోతూ ఉంటుంది. అందు చేత మొట్టమొదట విసిరిన ఇటికవల్ల కన్న, చివర చివరకి వచ్చినకొద్దీ విసిరిన ఇటిక వల్ల ట్రాలీ వేగం మరింత హెచ్చుతుంది.

దీనికీ రాకెట్టుకీ బహుదగ్గర పోలిక ఉందని అర్థం అయిందికదూ? ట్రాలీయే రాకెట్టు. విసురుతున్న ఇటికలే రాకెట్టునుంచి బయటికి పోయే వాయుకణాలు. రాకెట్టులో రసాయన శక్తి వాయువులను బయటికి నెట్టి వేస్తుంది. ఇక్కడ మనిషి తన భుజబలాన్ని ఉపయోగించి విసిరేస్తున్నాడు. రెండింటిలోనూ ప్రతిక్రియవల్లనే గమనం సాధ్యం అవుతోంది.

ట్రాలీ అంతిమ వేగాన్ని పెంచాలంటే రెండే రెండు పద్ధతులున్నాయి. 1. ఇటుకలను మరింత అధికశక్తితో విసరడం. 2. ట్రాలీ మీద మొట్ట మొదట్లోనే ఇటుకలను మరింత ఎక్కువగా పేర్చుకుని బయలుదేరడం.

ఇటికలను వెనుకటికన్నా రెట్టింపు వేగంతో విసిరితే ట్రాలీ వేగం రెట్టింపు అవుతుంది. ఈ సంగతి తెలుసుకోడానికి క్లిష్టమైన గణితం అవసరం లేదు. కానీ ట్రాలీ మీద నిలుచున్న మనిషి ఇదివరకే తన యావచ్ఛక్తిని వినియోగించి విసురుతూ ఉన్నట్లయితే "మరి కాస్త విసురుగా విసరవయ్యా" అంటే అతనికి సాధ్యం అయ్యే పనికాదు (అల్లా అడగడం ధర్మమూ కాదు).

కనుక ట్రాలీ వేగాన్ని పెంచాలంటే ఇటుకలు మరిన్ని పెంచుకుని బయలుదేరడం తప్ప గత్యంతరం లేదు. సరిగ్గా రాకెట్లలోనూ ఇదే పద్ధతి. రాకెట్టు అంతిమ వేగం (Burnout Velocity) బయటికి వచ్చే వాయువుల వేగం మీదనూ, రాకెట్టులో నిలువ చేసుకొని మోసుకు పోతున్న ఇంధనపు పరిమాణం మీదనూ ఆధారపడి ఉంటుంది. జెట్ వేగం హెచ్చుగా ఉండే ఇంధనాలను ఎన్నుకోవాలి. సాధ్యమయినంత ఎక్కువ ఇంధనాన్ని నిలువ చేసుకుపోవాలి.

జెట్ వేగం రెండు విషయాల మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. 1. ఉష్ణోగ్రత పెరగాలి. 2. అణుభారం తగ్గాలి అంటే, ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రతలో మండే ఇంధనాలనూ, తేలికైన అణువులను విడిచిపెట్టే ఇంధనాలను ఎన్నుకోవాలి.

ఉష్ణోగ్రత హెచ్చితే రాకెట్టు మోటారు కరిగిపోయే ప్రమాదం ఉంటుందని తెలుసున్నాం. కనుక మరీ ఎక్కువ జ్వలన ఉష్ణోగ్రత గల ఇంధనాలను ఎన్నుకుని లాభం లేదు. ఇక పోతే తక్కువ అణుభారంగల వాయువులను విడిచి పెట్టే ఇంధనాలను వెతుక్కోవడం మంచిది.

1. అత్యధిక జ్వలన ఉష్ణోగ్రతగల ఇంధనం

సైనొజన్ + ఓజోన్
దీని జ్వలన ఉష్ణోగ్రత = 5240°C
దీని విశిష్ట ప్రఘాతం = 270 సెకనులు
జెట్ వేగం = 2.65 కి.మీ./సెకనుకి
(8600 అడుగులు/సెకనుకి)

2. అత్యల్ప అణుభారంగల వాయువులను విడిచే ఇంధనం

హైడ్రోజన్ + ఫ్లోరిన్
అణుభారం = 8.9
విశిష్ట ప్రఘాతం = 373 సెకనులు
జెట్ వేగం = 3.66 కి.మీ./సెకనుకి (11900 అడుగులు/సెకనుకి)

అంతిమ వేగం

రాకెట్టులో నిలువ చేసిన ఇంధనం అంతా పూర్తిగా తగులబడి పోయేసరికి రాకెట్టు ప్రయాణం చేస్తున్న వేగాన్ని అంతిమ వేగం అంటారు. దీనికి జెట్ వేగానికి సంబంధం ఉంది.

$$V = C \; In \frac{M}{m}$$

ఇందులో

V = అంతిమ వేగం
C = జెట్ వేగం
M = రాకెట్టు బయలుదేరే ముందు మొత్తం బరువు
m = ఇంధనం అయిపోయాక చివరికి మిగిలిన రాకెట్టు బరువు
In = ఇది Natural Logarithm కి గుర్తు

ఈ సమీకరణాన్ని త్సియల్కోవ్‌స్కీ కనుగొన్నాడు. ఇందులో $\frac{M}{m}$ని ద్రవ్య నిష్పత్తి (Mass Ratio) అంటారు.

దీనిని బట్టి $\frac{M}{m} = 2.72$ అయితే, V=C అవుతుంది. అంటే రాకెట్టు అంతిమ వేగం జెట్ వేగానికి సమానం అవుతుంది.

ఈ ద్రవ్య నిష్పత్తిని ఇంకా పెంచితే రాకెట్టు వేగం జెట్ వేగాన్ని మించిపోతుంది। ద్రవ్య నిష్పత్తి=7.39 అయితే V=2 C అవుతుంది; అంటే అంతిమ వేగం జెట్ వేగానికి రెట్టింపు అవుతుంది.

ద్రవ్యనిష్పత్తి = 20.09 అయితే V = 3C
ద్రవ్యనిష్పత్తి = 54.60 అయితే V = 4C

ఈ విధంగా ద్రవ్య నిష్పత్తిని పెంచుకుంటూ పోతే రాకెట్టు అంతిమ వేగం పెరుగుతూ పోతుంది కానీ, ద్రవ్య నిష్పత్తిని మన చిత్తం వచ్చినట్లు పెంచుకుంటూ పోవడం సాధ్యం కాదు, ఏమంటే—

ట్రాలీ మీద ఇటుకలను మరీ అధికంగా పేర్చుకుంటూ పోతే వాటి బరువుకి ట్రాలీ విరిగిపోవచ్చు. అల్లాగే ఖాళీ రాకెట్టు బరువును తగ్గించి, ఇంధనం బరువును హెచ్చించుకుంటూ పోతే ఆ బరువుకి నిలబడలేక రాకెట్టు డొలక విరిగి ముక్కలై పోవచ్చు.

ద్రవ్య నిష్పత్తి పెరుగుతూ పోతే మొత్తం రాకెట్టు బరువులో ఇంధనపు బరువు ఎంత శాతం ఉంటుందో, దానితో జెట్ వేగానికి ఎన్ని రెట్ల అంతిమ వేగం లభిస్తుందో పట్టిక — 14లో చూపించాను. ప్రస్తుతపు సాంకేతిక నైపుణ్యంతో (**Engineering skill**) సాధించదగ్గ గరిష్ఠ ద్రవ్యనిష్పత్తి సుమారు 7. అంటే మొత్తం రాకెట్టు బరువులో 86% ఇంధనం, మిగిలిన 14% లోనే రాకెట్టు డొలక, మోటారు, ఇంధనాన్ని నిలువచేసే టాంకులు,

పట్టిక - 14

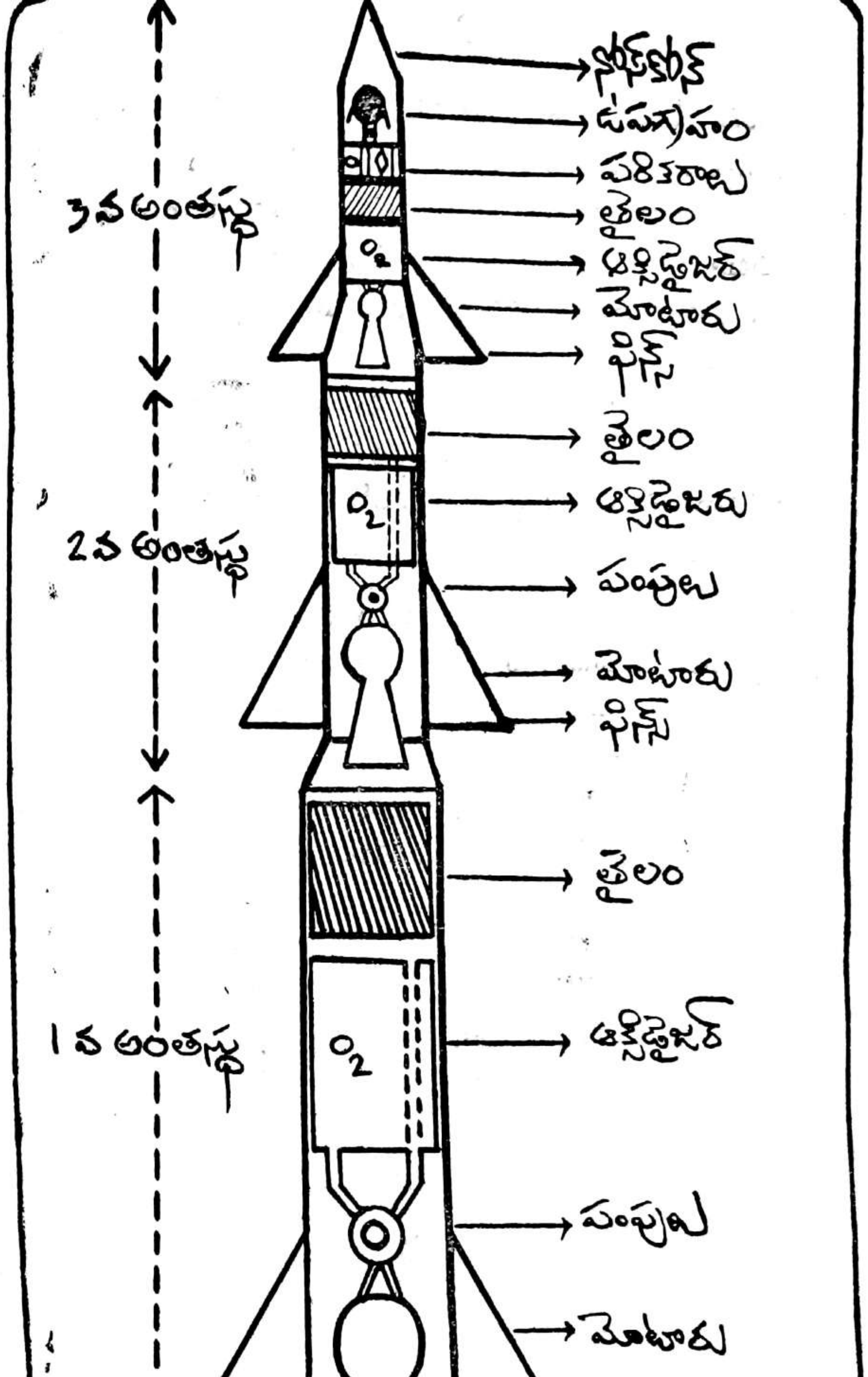
ద్రవ్యనిష్పత్తి $(M \div m)$	మొత్తం రాకెట్టుబరువులో ఇంధనం బరువు $= (M - m) \div M$	$\frac{v}{c}$
2	50%	0.629
3	66.7%	1.097
4	75%	1.385
5	80%	1.608
6	83.3%	1.789
7	85.7%	1.944
8	87.5%	2.077
9	88.9%	2.195
10	90%	2.300

దానిని మంటగదిలోకి తోసే పంపులు, గొట్టాలు, వాల్వులు, ఇతర ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలు వగైరా వగైరాలన్నీ ఇమిడిపోతాయి. ఇంతకన్న ఎక్కువ ద్రవ్య నిష్పత్తి ప్రస్తుతానికి సాధ్యంకాదు. ముందు ముందు కూడా ఈ నిష్పత్తిని ఇంతకన్న చాలా అధికంగా పెంచగలుగుతారన్న ఆశ కూడా లేదు.

ద్రవ్య నిష్పత్తి 7 అయితే రాకెట్టు అంతిమవేగం జెట్ వేగానికి 1,944 రెట్లు ఉంటుంది.

మనకు తెలిసిన సాధారణ రసాయన ఇంధనాలతో లభించే జెట్ వేగాలు సెకనుకి 2.6 కి.మీ. ప్రాంతంలో ఉన్నాయి. ఇంతకన్న అధిక జెట్ వేగాన్ని ఇచ్చే ఆక్సిజన్+హైడ్రోజన్; ఫ్లోరిన్+హైడ్రోజన్ వంటి కొన్ని తీవ్ర ఇంధనాలు ఉన్నాయి కాని వాటిని ఉపయోగించడంలో చాలా ఇబ్బందులున్నాయి. కనుక 2.6 కి.మీ/సె॥ జెట్ వేగం గల ఇంధనాన్ని ఉపయోగించి, ద్రవ్య నిష్పత్తి 7 ఉండేటట్లు రాకెట్టును నిర్మిస్తే దాని అంతిమ వేగం=2.6×1.944 =సుమారుగా సెకనుకి 5 కి. మీ.

ఉపగ్రహ వేగం 7.9 కి.మీ./సె. ఉంటే అది భూమిచుట్టూ వృత్తాకార ప్రదక్షిణాలు చేస్తుంది. ఇంతకన్న తక్కువ వేగం ఉంటే భూమి మీద పడి పోతుంది. ఇంతకన్న హెచ్చు వేగం ఉంటే అండ వృత్తాకార కక్ష్యలో భూ



మూడు అంతస్థుల రాకెట్టు

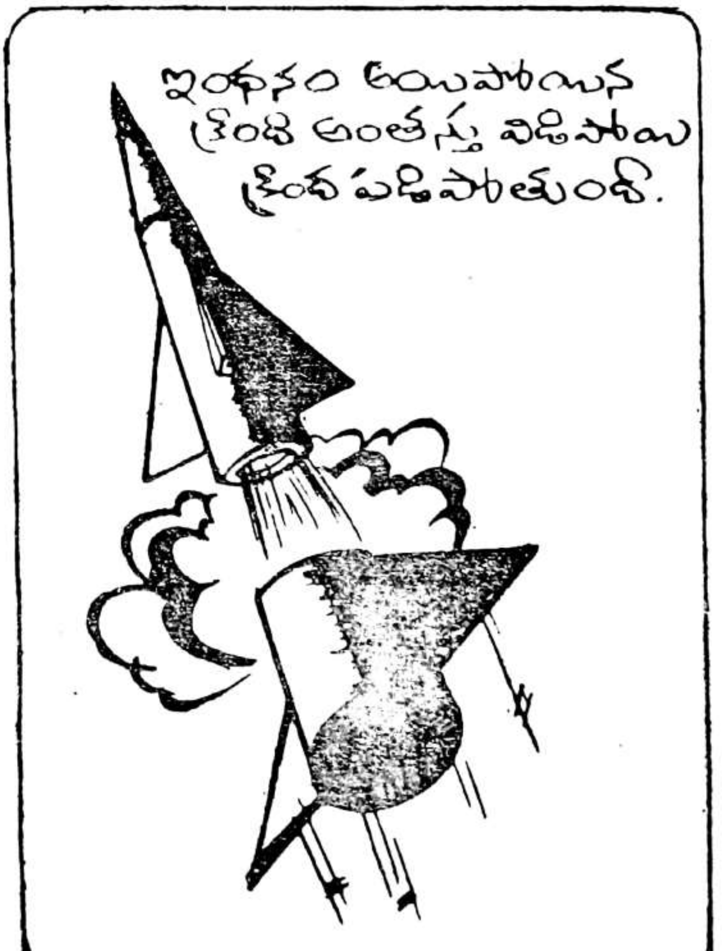
ప్రదక్షిణం చేస్తుంది. 11.18 కి మీ./సె॥ కన్న ఎక్కువ వేగం ఉంటే భూమి ఆకర్షణను విదిలించుకుని శాశ్వతంగా విశ్వాంతరాళంలోకి పలాయనం చేస్తుంది.

దీనినిబట్టి మనం సాధించగల 5 కి.మీ./సె. అంతిమ వేగంతో ఉపగ్రహాన్ని భూమి చుట్టూ తిప్పడంకూడా సాధ్యం కాదు. పైన చూపిన మహా వేగాలు మనకు తెలిసిన రసాయన ఇంధనాలతో సాధ్యం కాదు.

మరి ఎల్లాగ ?

అదృష్టవశాత్తూ రాకెట్టు అంతిమ వేగాన్ని పెంచడానికి మరో పద్ధతి ఉంది. అదే రాకెట్టును అంతస్తులుగా నిర్మించడం. అంటే ఒక పెద్ద రాకెట్టుమీద దానికన్న చిన్న రాకెట్టును నిలుచోబెట్టడం. ఆ చిన్న రాకెట్టుమీద ఇంకో బుల్లి రాకెట్టును నిలబెట్టడం ....

ఈ బొమ్మలో చూపించినది మూడు అంతస్తుల రాకెట్టు. ముందర అట్టడుగున ఉన్న పెద్ద రాకెట్టును వెలిగిస్తారు. అది తనపైన ఉన్న బరువు



నంతనూ మోస్తూ, తనలో ఉన్న ఇంధనం అంతా పూర్తిగా తగులబడే వరకూ పైకి ఎగురుతుంది. ఇంధనం అంతా అయిపోయిన ఆ ఖాళీ డొలకవల్ల ఉపయోగం

ఏమీ లేదు. బరువు చేటు తప్ప. కనుక మొదటి అంతస్తు మిగిలినవాటి నుంచి విడిపోయి కిందపడిపోతుంది. అప్పటికి దాని వేగం సుమారు 3 కి.మీ/సె.

ఇక్కడ గమనించవలసిన ఒక ముఖ్య విషయం ఉంది. సెకనుకి 5 కి.మీ. వేగాన్ని పుంజుకునే రాకెట్లను నిర్మించవచ్చునని ఇంతకు ముందు చెప్పుకున్నాం కదా. ఇప్పుడు మొదటి అంతస్తు అంతిమ వేగం 3 కి.మీ /సె॥ మాత్రమే ఏమిటి? పైన బరువు (Payload) ఏమీ లేకపోతే ప్రతి అంతస్తూ 5 కి మీ./సె॥ వేగాన్ని చేరుకోగల సామర్థ్యం ఉన్నదే, కాని పైన ఉంచిన అదనపు బరువు వల్ల వాటి అంతిమ వేగాలు తగ్గిపోతాయి.

మొదటి అంతస్తు విడిపోయాక రెండవ అంతస్తు తాలూకు నిసింద్రీ వెలుగుతుంది. అది మొదలు పెడుతూనే 3 కి మీ /సె॥ వేగంలో ఉంది. దానికి స్వయంగా 3 కి.మీ/సె॥ వేగాన్ని పుంజుకోగల సత్తా ఉంది. కనుక రెండవ అంతస్తులోని ఇంధనం పూర్తిగా కాలిపోయేసరికి అది 3+3=6 కి మీ./సె. వేగంతో ఎగురుతూ ఉంటుంది. తరవాత రెండవ అంతస్తు కూడా విడిపోయి కిందపడిపోతుంది; మూడవ అంతస్తు అందుకుంటుంది. అది బయలుదేరుతూనే 6 కి మీ./సె॥ వేగంలో ఉంది. తాను స్వయంగా మరో 3 కి.మీ /సె॥ వేగాన్ని దానికి కలుపుతుంది ఇంధనం పూర్తి అయిపోయేసరికి. కనుక దాని నికరపు అంతిమ వేగం =6+3=9 కి మీ./సె. ఈ వేగంతో ఉపగ్రహాన్ని భూమి చుట్టూ తిప్పవచ్చు.

భూమి ఆకర్షణ నుంచి విడిపించుకుని ఇతర గ్రహాలకు ప్రయాణం చేయడానికి ఈ వేగం చాలదు. దీనికి నాలుగో అంతస్తుకూడా చేర్చితే, అప్పుడు అంతిమ వేగం=9+3=12 కి మీ./సె. భూమి నుంచి శాశ్వత పలాయనం చేయడానికి ఈ వేగం చాలు.

ఈ విధంగా రాకెట్టును అనేక అంతస్తులుగా విభజించి ఎంతటి వేగాన్ని అయినా సాధించవచ్చు.

మొత్తం ఎన్ని అంతస్తుల దాకా నిర్మించవచ్చు ?

సిద్ధాంతరీత్యా దీనికొక పరిమితి అంటూ లేదు. కాని, అంతస్తుల సంఖ్య పెరిగిన కొద్దీ రాకెట్టు నిర్మాణం అంతకంతకు క్లిష్టం అయిపోతుంది. 1961లో

అమెరికాలో ఏడు అంతస్తుల "ట్రెయిల్ బ్లేజర్" అనే రాకెట్టును ప్రయోగించారు. అంతస్తుల గరిష్ఠ సంఖ్య ఇప్పటి వరకూ ఇదే.

అనుభవం మీద తేలినదేమిటంటే మూడు లేక నాలుగు అంతస్తులకన్న ఎక్కువగా నిర్మించి లాభంలేదు.

రాకెట్టు ఆకారం ఎల్లా ఉండాలి ?

గాలి ఘర్షణ తక్కువగా ఉండాలి అంటే రాకెట్టు వెడల్పు (Cross Section) తక్కువగా ఉండాలి. కనుక వ్యాసం కన్న పొడవు అత్యధికంగా ఉండే "సిలిండరు" ఆకారంలో రాకెట్లును నిర్మిస్తున్నారు. ముక్కు దగ్గర శంఖు ఆకారంలో "నోస్‌కోన్" (Nose Cone) ఉంచడానికి కారణం గాలి ఘర్షణ తగ్గించడానికీ, లోపలి పరికరాలకు దెబ్బతగలకుండా కాపాడడానికీనూ. నున్నని తొడుగు ఉంచడానికి కూడా ఇదే కారణం. భూ వాతావరణాన్ని దాటి శూన్యాకాశంలో ప్రయాణం చేస్తున్నప్పుడు రాకెట్టు ఏ ఆకారంలో ఉన్నా భయం లేదు.

10. రాక్షసి రాకెట్లు

రసాయన శక్తిని ఉష్ణశక్తిగా మార్చి, దాని సాయంతో వేడెక్కిన వాయువులను నాజిలు గుండా బయటికి పంపించి, రాకెట్టును నడిపే పద్ధతులను ఇంతవరకూ పరిశీలిస్తూ వచ్చాం. మనిషిని ఇతర గ్రహాలకూ, సుదూర నక్షత్రాలకూ పంపించి, క్షేమంగా వెనక్కి తీసుకు రావడానికి ఈ ఇంధనాలకు శక్తి చాలదు.

ఇంధనాల శక్తికి కొలబద్ద విశిష్ట ప్రవమాతం. ఇప్పటివరకూ మనకు తెలిసిన రసాయన ఇంధనాల వి. ప్ర. 420 సెకనుల లోపులోనే ఉంది. అంటే జెట్ వేగపు గరిష్ఠ పరిమితి సెకనుకి 13,500 అడుగులు మాత్రమే.

జెట్ వేగాన్ని పెంచగలిగితే రాకెట్టుశక్తి పెరుగుతుంది. దానిని పెంచడానికి ఏంచెయ్యాలి? ఉష్ణోగ్రత పెంచడం గాని, బహిర్గత వాయువుల అణుభారం తగ్గించడం గానీ చెయ్యాలి. మనకు తెలిసిన రసాయన ఇంధనాల జ్వలన ఉష్ణోగ్రత 5000°C లోపు. ఇంతకన్న ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత నివ్వగల ఇంధనాలు మనకు తెలియవు. తెలిసినా ఉపయోగం లేదు. అంత వేడిలో మోటారు కరిగి జావ కారిపోకుండా నిలుపగల లోహాలు మనకు తెలియవు.

ఇకపోతే అణుభారాన్ని తగ్గించగలిగితే మంచిది. బహిర్గత వాయువుల సరాసరి అణుభారం 15-45 మధ్యలో ఉంటోంది. హైడ్రోజన్ ఎక్కువగా ఉన్న ఇంధనాలకు ఈ అణుభారం తక్కువగానూ, నైట్రోజన్ ఎక్కువగా ఉన్న ఇంధనాలకు అధికంగానూ ఉంటుంది. ఉదాహరణకి నీటి ఆవిరి (H_2O) అణుభారం $= 1 + 1 + 16 = 18$. నైట్రస్ ఆక్సైడ్ (N_2O) అణుభారం $= 14 + 14 + 16 = 44$.

భవిష్యత్తులో ఇంతకన్నా చాలా ఉత్తమమైన రసాయన ఇంధనాలు బయలు పడతాయన్న ఆశ లేదు. మహా అయితే మరో 20% పెంచవచ్చునేమో. అంతే. కనుక ఈ ఇంధనాలతో అనేక కోట్లమైళ్ళ దూరాలలో ఉన్న గ్రహాల దగ్గరకు వెళ్ళి తిరిగి రావడమే సాధ్యం కాదు, ఇంక అనేక కోట్ల కోట్ల మైళ్ళ దూరాలలో ఉన్న నక్షత్రాలను దర్శించి రావడం మాట చెప్పేది ఏమిటి?

జెట్ వేగాన్ని పెంచడం ఎలాగ అని ఆలోచిస్తున్న శాస్త్రజ్ఞులకు కొన్ని కొత్త మార్గాలు తోచాయి. వాటిని వరుసగా పరిశీలిద్దాం.

అణు శక్తితో నడిచే రాకెట్లు (Nuclear Rockets)

ఇందులో యురేనియం - 235 అనే ధాతువు తాలూకు పరమాణు గర్భం (Nucleus) న్యూట్రాను వచ్చి తగలడంవల్ల పగిలిపోతుంది. కొంత ద్రవ్యం శక్తిగా మారుతుంది.*

యురేనియం (235) + న్యూట్రాన్ → బేరియం (138) + క్రిప్టాన్ (83) + 15 న్యూట్రానులు + శక్తి

యురేనియం పరమాణు గర్భం విచ్చిపోయినప్పుడు మరికొన్ని న్యూట్రానులు తయారవుతాయి. అవి పక్కనున్న మరికొన్ని యురేనియం పరమాణు గర్భాలను పగులగొడతాయి. ఈ విధంగా ఒకే ఒక్క న్యూట్రానుతో మొత్తం యురేనియం (235) ముద్దలోని పరమాణు గర్భాలన్నిటినీ సెకనులో లక్షవ వంతు వ్యవధిలో పగులగొట్టెయ్యవచ్చు. అప్పుడు అపారమైన శక్తి పుట్టి, హఠాత్తుగా అనేక లక్షల డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత ఏర్పడుతుంది. అదే ఆటంబాంబు! మనకు కావలసినది ఇది కాదు.

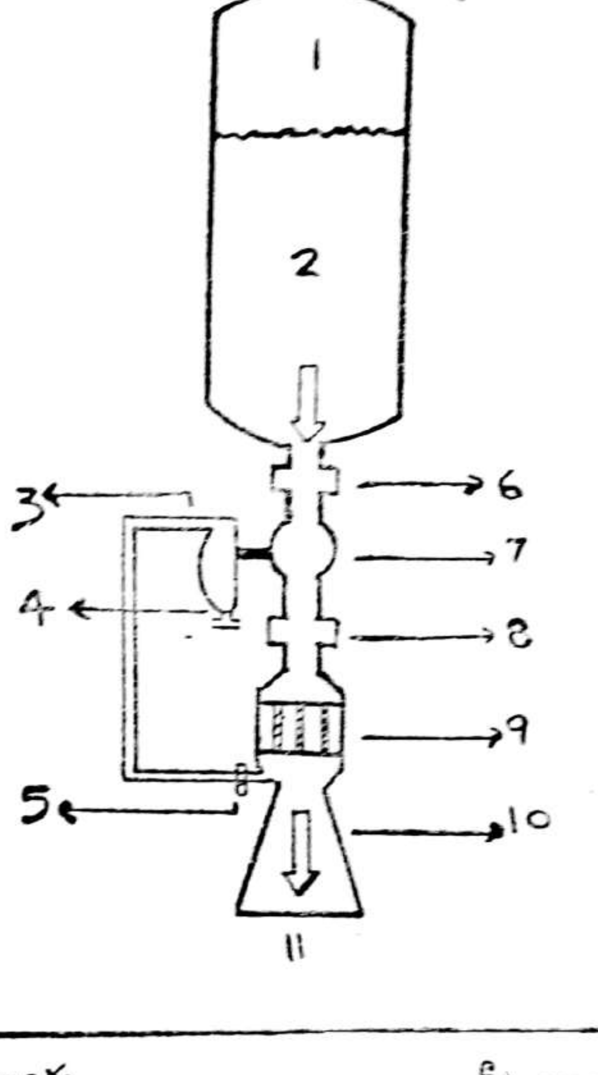
అన్ని యురేనియం (235) పరమాణువులూ ఒకేసారి పగిలిపోకుండా ఈ గొలుసుకట్టు పద్ధతిని బహు నెమ్మదిగా నడిపించగలిగితే అదే "పరమాణు రియాక్టరు" (Atomic Reactor) అవుతుంది. ఇందులో న్యూట్రానులను పీల్చుకోగల "గ్రాఫైటు" కడ్డీలను యురేనియం ముద్దలో గుచ్చి ఉంచుతారు. వీటివల్ల తయారైన న్యూట్రానులలో బహు స్వల్పభాగం మాత్రమే యురేనియం పరమాణు గర్భాలకు తగులుతాయి. కనుక అన్ని పరమాణువులూ ఒక్కసారిగా పగిలిపోకుండా, "రియాక్షన్" అదుపులో ఉంటుంది. ఈ గ్రాఫైటు కడ్డీలను స్వల్పంగా బయటికి లాగితే, "రియాక్షన్" వేగంగా సాగుతుంది; ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతుంది. ఈ విధంగా రియాక్షన్ వేగాన్ని అదుపులో ఉంచుతూ, అవసరమైనంత తాపం మాత్రమే ఏర్పడేటట్లు చేయగలుగుతున్నారు.

---

* దీనికి సంబంధించిన వివరాలు నా "ప్రపంచానికి ఆఖరు ఘడియలు" అనే గ్రంథంలో "పరమాణు గర్భంలో బ్రహ్మాండ శక్తి" అనే ప్రకరణంలో చూడవచ్చు.

ఇటువంటి అణురియాక్టరును రాకెట్టులో మంటగదిలో పెడతారు. ఏదో ఒక ద్రవాన్ని టాంకులో నిలవచేసి దానిని ఈ రియాక్టరులోకి పంపుచేస్తారు. రియాక్టరు వేడికి ఆ ద్రవం ఆవిరై, విసురుగా నాజిలు గుండా బయటికి వస్తుంది. మామూలు రసాయన రాకెట్లలోలాగే ఇందులో ఉపయోగించే ద్రవం మనకి వీలుగా ఉండేది ఏదైనా కావచ్చు. నీరు కావచ్చు, అమోనియా కావచ్చు,

పరమాణు రాకెట్ ఇంజన్



1) ఇంధనపు టాంకు
2) హైడ్రోజన్ ద్రవము
3) టర్బయిన్
4) టర్బయిన్ బహిర్గత వాయువులు
5) టర్బైన్ నడపటానికి హైడ్రోజన్ వెళ్ళేదారి
6) వాల్వు
7) పంపు
8) వాల్వు
9) అణురియాక్టర్
10) నాజిలు
11) హైడ్రోజన్ వాయువు

హైడ్రోజన్ ద్రవం కావచ్చు. అయితే జెట్ వేగాన్ని పెంచడం కోసం అణుభారం తక్కువ ఉండే ద్రవ్యాన్ని ఎన్నుకుంటారు. అన్నింటికన్నా తేలికైన ద్రవ్యం హైడ్రోజనే. దీని అణుభారం = 2. ఇది మామూలు రసాయన ఇంధనాల బహిర్గత అణుభారం కన్న 9 నుంచి 25 రెట్లు తక్కువ. కనుక జెట్ వేగం 3 నుంచి 5 రెట్లు పెరుగుతుంది.

రసాయన ఇంధనాలు మండినప్పుడు పుట్టే వేడి మన చెప్పుచేతల్లో ఉండదు. అది ఇంధనపు అణువులలో బంధింపబడిన రసాయన శక్తి మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. కాని, రియాక్టరులో ఉత్పత్తి అయే వేడి పూర్తిగా మన అదుపు ఆజ్ఞలలో ఉంటుంది. గ్రాఫైటు కడ్డీల స్థితినిబట్టి అనేక లక్షల డిగ్రీల వరకూ ఎంత ఉష్ణోగ్రతనైనా కల్పించవచ్చు. ఉష్ణోగ్రత పెరిగిన కొద్దీ జెట్ వేగం పెరుగుతుంది నిజమే కానీ, దానిని మన చిత్తం వచ్చినట్లు పెంచుకుంటూ పోతే ఆ వేడికి రియాక్టరే ఆవిరైపోవచ్చు కనుక రియాక్టరు నిర్మాణంలో ఉపయోగించిన వస్తువులు కరిగిపోనంత ఉష్ణోగ్రతని మాత్రమే సృష్టించాలి. పైగా ఇందులో మరొక లొసుగు కూడా ఉంది.

బహిర్గత వాయు ఉష్ణోగ్రతకన్న రియాక్టరు ఉష్ణోగ్రత అధికంగా ఉంటుంది. కనుక చల్లని ద్రవాన్ని ఉపయోగించి రియాక్టరును చల్ల బరిచే సౌలభ్యం ఇక్కడ లేదు. కనుక సుమారు 2500°C కన్న వాయు ఉష్ణోగ్రతని పెంచడం సాధ్యంకాదు ప్రస్తుతానికి. కిరసనాయిలు+ఆక్సిజన్ ఇంధనం మండినప్పుడు పుట్టే తాపం కన్న ఇది తక్కువే. కాని అణుభారం తగ్గడంవల్ల 800–900 సెకనుల విశిష్ట ప్రమాతం లభిస్తుంది.

ఇంతకన్న ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత కావాలనుకుంటే ఘన రూపంలో ఉన్న రియాక్టరుకాక, వాయురూపంలో ఉన్న రియాక్టరు ఉండాలి. అప్పుడు అనేక వేల డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతని సృష్టించవచ్చుకానీ నాజిలు నుంచి బయటికిపోయే హైడ్రోజన్‌తో బాటు యురేనియం వాయువు కూడా చల్లగా జారుకుంటుంది. అంటే త్వరలో రియాక్టరే అదృశ్యమైపోతుంది. యురేనియం వాయువు బయటికి పోకుండా నిలిపి ఉంచి, కేవలం హైడ్రోజన్ మాత్రమే బయటికి వెళ్ళే ఏర్పాటు చెయ్యాలని కొన్ని ప్రయత్నాలు జరిగేయి కానీ, అవి ఇంకా పూర్తిగా విజయవంతం కాలేదు.

ఈ వాయు రియాక్టరులో మహా ఇబ్బంది ఉంది. హైడ్రోజన్ వాయువు మరీ ఎక్కువగా లోపలికి వస్తే రియాక్టరులో తయారయే న్యూట్రానులన్నిటినీ

హైడ్రోజన్ మింగేసి ఊరుకుంటుంది; రియాక్టరు "ఆరిపోతుంది". అది సవ్యంగా నడవాలంటే మంటగది 800 అడుగుల వ్యాసం కలది అయి ఉండాలి! అందులో 100 వాతావరణాల వత్తిడి ఉండాలి! వాయు రియాక్టరు ఇంతకన్న చిన్నదిగా ఉన్నప్పటికీ సరిగ్గా పనిచేసే "ఫిషన్" పదార్థం ఏదీ ఇంతవరకూ దొరకలేదు.

పరమాణు రియాక్టరుతో మరో ఇబ్బంది ఉంది. దీని నుంచి నిరంతమూ బహు శక్తివంతమైన న్యూట్రానులూ, గామా కిరణాలూ బయటికి వస్తూ ఉంటాయి. రాకెట్టులోని ప్రయాణీకులకు ఇవి చాలా ప్రమాదకారులు. అంతే కాదు ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలలో ఉపయోగించే ట్రాన్సిస్టర్లు వగైరాలు ఇవి తగిలితే పాడయిపోతాయి. వాటి తాకిడి నుంచి ప్రయాణీకులనూ, పరికరాలనూ కాపాడడం కోసం మందమైన సీసపు పలకలను అడ్డు పెట్టాలి. వీటివల్ల బరువు మరింత పెరుగుతుంది.

ఇంతబరువున్న అణు రాకెట్టు తన జెట్ శక్తితో నేలమీదనుంచి పైకి లేవడమే కష్టం. కనుక రసాయన ఇంధనాలతో నడిచే బూస్టర్ రాకెట్టును అట్టడుగున ఉంచి, పై అంతస్తులో మాత్రమే అణురాకెట్టు ఇంజనుని ఉపయోగించవచ్చు. రసాయన ఇంధనాల సాయంతో ఒకసారి భూమ్యాకర్షణని వదిలించుకుని రోదసిలోకి వెడితే, ఇక అక్కడినుంచి అణురాకెట్టు నిరవరోధంగా పనిచేస్తుంది.

రేడియో ధార్మిక శక్తితో నడిచే రాకెట్లు (Radio - Active Rockets)

కోబాల్టు–60; పొలోనియం–210; రేడియం–226 వంటి కొన్ని ధాతువుల పరమాణు గర్భాలు తమంతట తామే హఠాత్తుగా పగిలి, అందులో నుంచి బహు శక్తివంతమైన అణుశకలాలూ, గామాకిరణాలూ వెలువడుతూ ఉంటాయి. వీటిని "రేడియో ధార్మిక ద్రవ్యాలు" (Radio Active Materials) అంటారు. ఈ అణు శకలాలనూ, కిరణాలను ఉపయోగించి హైడ్రోజన్ వాయువును 1500°C నుంచి 2000°C వరకూ వేడి చేసి, నాజిలలో నుంచి ఆ వాయువును బయటికి పంపవచ్చు. అణు రియాక్టరుకన్న చాలా సులభంగా నిర్మించదగ్గ ఈ రాకెట్టు మోటారు 600-700 సెకనుల విశిష్ట ప్రఘాతాన్ని ఇస్తుంది.

ఎలక్ట్రో-థెర్మల్ రాకెట్లు (Electro Thermal Rockets)

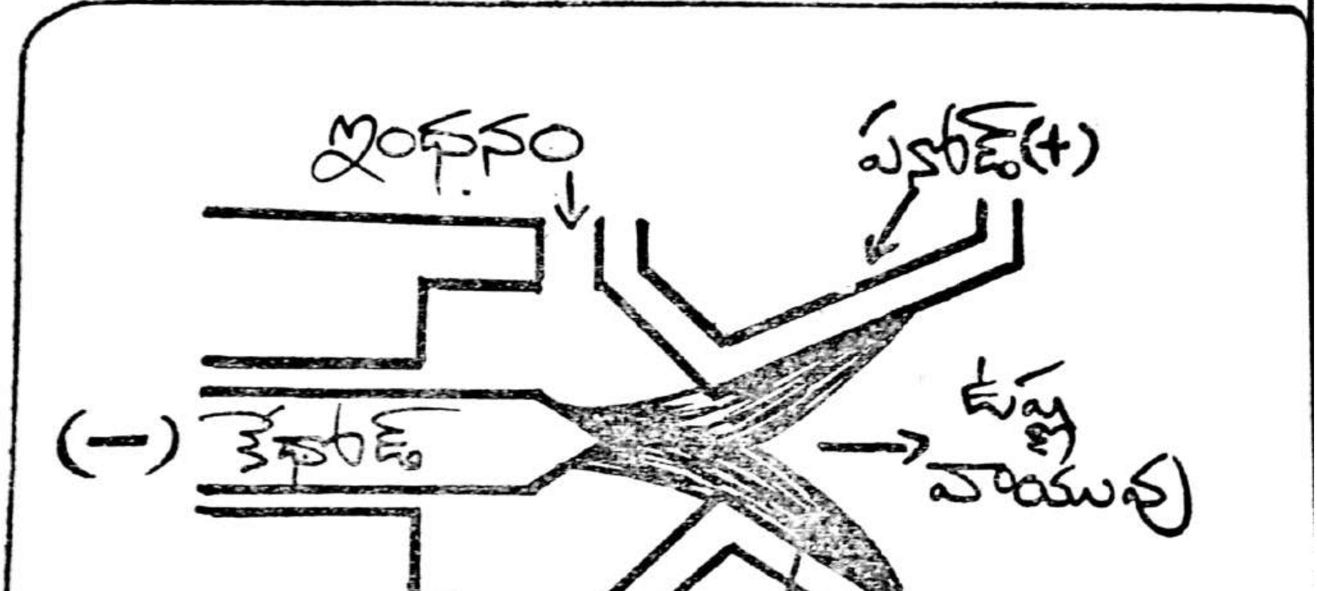
ఇది అచ్చంగా ఎలక్ట్రిక్ హీటరు వంటిదే. టంగ్స్టన్ తీగలోనుంచి విద్యుత్తు ప్రవహింపజేస్తే ఆ తీగ వేడెక్కుతుంది. దానిమీదుగా హైడ్రోజన్

ద్రవాన్ని ప్రవహింపజేస్తే సుమారు 800°C ఉష్ణోగ్రతగల హైడ్రోజన్ వాయువు తయారవుతుంది. దీనిని నాజిలుగుండా బయటికి పంపి, సుమారు 1000 సెకనుల విశిష్ట ప్రచూతాన్ని సాధించవచ్చు. లేబరేటరీ ప్రయోగాలలో ఈ పద్ధతిని ఉపయోగించి అప్పుడే 800 సెకనుల వి. ప్ర ను రప్పించగలిగేరు. ఉష్ణోగ్రత ఇంకా పెంచితే టంగ్స్టన్ తీగ కరిగిపోతుంది అనేది ఒక్కటే ఇందులో అడ్డంకి.

ఈ పద్ధతి బాగానే ఉందికానీ రోదసిలో దీనికి కావలసినంత విద్యుచ్ఛక్తి ఎక్కడినుంచి వస్తుంది? చిన్న థెర్మల్ పవర్ ప్లాంటునే రాకెట్టులో పెట్టి మోసుకుపోవడం తప్ప మరో దారి లేదు.

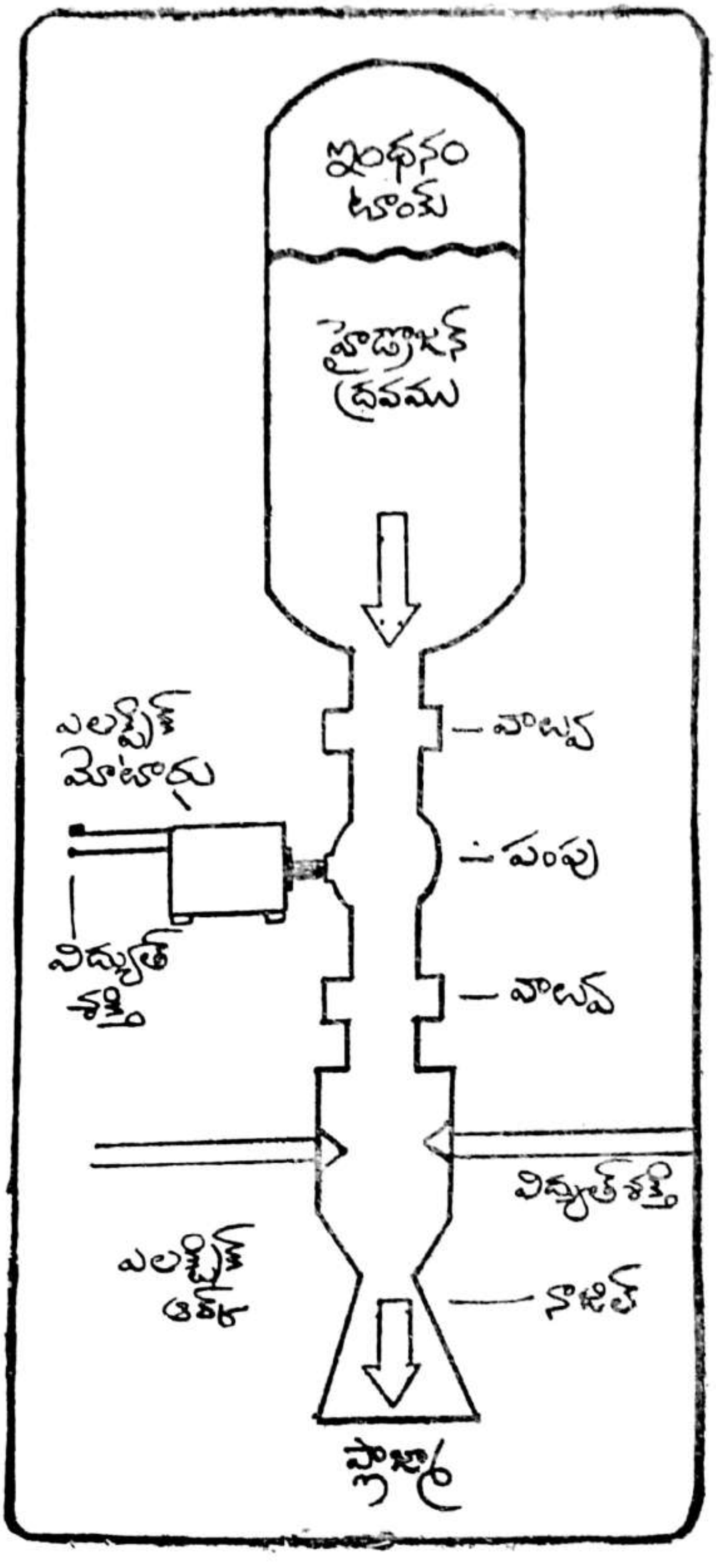
ఆర్క్-జెట్ రాకెట్లు (Arc Jet Rockets)

రెండు ఎలక్ట్రోడుల మధ్య హై-వోల్టేజి విద్యుత్తును ప్రవేశ పెడితే ఆ



రెండింటి మధ్యలో మంటలాగ వస్తుంది. అదే "ఎలక్ట్రిక్-ఆర్క్" (Electric-Arc). దీని సాయంతో ఉక్కుని క్షణంలో కరిగించి అతుకులు పెట్టే

"వెల్డింగు" (Welding) మనకందరికీ అనుభవంలో ఉన్నదే. ఈ ఆర్కులోకి హైడ్రోజన్ ద్రవాన్ని పంపి, వేడెక్కించి నాజిలుగుండా బయటికి పంపవచ్చు.



ఆర్క్-జెట్ రాకెట్ ఇంజన్

ధన ధ్రువాన్నే నాజిలు ఆకారంలో మలిచి రెండు పనులకీ. దానినే ఉపయోగించడం ఈ బొమ్మలో కనిపిస్తుంది

అయితే దీనికి, ఇంతకుముందు చెప్పిన టంగ్‌స్టన్ తీగల ఎలక్ట్రిక్ హీటరు రాకెట్టు మోటరుకి భేధం ఏమిటంటే ఆర్క్‌లో సుమారు 20.30 వేల డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతని సృష్టించవచ్చు. ఇంత తాపం ఎల్లా సాధ్యం అవుతుంది అంటే-ఆర్క్ తాలూకు మంట, వేడి ఎలక్ట్రోడుల లోపలకాక రెండు ఎలక్ట్రోడుల మధ్య వాయువులో పుడుతుంది. కనుక ఎలక్ట్రోడు గోడలను హైడ్రోజన్ ద్రవంతో చల్లబరచవచ్చు. ఈ పని ఎలక్ట్రిక్ హీటరులోగాని, అణు రియాకరులో గానీ సాధ్యం కాదు.

దీనితో 2500 సెకనుల విశిష్ట ప్రఘాతాన్ని సృష్టించవచ్చు. లేబరేటరీ ప్రయోగాలలో అప్పుడే 2000 సెకనుల వి. ప్ర. ను సాధించగలిగేరు.

హైడ్రోజన్ ద్రవాన్ని తయారు చేయడమూ, నిలువచేయడమూ కూడా కష్టమే. కనుక దానికి బదులుగా అమోనియా ద్రవాన్నిగాని, లేదా "వచ్చి మంచి నీళ్ళ"నుగాని నిక్షేపంలా ఉపయోగించవచ్చు. అంత వేడిలో అమోనియా వాయువు హైడ్రోజన్ + నైట్రోజన్ పరమాణువులు గానూ; నీరు ఆక్సిజన్ + హైడ్రోజన్ పరమాణువులు గానూ విడిపోతాయి. కనుక వాటి బహిర్గత వాయువుల అణు భారాలు కేవలం 5 లేక 6 మాత్రమే ఉంటాయి. [తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలో అయితే అమోనియా (NH_3) యొక్క అణుభారం $= 14+1+1+1 = 17$ ఉంటుంది; నీరు (H_2O) యొక్క అణుభారం $= 1+1+16 = 18$ ఉంటుంది.] అణువులు ఈ విధంగా విడిపోవడం వల్ల ఉష్ణోగ్రత కాస్త తగ్గుతుండి నిజమే కానీ, అణుభారం మూడు నాలుగురెట్లు తగ్గడం వల్ల విశిష్ట ప్రఘాతం బాగా పెరుగుతుంది.

ఈ రకమైన రాకెట్టు మోటారును స్టార్ట్ చెయ్యడమూ, ఆపివెయ్యడమూ కూడా చాలా సులభం. స్విచ్చి నొక్కి విద్యుత్తు సరఫరా ఆపడంగానీ, అంద జేయడంగానీ చేయవచ్చు.

దీనికి కూడా విద్యుచ్ఛక్తి చాలా పెద్ద మోతాదులో అవసరం అవుతుంది.

విద్యుదావేశిత కణ రాకెట్లు (Charged-Particle Rockets)

ఇంతవరకూ వర్ణించిన రాకెట్లలో వేడి చేయబడిన వాయువులు నాజిలు గుండా వ్యాకోచించి బయటికి పోవడంవల్ల రాకెట్టు ముందుకి నడుస్తోంది. వేడిమి అవసరంలేని మరో జాతి రాకెట్టు మోటార్లు ఉన్నాయి. "స్థిర విద్యుత్ క్షేత్రం" (Static Electric Field) వల్ల "అయానులను" (Ions) కదిలించవచ్చు.

అయానులు

వీటిని గురించి చెప్పేముందు అసలు అయానులు అంటే ఏమిటో క్లుప్తంగానైనా చెప్పడం అవసరం.

ఏ జాతి పరమాణువును తీసుకున్న మధ్యలో న్యూక్లియస్ (పరమాణు గర్భం) అనే బరువైన భాగం ఉంటుంది; దాని చుట్టూ వివిధ వలయాలలో తిరుగుతూ అల్పాల్పమైన ఎలక్ట్రానులు(Electrons) ఉంటాయి. న్యూక్లియస్‌లో నిర్దిష్ట సంఖ్యలో ధన విద్యుత్తుగల ప్రోటానులు (Protons) ఉంటాయి; సరిగ్గా అదే సంఖ్యలో ఋణ విద్యుత్తుగల ఎలక్ట్రానులు న్యూక్లియస్ బయట తిరుగుతూ ఉంటాయి.

ఉదాహరణకి "బెరీలియం" అనే ధాతువు తాలూకు పరమాణువును పరిశీలిద్దాం. దీని న్యూక్లియస్‌లో నాలుగు ప్రోటానులు ఉన్నాయి; బయట నాలుగు ఎలక్ట్రానులు తిరుగుతున్నాయి-ధన, ఋణ విద్యుత్తుల సంఖ్య సరిసమానం కావడం చేత ఈ పరమాణువు మొత్తం మీద ఏ రకమైన విద్యుత్తునూ ప్రదర్శించదు. ఇటువంటి "తటస్థ" (Neutral) పరమాణువును విద్యుత్ క్షేత్రంగానీ, అయస్కాంత క్షేత్రంగానీ కదిలించలేవు.

వేడి చేయడం వల్లగాని, రాపిడివల్లగాని ఇటువంటి తటస్థ పరమాణువు తాలూకు పైనున్న ఎలక్ట్రాను ఒకటి శాశ్వతంగా బయటికి జారుకోవచ్చు. అప్పుడు నాలుగు ప్రోటానులు, మూడు ఎలక్ట్రానులు మాత్రమే ఆ పరమాణువులో మిగులుతాయి. నాలుగు ధన విద్యుత్కణాలు, మూడు ఋణ విద్యుత్కణాలు మాత్రమే అందులో ఉండడం చేత ఆ పరమాణువు మొత్తంమీద ఒక ధన విద్యుత్తు కలిగి ఉన్నట్లుగా ప్రవర్తిస్తుంది. ఒక్కొక్కప్పుడు రెండు గానీ, అంతకన్న ఎక్కువగానీ ఎలక్ట్రానులు బయటికి జారిపోవచ్చు. అప్పుడు ఆ పరమాణువు రెండు, లేక అంతకన్న ఎక్కువ ప్రమాణాల ధన విద్యుత్తును కలిగివుంటుంది.

ఎలక్ట్రానులు జారిపోవడం చేత తటస్థత్వాన్ని పోగొట్టుకున్న పరమాణువులను అయానులు అంటారు. ధన విద్యుత్తు ఉండడంచేత వీటిని "ధన అయానులు" (Positive Ions) అంటారు. అవకాశం దొరికితే ఈ ధన అయానులు రికామీగా తిరుగుతున్న ఎలక్ట్రానులను పట్టుకుని, మళ్ళీ తటస్థ పరమాణువులుగా మారిపోతూ ఉంటాయి

ధన అయానులు ఋణ విద్యుత్ క్షేత్రంచేత ఆకర్షింపబడుతాయి; ధన విద్యుత్ క్షేత్రంచేత వికర్షింపబడుతాయి. అంతేకాదు ఇవి అయస్కాంత క్షేత్రంలో గిర గిరా రంగుల రాట్నం తిరుగుతాయి.

అయానులకు ఉన్న ఈ ప్రత్యేక ధర్మాలను ఉపయోగించుకుని వీటిని విద్యుత్ క్షేత్రంచేత గానీ, విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రంచేత గానీ కదిలించవచ్చు. ఆ కదలిక ఎటువంటిది? పరిస్థితులు అనుకూలంగా ఉంటే ఇవి సెకనుకి అనేక వేల మైళ్ళ వేగంతో - ఇంకా మాట్లాడితే కాంతివేగానికి దరిదాపులలో (సెకనుకి 186000 మైళ్ళు) ప్రయాణం చేస్తాయి! ఇందులో ఉష్ణోగ్రత ప్రసక్తే లేదు. వీటిని ఉపయోగించుకుని అనేక వేల సెకనుల విశిష్ట ప్రఘాతం గల రాకెట్టు మోటారులను నిర్మించడానికి అవకాశం ఉంది.

ఇందులో మళ్ళీ రెండు రకాలు ఉన్నాయి.

1. అయాన్ రాకెట్లు : ఇవి స్థిర విద్యుత్ క్షేత్రంలో కదులుతాయి.
2. ప్లాజ్మా రాకెట్లు : ఇవి విద్యుదయస్కాంత క్షేత్ర సమ్మేళనంలో కదులుతాయి.

అయాన్ రాకెట్లు (Ion Rockets)

దీని నిర్మాణంలో మూడు ముఖ్య భాగాలుంటాయి.

1. తటస్థ పరమాణువు నుంచి ఎలక్ట్రానులను ఊడబెరికి అయానులను తయారు చేసే విభాగం.
2. అయానులను అతివేగంగా పరుగులెత్తించే స్థిరవిద్యుత్ క్షేత్రవిభాగం
8. రాకెట్టును విడిచి బయటికి పోతున్న అయానులను మళ్ళీ తటస్థ పరమాణువులుగా మార్చే విభాగం.

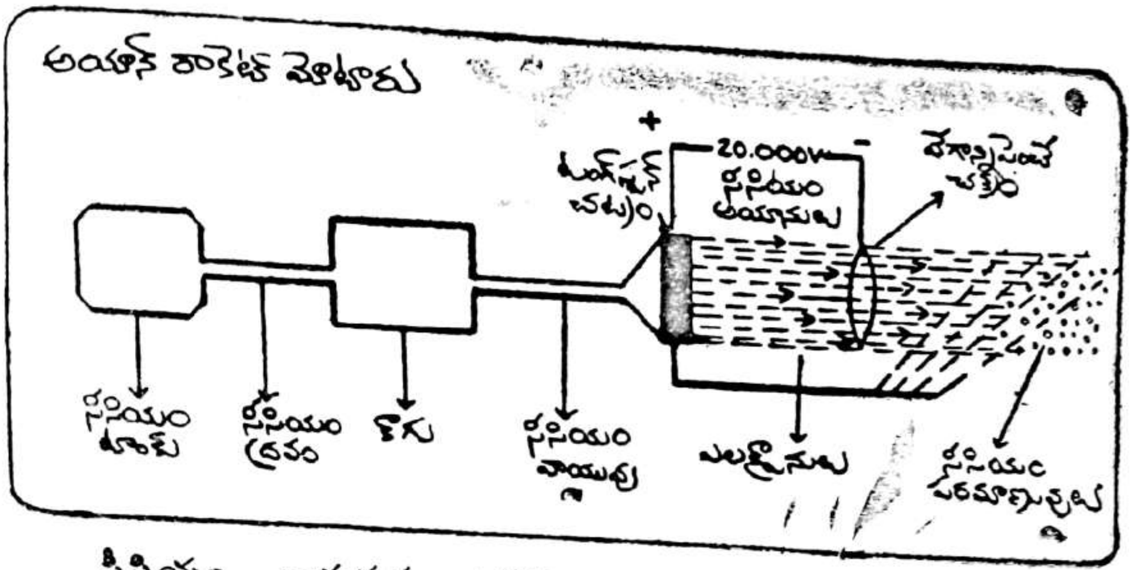
అయానీకరణం (Ionization)

ధాతువును వాయురూపంగా మార్చి, కాలుతున్న టంగ్‌స్టన్ చట్రం (Tungston Grid) గుండా పంపితే అయాన్‌లు ఏర్పడుతాయి. ఈ పనికి "సీసియం" అనే ధాతువు చాలా అనువైనది.

అయానులను తయారుచేసే పద్ధతి మరొకటి ఉంది. వాయురూపంలో

ఉన్న ధాతువులోకి అతి వేగంగా ఎలక్ట్రానులను విసిరితే అయానులు ఏర్పడ తాయి. ఈ పనికి పాదరసం చాలా అనువైనది.

సీసియం (133), పాదరసం(200) పరమాణువులు చాలా బరువైనవి. అందువల్ల విశిష్ట ప్రఘాతం తగ్గినప్పటికీ తోపుడుశక్తి (Thrust) పెరుగుతుంది. కాబట్టి ఇబ్బంది ఎక్కువ లేదు.



సీసియం ధాతువును ఉపయోగించి నిర్మించదగ్గ అయాన్ రాకెట్ మోటారుతాలూకు రూపురేఖలు ఏ విధంగా ఉంటాయో ఈబొమ్మలో చూడవచ్చు.

సీసియం ధాతువు సోడియం, పొటాసియం ధాతువుల జాతికి చెంది నది. ఇది ఒక లోహం. 27.5°Cవద్ద కరుగుతుంది. 68.7°C వద్ద మరుగు తుంది. ద్రవరూపంలో ఉన్న సీసియమును కాగులోకి పంపి వాయువుగా మారు స్తారు. దీనిని ఎర్రగా కాలుతున్న టంగ్‌స్టన్ చట్రంలోనుంచి పంపినప్పుడు సీసియం పరమాణువుల నుంచి ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రాను విడిపోయి, టంగ్‌స్టన్ చట్రానికి అతుక్కుంటాయి. ఈ ఎలక్ట్రానులను త్వరగా వదిలించుకోక పోతే అవి ఆ చట్రం మీద గుమిగూడి తయారు అవుతున్న సీసియం అయాను లకు తగులుకుని వాటిని తటస్థీకరించే ప్రమాదం ఉంది. ఈ ఎలక్ట్రానులను ఆకాశంలోకి విసిరెయ్యడం ఉత్తమం. టంగ్‌స్టన్ చట్రం నుంచి వేడెక్కిన ఒక తీగను బయటికి తీస్తే, ఆ తీగని పట్టుకుని వేలాడుతూ ఎలక్ట్రానులు బయటికి వచ్చి, అక్కడినుంచి "మరిగి" ఆకాశంలోకి పోతాయి.

టంగ్‌స్టన్ చట్రం నుంచి బయటికి వచ్చిన సీసియంఅయానులను బలీయ మైన విద్యుత్‌క్షేత్రంలోకి పంపి, వీటి వేగాన్ని పెంచుతారు. సీసియం అయానులు

ధన విద్యుత్ కలవి కనుక వీటిని ఆకర్షించడానికి అనేక వేల వోల్టుల ఋణ విద్యుత్తు కలిగిన లోహపు రింగును ఉపయోగిస్తారు. దీనితో సెకనుకి అనేక లక్షల అడుగుల వేగాన్ని పుంజుకుని, ఆ ఊపులో ఈ రింగును దాటి అయానులు బయటికి వచ్చేస్తాయి. బయటికి వచ్చిన ఈ అయానులు ఇంతకుముందు వదిలి పెట్టిన ఎలక్ట్రానులను తగులుకుని తటస్థ పరమాణువులుగా మారి, విశ్వాంతరాళంలోకి వెళ్ళిపోతాయి. ఇల్లా తటస్థీకరణం చెందకపోయినట్లయితే ఈ ధన అయానులు ఋణ విద్యుదావేశం కలిగిన రింగు (**Negatively charged Ring**) చేత వెనక్కి ఆకర్షింపబడే ప్రమాదం ఉంది.

సెకనుకి ఒక పౌను ద్రవ్యం బయటికి విసరబడుతూ ఉన్నట్లయితే పది లక్షల అశ్వశక్తుల బలం (1000,000 **Horse Power**) దానికి లభిస్తుంది. జెట్ వేగం సెకనుకి 188,000 అడుగులు ఉంటుంది. దాని తోపుడు శక్తి 5850 పౌనులు ఉంటుంది. విశిష్ట ప్రమాతం 5850 సెకనులు ఉంటుంది.

అత్యుత్తమమైన రసాయన ఇంధనాల కన్న సుమారు 15 రెట్లు వి. ప్ర. ఇవ్వగలిగిన అయాను రాకెట్టులో పదిలక్షల అశ్వశక్తుల విద్యుత్తును సృష్టించగలగాలి. అటువంటి ఎలక్ట్రిక్ జనరేటరు కోటి పౌనుల బరువు ఉంటుంది. ఇంత బరువును కేవలం 5850 పౌనుల తోపుడు శక్తిగల రాకెట్టు భూమిమీద నుంచి పైకిలేవనెత్తనేలేదు. కాని, రసాయన రాకెట్లసాయంతో ఒకసారి భూమి ఆకర్షణని విదిలించుకుని బయట పడగలిగిందంటే, ఈ అయాన్ రాకెట్టుకు గల శక్తితో గ్రహాంతరయానాలుచేసి తిరిగిరావచ్చు. ఇది Cathode-Ray Tube సూత్రం మీద పనిచేస్తుంది కనుక ఇది సవ్యంగా నడవడానికి శూన్య ప్రదేశం కావాలి. అంటే భూ వాతావరణాన్ని పూర్తిగా దాటిపోయాకనే దీనిని ఉపయోగించాలి.

ప్లాజ్మా రాకెట్లు (Plazma Rockets)

ధన విద్యుత్తుగల అయానులు, ఋణ విద్యుత్తుగల ఎలక్ట్రానులు సమాన సంఖ్యలో తిలతండుల న్యాయంగా కలిసిపోయిన వాయువును "ప్లాజ్మా" అంటారు. మామూలు ఎలక్ట్రిక్ మోటారు పనిచేసే పద్ధతిలోనే ప్లాజ్మా రాకెట్ మోటారు పని చేస్తుంది.

ఎలక్ట్రిక్ మోటారులో రెండు ముఖ్య భాగాలుంటాయి. ఒకటి "స్టాటర్" (**Stator**)-ఇది కదలకుండా స్థిరంగా ఉండే అయస్కాంతం రెండవది "రోటర్"

[illegible] —ఒక దాని పక్క ఒకటి — దీనిలో విద్యుత్తు ప్రవహిస్తే కదులుతుంది. ఈ గుండా ప్లాస్మాని ప్రవేశ పెడితే, ప్లాస్మా కూడా రాగితీగ లాగ విద్యుద్వాహకి (Electrical Conductor) కనుక అదికూడా కదులుతుంది.

ఒక గొట్టంలో విద్యుత్ప్రవాహాన్ని, అయస్కాంత క్షేత్రాన్ని పరస్పర లంబంగా (Mutually perpendicular) నిర్మించి, అందులోకి ప్లాస్మాను ప్రవేశ పెడితే, విద్యుదావేశిత కణములు లంబదిశలో పరుగెడుతాయి.

అయాను రాకెట్టులో లాగ ధన ఋణ విద్యుత్కణాలను ముందర విడదీసి, చివరిదశ రెండింటినీ కలిపి తటస్థీకరించవలసిన అవసరం ఇక్కడ లేదు. ఈ పద్ధతిలో 25,000 సెకనుల విశిష్ట ప్రమాణాన్ని సాధించవచ్చు.

ప్లాస్మా కదలికలను నిర్ణయించే Magneto Hydro Dynamics అనే కొత్త విజ్ఞాన శాస్త్ర శాఖ బయలుదేరింది. దీనిని గురించిన వివరాలు చూపించ డానికి ఇది తావుకాదు. సాంకేతికంగా ప్లాస్మా రాకెట్టు ఇంకా శైశవావస్థలోనే ఉంది.

అంతరిక్షంలో విద్యుచ్ఛక్తి ఎల్లా వస్తుంది ?

ఇంతవరకూ చూపించిన ఎలక్ట్రిక్ హీటర్, ఆర్క్ జెట్, అయాన్, ప్లాస్మా రాకెట్లలో అపారమైన విద్యుచ్ఛక్తి కావాలి. కేవలం రాకెట్టు మోటారు నడపడానికే కాకుండా, రాకెట్టులో పెట్టిన వేలాది పనిముట్లు పనిచెయ్యడానికి కూడా విద్యుచ్ఛక్తి అవసరమే.

సూర్యకాంతిని విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చగలిగిన "సోలార్ సెల్స్" ఉన్నాయి. వాటిని వేల సంఖ్యలో ఉపయోగించి తయారుచేసిన కొద్ది వందల వాట్ల విద్యుచ్ఛక్తితో భూమి చుట్టూ తిరిగే కృత్రిమ ఉపగ్రహాలలో పెట్టిన ఎలక్ట్రానిక్ పరికరాలను నడిపించ గలుగుతున్నారు. కాని, అయాన్ వగైరా రాకెట్ మోటార్లను నడిపించడానికి ఈ సౌరవిద్యుత్తు ఏ మూలకి? వీటికి 25000 [illegible]తో 10 ఏంపియర్ల విద్యుచ్ఛక్తి అవసరం అవుతుంది. పైగా సూర్యునికి చాలా దూరంలో-నెప్ట్యూన్, ప్లూటో గ్రహాల దరిదాపులలో ప్రయాణం చేస్తూ ఉంటే సూర్యుడు ఒక నక్షత్రంలా కనిపిస్తాడు. అల్లాంటి చిన్నారి సూర్యుడు ఇవ్వగలిగిన కాంతి ఎంత? దానినుంచి తయారయే విద్యుత్తు పరికరాలను నడిపించడానికి కూడా సరిపోదు.

రెండు నక్షత్రాల మధ్య ప్రయాణం చేస్తున్న రోదసీ నౌకకి అవసరమైన విద్యుశ్ఛక్తి అంతా సూర్యకాంతి మీద ఆధారపడకుండా-స్వయంగా రాకెట్టు లోపలనే తయారు చేసుకోగలగాలి.

థెర్మల్ పవర్ స్టేషనులలో మామూలుగా బొగ్గుగాని, నూనెగాని మండించి, దానితో నీళ్ళను మరిగించి, ఆ ఆవిరితో టర్బైన్ నడిపించి, దాని సాయంతో స్థిర అయస్కాంత ధ్రువాల మధ్య రాగితీగ చుట్టను గిరగిరా తిప్పితే ఆ తీగలో విద్యుత్తు పుడుతుంది.

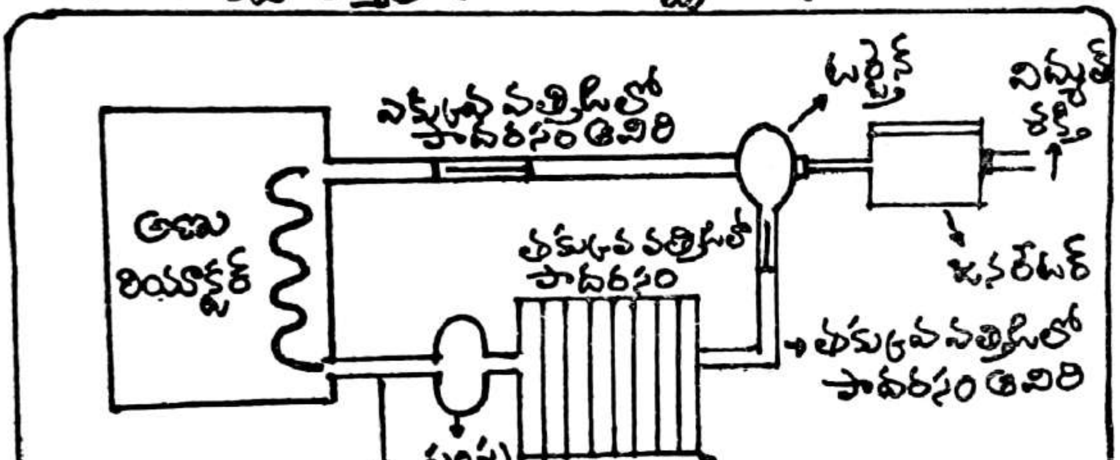
హెచ్చువత్తిడిలో (చ॥ అం॥ కి 1000 పౌనులు) నీళ్ళను బాయిలరులోనికి పంపి, ఆవిరిగా మార్చి, టర్బైన్‌లోకి పంపిస్తారు. ఆ ఆవిరి తాలూకు వేడి, వత్తిడులలో కొంతభాగం చలనశక్తిగా మారి చక్రాన్ని తిప్పుతుంది. చక్రానికి బిగించిన రాగితీగ చుట్ట అయస్కాంత క్షేత్రంలో తిరగడం వల్ల విద్యుత్తు పుడుతుంది. తన శక్తిని టర్బైనుకి అర్పించిన ఆవిరి తక్కువ వేడితో, తక్కువ వత్తిడితో బయటికి వస్తుంది. ఈ ఆవిరిని తిరిగి ఉపయోగించాలంటే దానిని చల్లబరిచి నీళ్లుగా మార్చాలి. "కండెన్సరు" (Condenser) చేసే పని ఇదే. ఈ విధంగా చల్లబరచడానికి నిమిషానికి అనేక లక్షల గాలన్ల నీళ్ళు కావాలి. అందుకనే థెర్మల్ పవర్ స్టేషనులను ఏ నదీ తీరంలోనో నిర్మిస్తారు.

ఇటువంటి పవర్ స్టేషనునంతా రాకెట్టులో పెట్టి ఆకాశంలోకి మోసుకు పోవడం ఎల్లా సాధ్యం? రానుపోను ప్రయాణానికి తట్టే అనేక దశాబ్దాల కాలం జనరేటరు పనిచెయ్యాలంటే ఎంత బొగ్గు కావాలి. చల్లబర్చడానికి ఎంత నీరు కావాలి ? దీని నంతనూ కూడా రాకెట్టులో కుక్కి తీనుకుపోవలసిందే కదా ? అన్నట్లు బొగ్గు గాని, నూనె గాని మండడానికి ఆక్సిజన్ కావాలి. దానిని కూడా మోసుకుపోవలసిందే. ఛస్, ఇది పనికిరాదు. ఇంతకన్న సులభంగా విద్యుత్తును తయారుచేయగల తేలికైన జనరేటరు కావాలి. బోయిలరులో బొగ్గునో, నూనెనో మండించడానికి బదులు అణురియాక్టరును ఉపయోగిస్తే చాలా లాభాలున్నాయి. రియాక్టరు పని చెయ్యడానికి ఆక్సిజన్ అవసరం లేదు. దశాబ్దాల తరబడి పనిచేస్తుంది. కావలసినంత వేడినిస్తుంది. నిలువచేసుకో వలసిన యురేనియం-235 ఇంధనం కొద్ది కిలోగ్రాములు మాత్రమే

రేడియేటరు

మన జెనరేటరులో చెయ్యవలసిన రెండో ముఖ్యమైన మార్పు ఏమిటంటే "కండెన్సరు"ను మార్చాలి. నీళ్ళతో చల్లబర్చడం పనికిరాదు. "రేడియేటరు" పద్ధతి ఉపయోగించవచ్చు. ఇది "ఎలక్ట్రిక్ బల్బు" వంటిది అయి ఉండాలి. వేడిని కాంతిరూపంలో బయటికి పంపిస్తూ ఉండడంవల్ల అది చల్లబడాలి. ఏదైనా వస్తువును వేడి చేసుకుంటూపోతే అది వెలుగు నివ్వడం మొదలు పెడుతుంది. ఉష్ణోగ్రత రెట్టింపు అయితే దాని నుండి బయటికి పోయే వేడిమి 16 రెట్లు పెరుగుతుంది. ఈ పద్ధతినే మన రేడియేటరులో ఉపయోగించవచ్చు. కండెన్సరు ఉష్ణోగ్రతను తగినంత హెచ్చుస్థితిలో ఉంచితే కాంతిని ప్రసరించడం

పరమాణు శక్తితో నడిచే ఎలక్ట్రిక్ జనరేటర్



ద్వారా అది తనంతట తానే చల్లబడుతుంది. దానివల్ల నీళ్ళతో చల్లబరచవలసిన అవసరం తప్పుతుంది.

అయితే ఈ పద్ధతినే భూమి మీద ఎలక్ట్రిక్ జనరేటరులో ఎందుకు వాడరు అంటే-ఈ పద్ధతి సరిగ్గా పని చెయ్యాలంటే రేడియేటరు ఉష్ణోగ్రత 2000°C_3000°C ప్రాంతంలో ఉండాలి. నీటి ఆవిరితో టర్బైన్‌ను నడిపించే పద్ధతిలో ఇంత హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత సాధ్యం కాదు. కనుక రాకెట్టులో పైకి పంపదగ్గ ఎలక్ట్రిక్ జనరేటరులో టర్బైన్‌ని నడపడానికి నీరుకాక మరి ఏదైనా ద్రవం-హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత నివ్వగలిగినది-ఉందేమో వెతకాలి. ఈ పనికి పాదరసం చక్కగా పనికి వస్తుంది.

పాదరసాన్ని టర్బైన్ నడిపే ద్రవంగానూ, దానిని మరిగించడానికి అణు రియాక్టరునూ, పాదరసపు ఆవిరిని చల్లబరచడానికి కాంతిని విరజిమ్మే రేడియేటరునూ ఉపయోగించి విద్యుచ్ఛక్తిని తయారు చేయగల యంత్రాన్ని ఇక్కడ రేఖా మాత్రంగా చూపించాను.

తెరచాపతో నడిచే రాకెట్లు (Solar-Sail Rockets)

గాలి విసురును ఉపయోగించి తెరచాప కట్టిన పడవలను నడిపించడం మానవులకు వేల సంవత్సరాల క్రితమే తెలుసు. నౌకా నిర్మాణ పథంలో అది ఒక మైలు రాయి. డబ్బుఖర్చు లేకుండా మహా సముద్రాలను అవలీలగా దాటెయ్యడానికి తెరచాప ఉపయోగించింది. సరిగ్గా ఇదే సూత్రాన్ని ఉపయోగించి తెరచాపతో నడిచే రాకెట్టును నిర్మించవచ్చు!

భూ వాతావరణాన్ని దాటి వెళ్లాక, గాలిలేని శూన్యప్రదేశంలో తెరచాప ఎల్లా పనిచేస్తుందని విస్తుపోతున్నారా? రాకెట్టును నడిపించే తెరచాప గాలి విసురుతో నడిచేది కాదు. కాంతి ఒత్తిడితో నడుస్తుంది!

కాంతికి కూడా ఒత్తిడి ఉంటుందా? ఉంటుంది. దానికి ప్రత్యక్ష నిదర్శనం తోక చుక్కలే.

బహు దీర్ఘమైన అండ వృత్తాకార కక్ష్యలలో సూర్యునిచుట్టూ తిరుగుతూ ఉండే తోక చుక్కలకి తోకలు ఎల్లప్పుడూ ఉండవు. నిజానికి తోకచుక్కలలో ఉండేవి రాళ్ళూ, రప్పలూ, దుమ్మూ, ధూళీనూ. సూర్యునికి చాలా దూరంగా ఉన్నప్పుడు బిలబులాగ్గా ఉండే ఈ రాళ్ళూ, దుమ్మూ వగైరాలు దగ్గరగా జేరి గోళాకారంలో ఉంటాయి. అప్పుడు తోక ఉండదు; మామూలు గ్రహాలకీ వీటికీ భేదమే ఉండదు.

కాని సూర్యుణ్ణి సమీపిస్తూ ఉంటే వీటికి క్రమక్రమంగా తోక పుట్టుకు వస్తుంది. సూర్య తేజస్సు తాకిడికి ఆ దుమ్మూ, ధూళీ దూరంగా నెట్టివేయబడడం చేత అదే మనకి తోకలాగ కనిపిస్తుంది సూర్యుడికి బాగా చేరువలోకి వచ్చినప్పుడు ఆ తోక అనేక కోట్ల మైళ్ళ పొడవు ఉంటుంది! దీనిని బట్టి సూర్య తేజస్సుకి గల తోపుడు శక్తిని ఊహించుకోవచ్చు.

సూర్యకాంతికి గల ఈ ఒత్తిడిని ఉపయోగించుకుని రాకెట్టును నడిపించవచ్చునని ఒక సూచన. రాకెట్టుకి తేలికగా ఉండే చాలా పెద్ద తెరచాపను

కట్టాలి. ఆ పనికి అల్యూమినియం పూసిన మైలార్ ప్లాస్టిక్ పొరను ఉపయోగించవచ్చు. ఒక వెయ్యి చ॥ అడుగుల తెరచాపను ఉపయోగిస్తే భూ కక్ష్యకి సమీపంలో లభించే తోపుడు 0.0002 పౌను (గ్రాములో పదోవంతు). ఇది బహు స్వల్పమే అయినప్పటికీ కాలం గడిచిన కొద్దీ రాకెట్టు మంచి వేగాన్ని పుంజుకోగలుగుతుంది. ఇందులో అతి ముఖ్యమైన సౌకర్యం ఏమిటంటే ఇంధనంఖర్చు, దానిని నిలవచేయడానికి రాకెట్టులో చోటు, దానిని మండించడం వంటి ఇబ్బందులు ఏమీ ఉండవు. సూర్యకాంతి వట్టినే, అవిచ్ఛిన్నంగా దొరుకుతుంది కదా?

తెరచాప దిశను మారుస్తూ రోదసీ నౌకను కావలసిన వైపుగా మళ్ళించవచ్చు. దీనిని వాతావరణ శూన్యమైన అంతరిక్షంలో మాత్రమే ఉపయోగించాలి; లేకపోతే గాలి ఒరిపిడి చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది.

సూర్యుడి నుంచి దూరంగా పోతున్న కొద్దీ సౌర కాంతి, దానితోబాటు తోపుడు శక్తి కూడా తక్కువైపోతూ ఉంటాయి అంటే కుజగ్రహం వైపుగా పోతూ ఉంటే ఈ శక్తి తగ్గుతుంది; శుక్రగ్రహం వైపుగా పోతూ ఉంటే క్రమంగా పెచ్చుతుంది.

ఫోటాన్ రాకెట్లు (Photon Rockets)

ఇంతవరకూ చెప్పిన రాకెట్లు అన్నీ సౌర కుటుంబంలో ఒక గ్రహం నుంచి మరో గ్రహానికి ప్రయాణంచేయడానికి సరిపోతాయేకాని, ఇతర నక్షత్రాలకు ప్రయాణం చేయడానికి వాటికి శక్తి చాలదు. నక్షత్రాంతర ప్రయాణాలకి అనేక వందల సంవత్సరాలు పట్టేస్తుంది. ఎన్నెన్నో తరాలు ప్రయాణంలోనే వ్యర్థమైపోతాయి.

నక్షత్రాంతర ప్రయాణాలకు కాంతినే ప్రయాణ సాధనంగా వాడుకునే రాకెట్టు సిద్ధాంత రీత్యా సాధ్యమే దీనినే ఫోటాన్ రాకెట్టు అంటారు.

కాంతి అనేది ఒక రకమైన శక్తి ఆ శక్తి దీపం నుంచి ఖండ ఖండములుగా ఉత్పత్తి అవుతుందని ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రం చెబుతోంది. ఆ కాంతి శక్తి ఖండములకే ఫోటానులని పేరు.

ఫోటానుల వేగం సెకనుకి 186000 మైళ్ళు (30,000 000,000 సెం.మీ/సెకనుకి) ఇంతకన్న ఎక్కువ వేగంగా ప్రయాణం చేయగలది సృష్టిలో మరేదీ లేదు. ఈ ఫోటానులనే బహిర్గత వాయువుగా ఉపయోగిస్తే

లభించే విశిష్ట ప్రమూణాన్ని లెక్క వెయ్యవచ్చు.

$$\text{వి. ప్ర.} = \text{వేగం} \div \text{భూమి యొక్క గురుత్వ త్వరణం}$$

$$= 3 \times 10^{10} \div 980$$

$$= 300,000,000 \text{ సెకనులు}$$

ఇంత వి. ప్ర. ఉన్నప్పటికి ఫోటానులకు గల తోపుడు శక్తి చాలా చాలా తక్కువ. ఉదాహరణకి ఒక పౌను తోపుడు శక్తిని సృష్టించాలంటే గంటకి 4.8×10^9 **B T.U.** *ల ఇంధనం కాల్చాలి. కిరసనాయిలు+ఆక్సిజన్ ఇంధనంగా వాడే రసాయన రాకెట్టులో ఒక పౌను తోపుడు శక్తి రావాలంటే 66 **B.T.U.**ల ఇంధనం తగులబడితే చాలు.

తెరచావ రాకెట్టులోలాగే ఇది కూడా కాంతికి గల తోపుడు శక్తిని ఉపయోగించుకుని నడుస్తుంది కానీ, అ కాంతికోసం సూర్యునిమీద ఆధారపడకుండా, స్వయంగా కాంతిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఇది ఒక పెద్ద "ఫ్లాష్ లైట్" (**Flash Ligth**) వంటిది అనుకోవచ్చు. ఆ ఫ్లాష్ లైటును వెలిగించడానికి అణురియాక్టరు కావాలి.

ప్రస్తుతపు అణురియాక్టర్లలో యురేనియం–235లోని అల్పాల్ప భాగం మాత్రమే శక్తిగా మారుతోంది. నక్షత్రాంతర ప్రయాణాలకి ఇది సరిపోదు. మొత్తం ద్రవ్యాన్ని అంతనీ శక్తిగా మార్చి వేయగల రియాక్టరు కావాలి. ఆ పద్ధతి మనకి ఇంకా తెలియదు.

అందులో నుంచి వెలువడే కాంతిని ప్రతిఫలించడానికి బ్రహ్మాండమైన అద్దం (Reflector) కావాలి. ఆ కాంతిలో కరిగిపోకుండా నిలువగల లోహాలతో ఆ అద్దాన్ని నిర్మించాలి. అటువంటి లోహాలు మనకి ఇంతవరకూ తెలియవు. ఏమో, ముందు ముందు ఈ సమస్యలన్నిటికీ పరిష్కార మార్గాలు దొరకవచ్చు.

---

* B T. U = British Thermal Unit

అ ను బం ధం – 1

ఘన ఇంధన రాకెట్లు

రాకెట్లలో వాడే ఇంధనాన్నిబట్టి వాటిని రెండు రకాలుగా విభజిస్తారు. 1. ఘన పదార్థాలను ఇంధనంగావాడిన రాకెట్లు. 2. ద్రవపదార్థాలను ఇంధనంగా వాడిన రాకెట్లూనూ, ఈ రెంటింటికి నిర్మాణంలో బోలెడంత భేదం ఉంది. చారిత్రకంగా చూస్తే మొట్టమొదట తయారుచేసినవి ఘన ఇంధన రాకెట్లే. వీటికి 700 సంవత్సరాల చరిత్ర ఉంది. వీటితో పోలిస్తే ద్రవఇంధన రాకెట్లు బొడ్డూడని పసిగుడ్లు. ఇవి 1920 తరవాతనే పుట్టేయి. కనుక ముందర ఘన ఇంధన రాకెట్ల నిర్మాణము, వాటిలోవాడే ఇంధనాలూ, వాటి లక్షణాలూ, అందులో ఉన్న సాధక బాధకాలూ వగైరాలు ఈ ప్రకరణంలో స్థూలంగా పరిశీలిద్దాం.

రాకెట్టును నడిపించే మందులో రెండు ముఖ్యమైన పదార్థాలుంటాయి.

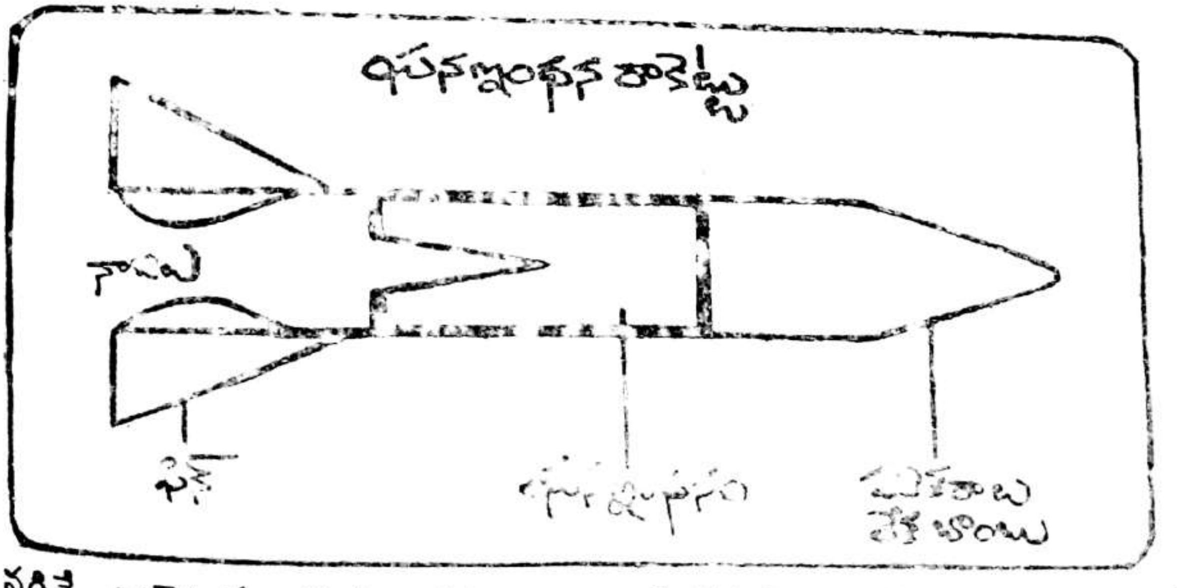
ఒకటి మండేది.

రెండోది మండించేది.

బొగ్గు, గంధకంవంటి వస్తువులు మండుతాయి. వీటిని "తైలం" (Fuel) అంటారు.

తైలం మండడానికి ఆక్సిజన్ అవసరం మండించేది ఇదే. ఈ ఆక్సిజన్ వాయువును ఇచ్చే పదార్థాన్ని "ఆక్సిడైజర్" (Oxidiser) అంటారు.

తైలము, ఆక్సిడైజరు కలిసిన మొత్తం పదార్థాన్ని "ఇంధనం" (Propellant) అంటారు. ఈ ఇంధనం ఘన పదార్థమైతే దానిని "ఘన ఇంధనం" (Solid propellant) అంటారు. ఇటువంటి ఘన ఇంధనంతో



నడిచే రాకెట్టును ఘనఇంధన రాకెట్టు (Solid-Propellant rocket) అని ఘనరాకెట్టు (Solid rocket) అని అంటారు.

సూరేకారం, బొగ్గు, గంధకం కలిపి 13 వ శతాబ్దంలో చీనావాళ్ళు తయారు చేసిన "నల్లమందు" (Black powder) మార్పులు ఏమీ లేకుండా ఆరు శతాబ్దాలపాటు ప్రపంచం అంతటా రాకెట్లలోనూ, ఫిరంగులలోనూ ఉపయోగించబడింది. ఇందులో సూరేకారం మండించే వస్తువు. అంటే ఆక్సిజను ఇచ్చేది. ఆ ఆక్సిజన్‌లో బొగ్గు, గంధకమూ మండుతాయి.

ఈ మందులో పాళ్ళు సుమారుగా ఈ విధంగా ఉండేవి.

సూరేకారం (పొటాసియం నైట్రేటు = KNO_3)	75 %
బొగ్గు (కార్బన్ = C)	15 %
గంధకం (సల్ఫర్ = s)	10 %

ఇవి మూడూ కలిసి మండడం వల్ల ఈ క్రింది రసాయనికమైన మార్పు వస్తుంది.

$$4KNO_3 = 5c \longrightarrow 2K_2Co_3 + 3Co_2 + 2N_2$$
$$2KNO_3 + 2S \longrightarrow K_2So_4 + So_2 + N_2$$

పొటాసియంకార్బనేట్, పొటాసియంసల్ఫేట్, కార్బన్‌డై ఆక్సైడ్, సల్ఫర్‌డై ఆక్సైడ్ నైట్రోజన్ వగైరా వాయువులు తయారవుతాయి. అంతే కాదు గ్రాముకి 5[illegible]0 కేలరీల వేడిపుడుతుంది. సుమారు 2000°C ఉష్ణోగ్రత ఏర్పడుతుంది. దట్టించిన మందుకి సుమారు 400 రెట్ల పరిమాణంలో ఈ వాయువులు ఏర్పడతాయి. చిన్న గొట్టంలో యీ వాయువులు నొక్కుకుని విపరీతమైన వత్తిడి ఏర్పడుతుంది. ఈ వాయువులు సన్నని రంధ్రం గుండా సుమారుగా సెకనుకి 6000 అడుగుల వేగంతో బయటికి వస్తాయి. ప్రతిక్రియ వల్ల ఈ బహిర్గత వాయు ప్రవాహానికి (Exhaust or Jet) వ్యతిరేక దిశలో రాకెట్టు కదులుతుంది. పూర్తిగా మండని బొగ్గువల్లనూ, ఇంకా రకరకాల వాయువుల వల్లనూ పొగ వస్తుంది.

ఇంధనం మండినప్పుడు ఎంత వేడిపుడుతుంది అనేది చాలా ముఖ్యం. ఇంధనం యొక్క శక్తిని నిర్ణయించేది ఈ వేడే. దాని మీదనే రాకెట్టు శక్తి ఆధారపడి ఉంటుంది.

ఆక్సిడైజర్లు

ఆక్సిజన్ ఇవ్వగల పదార్థం ఒక్క సూరేకారమేకాదు, ఇంకా చాలా ఉన్నాయి. మొదట సూరేకారాన్ని ఉపయోగించడానికి కారణం అది సులభంగా దొరకడమే.

నైట్రేటులు

పొటాసియం నైట్రేటు (KNO_3) :- ఇందులో 40% ఆక్సిజన్ ఉంది. పొగ ఎక్కువ వస్తుంది. తేమను పీల్చుకోదు.

సోడియం నైట్రేటు ($Na\ NO_3$) :- ఇందులో 47% ఆక్సిజన్ ఉంది. పొగ ఎక్కువ వస్తుంది. తేమను పీల్చుకోవడం దీనిలోని ముఖ్యమైనలోపం. బాణా సంచాలో ఉపయోగించే సూరేకారంలో ఈ సోడియం, పొటాసియం నైట్రేటులు రెండు కలిసి ఉంటాయి. కనుకనే గాలిలోని తేమను ఈ మందు పీల్చుకోవడం, అందువల్ల నిమ్ముకోవడమూజరుగుతుంది. అందుకనే కాల్చే ముందు బాణాసంచాను ఎండబెట్టడం అవసరం. యుద్ధ ఆయుధాలలో కేవలం పొటాసియం నైట్రేటునే ఉపయోగిస్తారు. లేకపోతే శత్రువు వచ్చి మీదపడిపోతూ ఉంటే, "ఉండవయ్యా బాబూ! మా మందుగుండు నిమ్ముకుంది. కాస్త ఎండబెట్టుకోనియ్యి" అనడానికి ఇవి ధర్మ యుద్ధపు రోజులు కావుకదా?

అమోనియం నైట్రేటు ($NH_4\ NO_3$) :- ఇందులో పనికి వచ్చే ఆక్సిజన్ 20% మాత్రమే. మిగిలినది ఆ అణువులోనే ఉన్న హైడ్రోజన్‌తో కలిసి మండుతుంది. ఇది మండినప్పుడు పొగరాదు. పైగా ఇది చాలా చవక. అందుచేత దీనిని ఆక్సిడైజరుగా వాడాలని ప్రయత్నాలు జరిగేయి. కాని దీని మంటకి వేడి తక్కువ. దీనిలో మరో ముఖ్యమైన లోపం ఉంది. 32. 1°C దగ్గర ఇది ఒక స్ఫటికా కృతినుంచి మరో స్ఫటికాకృతికి మారుతుంది. ఈ మార్పువల్ల వ్యాకోచిస్తుంది. దానితో మందుబీటలుతీస్తుంది. పొటాసియం నైట్రేటును కలపడం ద్వారా ఈ ఇబ్బందిని తొలగించవచ్చు.

పెర్‌క్లోరేటులు

సోడియం పెర్‌క్లోరేట్ ($Na\ ClO_4$) : ఇందులో 52% ఆక్సిజన్. ఇది తేమను పీల్చుకోవడమేకాక ఉప్పుకణాలను ($Nacl$)ను విడుస్తుంది.

పొటాసియ పెర్‌క్లోరేట్ ($K\ Clo_4$) :- ఇందులో 46% ఆక్సిజన్. ఇది తేమను పీల్చుకోదు కానీ, తెల్లనిపొగ (Kcl) విడుస్తుంది.

మెగ్నిషియా పెర్‌క్లోరేట్ ($Mg\ Cl\ O_4$) :- ఇందులో 57% ఆక్సిజన్ తేమను బాగా పీల్చుకుంటుంది.

అమోనియం పెర్‌క్లోరేట్ ($NH_4\ Clo_4$) :- ఇందులో 34% ఆక్సిజన్. ఆక్సిడైజరుగా దీని శక్తి సోడియం, పొటాసియం పెర్‌క్లోరేటులకన్న తక్కువ

అయినప్పటికీ, దీనిబహిర్గత వాయువుల "అణుభారం" (Molecular Weight) చాలా తక్కువ కావడం చేత దీనితో చేసిన రాకెట్లు బాగా పోతాయి. అమోనియం నైట్రేటులా ఉష్ణోగ్రతను బట్టి దాని ఘన పరిమాణం మారదుకానీ, హైడ్రోజన్ క్లోరైడ్ (Hcl) అనే విషపదార్థాన్ని విడుస్తుంది. గాలి తేమగా ఉంటే దానివల్ల తెల్లని పొగమంచులాగ ఏర్పడుతుంది.

ఇది కాక పిక్రేటులు (Picrates) కూడా ఆక్సిడైజర్లుగా వాడదగ్గదే. కాని ఇవి విషాలు కాస్తంత లోహ పదార్థపు కల్మషం (Impurity) ఉంటే వత్తిడికి పేలిపోతాయి ఇవి చాలా ప్రమాదకరమైనవి.

వీటన్నిటికీ పొటాసియం పెర్క్లోరేట్ ఉత్తమంగా కనిపిస్తుంది. దీనిని అమెరికాలో (Galcit) రాకెట్లలో వాడుతున్నారు.

ఇంతవరకూ చెప్పిన ఇంధనాలు అన్నీ రెండు గానీ, అంతకన్న ఎక్కువ గానీ, రసాయన పదార్థాలను పొడికొట్టి, కలిపి, తయారుచేసినవే. వీటిని "సమ్మిశ్రణ ఇంధనాలు" (Composite Propellants) అంటారు.

పట్టిక - 1

కొన్ని సమ్మిశ్రణ ఇంధనాలలో వాడిన ద్రవ్యాలు

ఇంధనం పేరు	సంయోజనం	పాళ్ళు (శాతం)	విశిష్టప్రఘాతం (సెకనులు)
నల్లని తుపాకి	పొటాషియం నైట్రేట్	61.6	
మందు	బొగ్గు	23.0	40-80
	గంధకం	15.4	
Galcit	పొటాషియం పెర్ క్లోరేట్	75.0	
రాకెట్ల	ఆస్ఫాల్ట్	25.0	180
ఇంధనం	నూనె (స్వల్పంగా)		
NRDC	అమోనియం పిక్రేట్	45 0	
రాకెట్లు	సోడియం నైట్రేట్	45.0	180
ఇంధనం	రెజిన్	10 0	

సంయుక్త ఇంధనాలు (Homogeneous Propellants)

ఇంతకన్న బలమైన ఇంధనాలకోసం 19వ శతాబ్దంలో రసాయన శాస్త్రజ్ఞులు వేట మొదలుపెట్టేరు. అంతలో 1845లో యాదృచ్ఛికంగా "గన్‌కాటన్" (Gun Cotton) అనే పేలుడు పదార్థం బయటపడింది.

క్రిస్టియన్ ఫ్రిడ్రిక్ షోన్‌బైన్ అనే జర్మన్ రసాయన శాస్త్రజ్ఞుడు నైట్రిక్-సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్లముల మిశ్రమంలో ప్రత్తి కరుగుతుందేమో చూద్దామని ప్రయత్నిస్తున్నాడు. కాని, ఎంత సేపు నానబెట్టినా ప్రత్తి ప్రత్తిలాగే ఉండిపోయింది. కాని కరగలేదు. ఆ ప్రయోగం విఫలమైందని నిర్ధారణ చేసుకుని, ఆ ద్రవంలో ఉన్న ప్రత్తిని బయటికితీసి, లేబరేటరీలో దండెంమీద ఆరవేసి, అప్పటికే చాలారాత్రి అయిపోయిందని లేబరేటరీకి లాంతరు వేసి, ఇంటికి వెళ్ళేడు, కొంత సేపటికి ఎండిన ఆ ప్రత్తి బాంబులా పేలిపోయింది; లేబరేటరీ తునాతునకలైపోయింది; అంతకు ముందు నరమానవుడెవ్వడూ ఎరగనంత విసురైన పేలుడు పదార్థం (Explosive) తయారైంది. షోన్‌బైన్ దానికి గన్‌కాటన్ అని పేరు పెట్టేడు.

అసలు జరిగినదేమిటంటే—ప్రత్తిలో సెల్యులోజు అనే పదార్థం ఉంది. అది నైట్రిక్ ఏసిడ్‌తో కలిసి నైట్రోసెల్యులోజు (Nitro cellulose) అనే భయంకరమైన పేలుడు పదార్థం తయారైంది.

నైట్రోసెల్యులోజు అనేది నిజానికి ఒకేఒక్క రసాయన పదార్థంకాదు. నైట్రిక్ ఏసిడులో వేరువేరు తరహాల నైట్రేషన్‌కి (Deffrent degrees of Nitration) చేరుకున్న వివిధ సెల్యులోజు అణువుల మిశ్రమంఅది. ఉదాహరణకి 12.76% నైట్రోజన్ కలిగిన నైట్రోసెల్యులోజు ఫార్ములా ఇది.

$$C_{24}\ H_{31}\ O_{10}\ (No_3)_{10}$$

పేలుడు పదార్థాల అణువుల నిర్మాణంలో నైట్రాజన్, ఆక్సిజన్ అణువులు కలిసి ఉండడం గమనించే ఉంటారు. దీనికి కారణంఉంది. నైట్రోజన్ ఒంటెత్తు రామలింగం లాంటిది. అది ఇతర ధాతువులతో సాధారణంగా కలియదు. రెండు నైట్రోజన్ పరమాణువులు పరస్పరాలింగనం చేసుకుని (N_2) ఉంటాయి. ఆ బిగి కౌగిలి విడదీస్తే నైట్రోజన్ ఇతర ధాతువులతో కలుస్తుంది. ఉదాహరణకి : నైట్రిక్ ఏసిడు (HNO_3). పొటాషియం నైట్రేటు(KNO_3). విధిలేక ఇల్లా కలిసినా సఖ్యంగా కాపరం చెయ్యక ఎప్పుడు విడాకులు పుచ్చుకుందామా అని సాకుకోసం ఎదురుచూస్తూ ఉంటుంది. ఆ విడాకుల సందర్భంలో ఆక్సిజన్ వేరైపోయి, కొన్ని ఇతర ధాతువులతో కలిసి మండుతుంది.

మొత్తంమీద నైట్రోసెల్యులోజు ఆవిష్కరణం పేలుడు పదార్థాల చరిత్రలో ఒక పెద్దమైలురాయి.

ఈ నైట్రోసెల్యులోజును రాకెట్లలో ఇంధనంగా వాడడానికి ప్రయత్నాలు జరిగాయి. ఈ ఇంధనంలో చమత్కారం ఏమిటంటే మండేకొద్దీ, కంది...

అంటూ రెండు విడివిడి పదార్థాలు ఉండవు. ఈ రెండు లక్షణాలూ ఒక్క అణువులోనే ఇమిడివుంటాయి. దానిని వేడి చేయగానే ఈ అణువులోనే రసాయనికంగా బంధింపబడివున్న ఆక్సిజన్ విడుదలఅయి, మిగిలిన అణు భాగాలతో కలిసి మండిస్తుంది.

వీటిని సంయుక్త ఇంధనాలు అంటారు.

మళ్ళీ ఇందులో రెండురకాలు. నైట్రోసెల్యులోజు ఒక్కటే ఉపయోగించినట్లయితే దానిని "సింగిల్ — బేస్ ఇంధనం" (Single-Base Propellant) అంటారు.

నైట్రోసెల్యులోజుని నైట్రోగ్లిసరిన్ (Nitro Glycerine) $= C_3H_5O_9N_3$ అనే మరోపేలుడు పదార్థాన్ని కూడా కలిపితే దానిని "డబుల్ — బేస్ ఇంధనం" [Double-Base Propellant] అంటారు.

ఈ రెండింటికి తయారీలోనూ, లక్షణాలలోనూ భేదంవుంది.

సింగిల్-బేస్ ఇంధనపు మంటకి వేడి తక్కువ. తేమ పీల్చుకుంటుంది. పైగా దీనిని తయారు చేయడానికి ద్రావకం [Solvent] ఉపయోగించాలి. ఎంత వద్దనుకున్నా ఆ ద్రావకం కాస్తో కూస్తో అందులో అట్టే ఉండిపోతుంది. దానిని ఎండించాలి. మరీపెద్దసైజు కడ్డీలుగా తయారుచేస్తే ఎండించడం కష్టం. కనుక దీనితో చిన్నసైజు రాకెట్లు మాత్రమే చేయడానికి వీలు అవుతుంది.

డబుల్ - బేస్ ఇంధనపు తయారీకి ద్రావకం అవసరం లేదు. కనుక ఎండించడం ప్రసక్తి లేని దీనితో చేయగల రాకెట్టు సైజుకి పరిమితి అంటూ లేదు. ప్రెస్సింగ్ మిషను శక్తినిబట్టి ఎంతెంత పెద్ద కడ్డీలుగానైనా తయారు చెయ్యవచ్చు.

సంయుక్త ఇంధనాలలో చేర్చవలసిన మసాలా

ఈ సంయుక్త ఇంధనాలలో కొన్ని లోపాలున్నాయి. వీటిని సరిదిద్దడం కోసం స్వల్పంగా కొన్ని ప్రత్యేక ద్రవ్యాలను చేరుస్తారు.

స్టెబిలైజరు [Stabilizer]

పత్తినిగాని, కాగితాన్ని గాని నైట్రిక్ సల్ఫ్యూరిక్ ఆమ్ల మిశ్రమంలో నానబెట్టి నైట్రోసెల్యులోజును తయారు చేస్తారని తెలుసుకున్నాం. ఈ నైట్రోసెల్యులోజును ఎంతకడిగి శుభ్రంచేసినా అందులో స్వల్పంగా ఏసిడు మిగిలిపోతుంది. అది నైట్రోసెల్యులోజును క్రమంగా విరిచేస్తుంది [Decompose].

ఈ కారణంచేత తయారు చేసిన తరవాత వేడి వాతావరణంలో చాలాకాలం నిలవ ఉంచితే ఈ ఇంధనం పాడవుతుంది. ఈ ఇబ్బందిని తొలగించడానికి స్టెబిలైజరుగా డైఫినైల్ ఎమైన్‌గానీ, సిమ్మెట్రికల్ డైఇథైల్ డైఫినైల్ యూరియా గానీ (1 – 2 శాతం) కలుపుతారు.

ప్లాస్టిసైజరు (plasticizer)

నైట్రోసెల్యులోజు ఆధారంగా ఏర్పడ్డ ఇంధనాలను వత్తిడిలో కడ్డీలుగా లాగడానికి వీలుగా మెత్తబరచడానికి అందులో కలిపే వస్తువులు కొన్ని ఉన్నాయి. డైమిథైల్ థాలేట్, డైఇథైల్‌థాలేట్, డైబుటైల్ థాలేట్‌లు వాడతారు. కర్పూరమూ, ఆముదమూకూడా పనికివస్తాయి.

కేవలం మెత్తబరచడానికే కాకుండా పేలుడుశక్తిని పెంచే పదార్థాలు కూడా ఉన్నాయి. అమెరికాలో నైట్రోగ్లిసరిన్, జర్మనీలో డైఇథైలీన్‌గ్లైకాల్ డైనైట్రేటును రెండవ ప్రపంచ యుద్ధపు రోజులలో ఉపయోగించారు.

నల్లబరిచే వస్తువులు

నైట్రోసెల్యులోజుతో తయారైన ఇంధనపుకడ్డీ పటికలాగా అర్ధ పారదర్శకంగా (Translucent) ఉంటుంది. ఇందుచేత ఒక్కొక్కప్పుడు రేడియేషన్ వల్ల ఇంధనపు పై భాగానకాక కడ్డీలోపలకూడా అంటుకోవడమూ, తద్వారా పేలిపోవడమూ కూడా జరుగుతూ ఉండేది. దీనికి విరుగుడుగా నల్లని కాటికమసి (0.01 – 0.2 శాతం) కలుపుతున్నారు.

వెలుగు తగ్గించే వస్తువులు

ఇంధనం మండినప్పుడు వెలుగు, పొగ తగ్గించడం కోసం కొన్ని ద్రవ్యాలను కలుపుతారు. పొటాసియం సల్ఫేటు వాటిలో ఒకటి. డైనైట్రోటాల్వీన్ కలిపితే వెలుగు, పొగ తగ్గడమేకాక, తేమను పీల్చుకోవడంకూడా తగ్గుతుంది.

జారుడు పదార్థాలు

ఈ ఇంధనాలను వత్తిడిలో కడ్డీలుగా లాగేటప్పుడు పై భాగం గరుకుగా ఉంటూ ఉండేది. దానిని సరిదిద్దడంకోసం స్వల్పంగా మైనం కలుపుతారు.

అగ్ని నిరోధక పదార్థాలు

ఇంధనపు కడ్డీ పై భాగంలో కొన్ని ప్రదేశాలలో మాత్రమే మండాలనీ, కొన్ని చోట్ల తగులబడ కూడదనీ అనుకున్నప్పుడు పై భాగాన కావలసిన చోట్ల అగ్ని నిరోధక పదార్థాలను పూస్తారు. నైట్రో సెల్యులోజు ఇంధనాలకు అయితే సెల్యులోజు ఎసిటేటుగానీ ఇథైల్ సెల్యులోజుకానీ ఉపయోగిస్తారు. ఇంకా ఇటువంటి అగ్ని నిరోధకాలు చాలా ఉన్నాయి.

ప్రస్తుతం వాడుకలో ఉన్న సంయుక్త ఇంధనాలలో ఉపయోగించే వివిధ పదార్థాలను 2, 3, 4, పట్టికలలో ఇచ్చాను.

ఇంధన ప్రాశస్త్యం

ఇంధన ప్రాశస్త్యాన్ని సూచించడానికి "విశిష్ట ప్రఘాతం" (Specific impulse లేక Specific Thrust) అనే మాటను వాడతారు. "ప్రఘాతం" అంటే తోపుశక్తి (Thrust). దీని ఇంధనం మందే వేగంతో భాగిస్తే విశిష్ట ప్రఘాతం వస్తుంది. దీనిని సెకనులలో కొలుస్తారు.

$$\text{విశిష్ట ప్రఘాతం} = \frac{\text{ప్రఘాతము}}{\text{ఇంధనం మండేవేగం}}$$

పట్టిక - 2

సింగిల్-బేస్ ద్రావక సహిత ఇంధనంలోని వివిధ పదార్థాలు

(విశిష్ట ప్రఘాతం = 180 సెకనులు)

వస్తువు లక్షణం	రసాయన నామం	పాళ్ళు (శాతం)
1. ముఖ్య ద్రవ్యం	నైట్రో సెల్యులోజు	50-99
2. ప్లాస్టిసైజరు	డై ఇథైల్ థ్రాలేట్	0-30
3. స్టెబిలైజరు	డై ఫినైల్ ఎమైన్	1-2
4. వెలుగు, పొగ తగ్గడానికి	పొటాసియం సల్ఫేట్	0-3
5. నల్లబరచడానికి	మసి	0.01-0.2
6. జారుడు కోసం	మైనం	0-2
7. ద్రావకం	ఆల్కహాల్, ఈథర్, ఎసిటోన్	0-40

పట్టిక – 3

డబుల్-బేస్ ద్రావకం రహిత ఇంధనం

(విశిష్ట ప్రఘాతం = 200 - 250 సె॥

వస్తువు లక్షణం	రసాయన నామం	పాళ్ళు (శాతం)
1. ముఖ్యద్రవ్యం	13.25% నైట్రోజన్ కల నైట్రో సెల్యులోజు	51.5
2. రెండవ ముఖ్యద్రవ్యం	నైట్రో గ్లిసరిన్	43.0
3. ప్లాస్టిసైజరు	డై ఇథైల్ ప్తాలేట్	3.25
4. స్టెబిలైజరు	ఇథైల్ సెంట్రలైట్	1.0
5. వెలుగు, పొగ తగ్గించడానికి	పొటాసియం సల్ఫేట్	1.25
6. నల్లబరచడానికి	మసి	0.2
7. జారుడుకోసం	మైనం	0.08

పట్టిక – 4

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధంలో జర్మనులు ఉపయోగించిన "కార్డైట్"

(విశిష్ట ప్రఘాతం = 190 - 200 సెకనులు)

రసాయననామం	పాళ్ళు (శాతం)
1. నైట్రోసెల్యులోజు	41%
2. నైట్రో గ్లిసరిన్	50%
3. డైఇథైల్ డైఫినైల్ యూరియా (స్టెబిలైజరు)	9%

ఇది ఎంత అధికమైతే ఆ ఇంధనం అంత శక్తివంతమైనదన్నమాట.

200 _ 210 సెకనుల వి. ప్ర. గల ఘన ఇంధనాలను తయారుచేయ గలుగుతున్నారు.

ఇంధనం మండే తీరు

మొదటినుంచి చివరిదాకా ఒకే వేగంతో మండే ఇంధనంగల రాకెట్లు కొన్ని ఉన్నాయి దీనిని తటస్థ జ్వలనం (**Neutral Burning**) అంటారు.

ముందర నెమ్మదిగా మొదలు పెట్టి వెళ్ళిన కొద్దీ హెచ్చు వేగంతో మండే ఇంధనంగల రాకెట్లుకొన్ని. దీనిని వర్ధమాన జ్వలనం (**Progressive Burning**) అంటారు.

హెచ్చువేగంతో మొదలుపెట్టి క్రమ క్రమంగా తక్కువ వేగంతో మండే ఇంధనంగల రాకెట్లుకొన్ని. దీనిని క్షీయమాణ జ్వలనం (**Regressive Burning**) అంటారు.

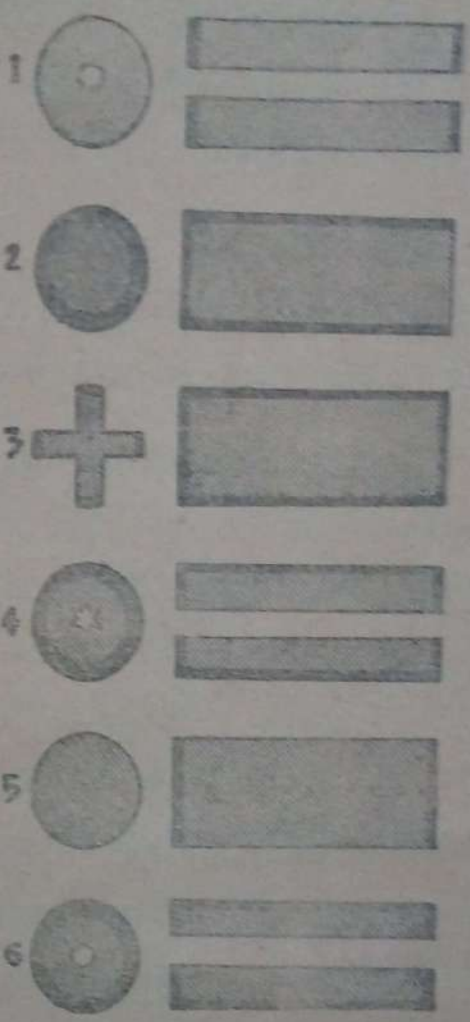
ఏ విధంగా కావాలంటే ఆ విధంగా ఇంధనం మండేటట్లు చేయడానికి మార్గాలున్నాయి. అది మందునుకూరే విధానాన్ని బట్టి ఉంటుంది. చాలా భాగం రాకెట్లకి తటస్థజ్వలనమే ఉపయోగిస్తారు. వర్ధమాన జ్వలనం తాడు విసిరే రాకెట్లకి అవసరం. ఏమంటే, మొదలుపెడుతూనే ఎక్కువ వేగం అయితే తాడు తెగిపోవచ్చు. తనవెంట తీసుకు పోయే తాడు పొడవు, దానితో బాటు బరువూ పెరుగుతూ వుంటే వెళ్లేకొద్దీ రాకెట్టుకి ఎక్కువ శక్తి కావాలికదా? క్షీయమాణ జ్వలనానికి ఎక్కువ ఉపయోగంలేదు.

మంటమండే స్థలం పెరిగితే ఎక్కువ మంట వస్తుంది; తోపుడుశక్తి ఎక్కువ అవుతుంది

ఎక్కడ మంట అవసరంలేదనుకుంటే అక్కడ అగ్నినిరోధక ద్రవ్యాలు పూసి మంటను ఆపవచ్చు.

ఈ రెండు సూత్రాలనూ ఉపయోగించి ఏ విధమైన జ్వలనం కావాలను కుంటే దానిని సాధించవచ్చు.

వివిధ తరహాలలో జ్వలనాన్ని సాధించ డానికి మందు కూరే పద్ధతులు



1. గొట్టం ఆకారం

2. సిగరెట్టులాగ మండేది

3. సిలువ ఆకారం

4. మధ్యలో నక్షత్రం ఆకారం. ఈ నాలుగూ తటస్థ జ్వలనాన్ని ఇస్తాయి.

5. క్షీయమాణ జ్వలనం

6. వర్ధమాన జ్వలనం ఇస్తాయి

ఈ బొమ్మలో నల్లని మొద్దుగీతలు ఉన్నవి మందు మండకుండా అగ్ని నిరోధకం పూసినచోట్లు అని జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి. అక్కడ తప్ప మిగిలిన అన్ని చోట్లామండుతుంది. ఇందులో మొదటి నాలుగూ ఆదినుంచి అంతం వరకూ ఒకే వేగంతో మండేరకం. అదెల్లాగంటే —

ఉదాహరణకి: 1వ బొమ్మలో గొట్టం ఆకారంలో ఉంది మందు. గొట్టానికి లోపలా, వెలుపలా కూడా ఏక సమయంలో అంటుకుంటుంది. మండుతూ ఉండే లోపలి రంధ్రం క్రమంగా పెద్దది అవుతూ ఉంటుంది. కాని గొట్టం వెలుపలిభాగం మండినకొద్దీ చిన్నది అవుతూ ఉంటుంది ఈ రెండూ ఒకదాని కొకటి చెల్లు అయి, మొత్తంమీద మండే స్థలవైశాల్యం స్థిరంగా ఉంటుంది.

రెండవ బొమ్మలో ఇంధనపుకడ్డీ సిగరెట్టులాగా మండుతుంది. ఎంత సేపూ మండేస్థలవైశాల్యం స్థిరంగానే ఉంటుంది.

మూడవ బొమ్మలో మందు సిలువ ఆకారంలో ఉంటుంది నల్లని మొద్దు గీతలున్న భాగాలుమాత్రమే వెలుపలి ఇనపతొడుగుకి తగులుతూ ఉంటాయి.

నాలుగవ బొమ్మలో లోపలిరంధ్రం నక్షత్రం ఆకారంలో ఉంటుంది.

ఈ నాలుగింటికీ మండే స్థలవైశాల్యం స్థిరంగా ఉంటుంది కనుక స్థిరంగా మండుతాయి.

5వ బొమ్మలో మందు సిలిండరు వెలుపల మండుతుంది. క్రమేపీ ఇంధనపు సిలిండరు సన్నబడుతూ ఉండడంచేత మండే స్థలవైశాల్యం తగ్గిపోతూ ఉంటుంది. కనుక ఇది క్షీయమాణ జ్వలనాన్ని కలిగిస్తుంది.

6వ బొమ్మలో గొట్టంలోపలి రంధ్రంలో మాత్రమే మండుతుంది. ఈ రంధ్రం క్రమేపీ పెద్దది అవుతుంది కనుక మండే స్థలవైశాల్యం పెరుగుతూ పోతుంది. కనుక ఇది వర్ధమాన జ్వలనాన్ని కలుగ జేస్తుంది.

సిసింద్రీ

ఘన ఇంధన రాకెట్లను వెలిగించడానికి ఉపయోగించదగ్గ సిసింద్రీ ఇంధనాన్ని వేడెక్కించడమే కాకుండా,వత్తిడి పెంచగలది కూడా అయి ఉండాలి. అప్పుడే ఇంధనం నమ్మకంగా అంటుకుంటుంది. సిసింద్రీ నుంచి మండుతున్న కణాలు వెళ్ళి ఇంధనానికి తగలడంకూడా అవసరమే సిసింద్రీనుంచి ఉష్ణ వాయువులు పుష్కలంగా వస్తేనే గొట్టంలోపల వత్తిడి పెరుగుతుంది కనుక అదీ అవసరమే.

సిసింద్రీలలో తరుచుగా వాడేమందులు రెండు ఉన్నాయి.

1. నల్లని తుపాకీ మందు.
2. మెగ్నీషియం రజను + పొటాసియం పెర్క్లోరేటు

నల్లనిమందు చాలాచవక. కాని అది తేమను పీల్చుకుంటుంది. రెండవరకం మందుకూరిన సిసింద్రీలు అయితే బహువేగంగా, నమ్మకంగా నిప్పు ముట్టిస్తాయి.

చిన్న చిన్న రాకెట్లకయితే కాగితపు సిసింద్రీ గొట్టాలుచాలు పెద్ద రాకెట్లకు లోహపు సిసింద్రీలు అవసరం.

రాకెట్టు మోటారు

మందు నింపిన గొట్టము, సన్నని కంఠము, బాకాలాగ అంతకంతకు పెదదిలయే నాజిలు ఇవి అన్నీ కలిపి రాకెట్టు మోటారు అంటారు. ఇ

బలంగా, తేలికగా, వేడికి కరిగి పోవకుండా ఉండాలి. నాజిలు కంఠం దగ్గర ప్రత్యేకంగా, అత్యుష్ణ వాయువుల తాకిడికి తట్టుకోగల టంగ్‌స్టన్ కార్బైడ్, గ్రాఫైట్ వంటి వస్తువులను ఉపయోగిస్తారు

రాకెట్టు ఇంజను అంత సింపుల్ మరొకటిలేదు కానీ, ఆ యంత్రాన్ని సక్రమంగా నడిపించడంలో బోలెడన్ని ఇబ్బందులున్నాయి. అన్నింటికన్న ముఖ్యమైన ఇబ్బంది కొత్తగా కనిపెట్టిన నైట్రోసెల్యులోజు, నైట్రోగ్లిసరిన్ వంటి పదార్థాలతో వచ్చింది. అవి భయంకరమైన పేలుడు పదార్థాలు. కొండలను పిండి చేసెయ్యగల ఈ పదార్థాలను అదుపులో ఉంచి, పేలిపోకుండా రవ్వంత నింపాదిగా మండేలాగ వాటిని మార్చడానికి, వాటిని సాధువులుగా మార్చడానికి అందులో కలపవలసిన "కల్తీ" మందుల కోసం రసాయన శాస్త్రజ్ఞులు విశ్వ ప్రయత్నం చేయవలసి వచ్చింది. వాటిని అదుపులో పెట్టగల స్టెబిలైజర్లను కనుక్కున్నారు.

మరో ఇబ్బంది ఏమిటంటే ఈ కొత్త ఇంధనాలు మండినప్పుడు అపారమైన వేడిపుట్టేది. దానివల్ల రాకెట్టు తొడుగు వేడెక్కి, రాకెట్టు ముక్కుకి కట్టిన బాంబు తాలూకు ఫ్యూజు వేడెక్కి, శత్రువు మీద పేలవలసిన బాంబు మధ్యదారిలోనే పేలిపోయేది

రాకెట్ ఇంజనీర్లు దీనికి విరుగుడు కనిపెట్టేరు. వేడిని తనులోనుంచి ప్రవహించనివ్వని (అనుష్ణవాహక) వస్తువులు చాలానేఉన్నాయి. వీటిలో ఒక వస్తువును ఎన్నుకుని రాకెట్టు తొడుగుకి లోపల ఈ వస్తువుతో ఒక పొర (Lining) లాగ అమర్చారు. దానివల్ల పై తొడుగుకి వేడి అధికంగా అందదు. కనుక ఈ ప్రమాదం ఇంక ఉండదు అనుకున్నారు.

కాని మరోకొత్త ఇబ్బంది తల ఎత్తింది. వారు ఉపయోగించిన అనుష్ణవాహక ద్రవ్యాలన్నీ వాతావరణం వేడిగాఉంటే వ్యాకోచించడమూ, చల్లగా ఉంటే సంకోచించడమూ మొదలుపెట్టేయి. దానితో రాకెట్టు తొడుగుకీ, ఇంధనపు కడ్డీకి మధ్య రెండింటినీ అతుక్కుని ఉండవలసిన ఈ పొర అలా ఉండక మొరాయించింది. ఇంధనపు కడ్డీకి, ఈ పొరకీ మధ్య ఖాళీ ఏర్పడింది. ఈ రెండిటి మధ్య ఖాళీలో నుంచి మంట పాకివెళ్ళి రాకెట్టును పేల్చేసేది.

ఈ రకమైన లోపాలను సరిదిద్దుకోడానికి చాలా కాలం పట్టింది.

నిశ్చల ప్రయోగం (Static test)

అయితే ఒక ధర్మ సందేహం. నిసింద్రీ వెలిగించగానే రాకెట్టు ఆకాశం లోకి ఎగిరి చక్కా పోతుందికదా, ఆ తరువాత రాకెట్టులో కలిగిన మార్పులూ, లోపాలూ ఎల్లా తెలుస్తాయి? దాని వెనక్కాలే పనిముట్లు సంచీ పుచ్చుకొని శాస్త్రజ్ఞులు పరుగెత్త లేరుకదా?

రాకెట్టు ఎల్లాపని చేస్తుందో తెలుసుకోదలచినప్పుడు, రాకెట్టును గొలుసులతో బంధించి నేలమీద కదలకుండా ఉంచుతారు. దీనిని నిశ్చల ప్రయోగం అంటారు. ఎలక్ట్రానిక్ పనిముట్ల సాయంతో ఆ రాకెట్టుకి సంబంధించిన అనేక విషయాలను ప్రమాదం లేనంత దూరంలో కూర్చుని తెలుసుకుంటారు. ఉదాహరణకి, దానిని బంధించిన గొలుసులను అది ఎంత బలంతో లాగడానికి ప్రయత్నిస్తుందో మొదటి నుంచి చివరిదాకా సెకనులో వెయ్యోవంతు అంత రాలలో కొలుస్తారు అల్లాగే ఉష్ణోగ్రత, వత్తిడి వగైరాలన్నీ తెలుస్తాయి.

స్థిరీ కరణం (Stabilization)

రాకెట్టు నిర్మాణంలో ఎదురైన మరో ముఖ్యమైన సమస్య ఉంది. ఎగురుతున్నప్పుడు రాకెట్టు బయలుదేరిన దిశలోనే వెళ్ళేటట్లు చెయ్యడం ఎల్లాగ? దీనినే స్థిరీకరణం అంటారు. అనుకున్న లక్ష్యాన్ని చేరుకోడానికి ఇది చాలా ముఖ్యం. దీనిని రెండు విధాలుగా సాధించగలిగేరు

అందులో ఒక పద్ధతిని అనేక వేల సంవత్సరాలకు పూర్వమే ఆటవిక మానవుడు సాధించగలిగేడు. విల్లు ఎక్కు పెట్టి విడిచిన బాణం స్థిరంగా ప్రయాణం చెయ్యాలంటే ఏం చెయ్యాలని అతడు ఆలోచించాడు. కేవలం యాదృచ్ఛికంగా బాణానికి చివర పక్షి ఈకలు కట్టాలని తెలుసుకున్నాడు. బాణం ముక్కు కాస్త దారి తప్పిందంటే ఈకల మీద గాలి వత్తి ఆ బాణాన్ని మళ్ళీ యథాస్థానానికి తీసుకు వస్తుంది. దీనిని "పక్ష స్థిరీకరణం" (Fin Stabilization) అంటారు.

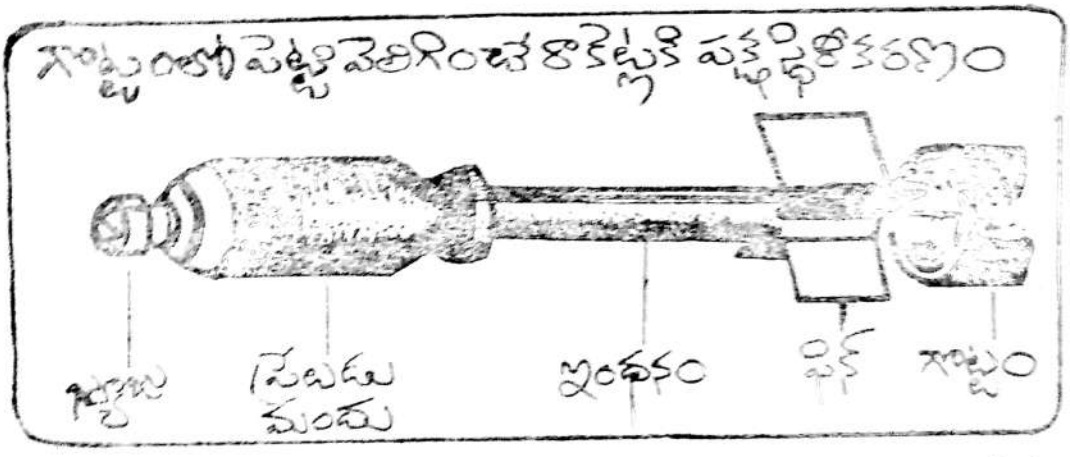
సరిగ్గా ఇదే సూత్రాన్ని అనుసరించి రాకెట్టు పీఠానికి దగ్గరలో మూడు ఫిన్స్ (Fins - రెక్కలు) ఉంచి, స్థిరత్వాన్ని సాధిస్తున్నారు.

రెండవ పద్ధతి ఏమిటంటే, షెల్ రాకెట్లలో చేసినట్లు రాకెట్టు అంతనీ గిర గిరాతిప్పడం. దీనిని "భ్రమణ స్థిరీకరణం" (Spin Stabilization) అంటారు.

ఈ రెండు పద్ధతులూ ఉపయోగించి రాకెట్టుకి స్థిరత్వాన్ని చేకూర్చ డానికి ప్రయత్నాలు జరిగేయి. రెండింటిలోనూ లోపాలున్నాయి.

హేల్ చూపించిన పద్ధతిలో రాకెట్టు నాజిలు నుంచి బయటికి వచ్చే వాయువుల దారిలో వేన్స్ పెట్టడంవల్ల రాకెట్టుకి నష్టం అవుతుంది. దానితో రాకెట్టు వేగం తగ్గిపోతుంది.

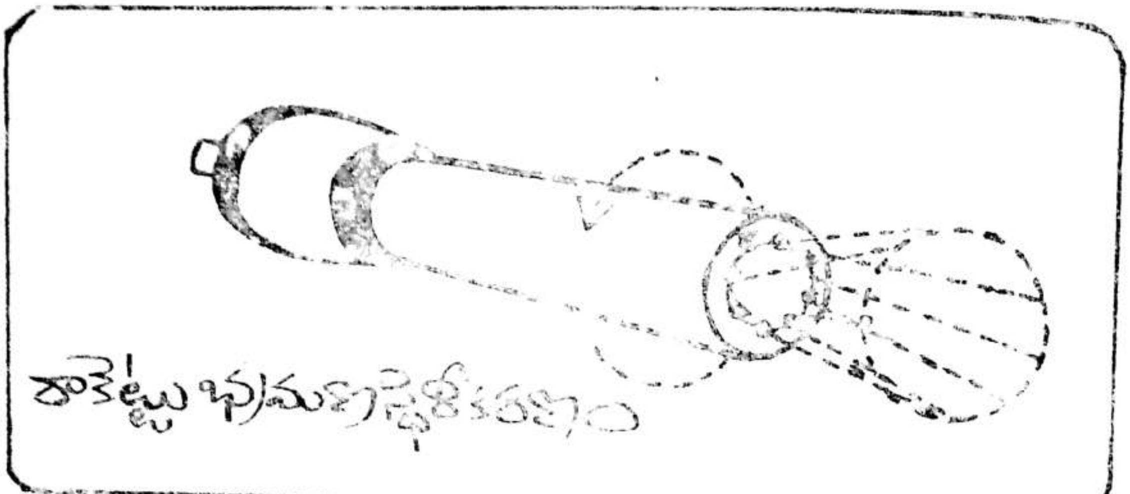
పక్షస్థిరీకరణంలో మరోరకమైన ఇబ్బంది ఎదురైంది. రాకెట్టును గొట్టంలో పెట్టి వెలిగిస్తారు దిశను నిర్ణయించడానికి. అప్పుడు రెక్కలు అడ్డు రాకుండా ఉండడంకోసం బలమైన స్ప్రింగులతో వాటిని పక్కకి మడిచి గొట్టంలో ఉంచుతారు. గొట్టాన్ని విడిచి రాకెట్టు బయటికి రాగానే రెక్కలు విప్పుకుంటాయి. గొట్టంలోనుంచి బయటికి వచ్చిన క్షణంలోనే రాకెట్టుకి స్థిరీకరణం అవసరం. సరిగ్గా అదేసమయంలో విప్పుకునే ప్రయత్నంలో రెక్కలు [illegible] లేకుండా ఉంటే స్థిరత్వాన్ని అవి ఎల్లాసాధిస్తాయి?



పక్షస్థిరీకరణంలో మరో ఇబ్బంది కూడా ఉంది. రాకెట్టు ప్రయాణం మొదలు పెట్టిన తొలిక్షణాలలో స్థిరీకరణం సరిగ్గా జరగాలంటే రెక్కలు పెద్దవిగా ఉండాలి ఆ తరువాత చిన్న రెక్కలుచాలు. పెద్దరెక్కలు బరువుచేటు. అందుచేత అందరిదృష్టి భ్రమణస్థిరీకరణం వైపు మళ్ళింది.

రాకెట్టును గిరగిరా తిప్పడానికి హేల్ తయారుచేసిన వేన్స్ మాత్రమే కాక మరోపద్ధతి కూడా ఉంది. ఒకే ఒక పెద్ద నాజిలుకి బదులు చిన్న చిన్న నాజిల్సు గుండ్రంగా అమర్చుతారు అవి అన్నీ తిన్నగా కాక, రాకెట్టు అక్షానికి కొద్దిగా పక్కకి వంగిఉంటాయి. నాజిలునుంచి బయటికివచ్చే జెట్ రాకెట్టును పక్కకి వంచడానికి ప్రయత్నిస్తుంది కాని, ప్రతినాజిలుకీ అవతలివైపున సరిగ్గా టేంన్సు అయిన మరోనాజిలు ఉంది, రాకెట్టును పూర్వస్థితికి తేవడానికి

ప్రయత్నిస్తుంది. ఫలితం ఏమిటంటే రాకెట్టు పక్కకి వంగకుండా గిర గిరా తిరుగుతుంది.



ఈ పద్ధతి చాలా బాగుంది కానీ, ఇందువల్లకూడా రాకెట్టుశక్తి కొంత తగ్గిపోతుంది. అదీకాక, రాకెట్టుస్థిరంగా ఉండడానికి ఎంతవేగంగా తిరగడం అవసరమో ఎవరికీ అర్థంకాలేదు చాలాకాలంవరకూ. మరీ అధికంగా తిప్పితే శక్తి వ్యర్థం అవుతుంది. తక్కువగా తిప్పితే స్థిరత్వం ఉండదు.

ఇక ఇది పనికాదని, రాకెట్టును గిరగిరా తిప్పడానికి మరోపద్ధతి కనిపెట్టేరు. ఒక పెద్దగొట్టంలో రాకెట్టును నిలుచోబెట్టి, ఆ గొట్టాన్ని మోటారు సాయంతో తిప్పుతూ దానితో బాటుగా తిరుతుగున్న రాకెట్టును వెలిగించడం. ఈపద్ధతి అమోఘంగా పనిచేసింది కానీ, యుద్ధరంగంలో ఇంత పెద్దగొట్టాన్నీ, దాన్నితిప్పే మోటారునీ అటు ఇటూ తీసుకుపోవడం సాధ్యంకాని పనికదా?

రాకెట్టుని తిప్పేగొట్టం యుద్ధభూమిలో అక్కరకు రాకపోయినా, దానివల్ల శాస్త్రజ్ఞులకి చాలా విలువైన సమాచారం తెలిసింది. గొట్టాన్ని వివిధ వేగాలలో తిప్పుతూ, వేరువేరు రాకెట్లను ప్రయోగిస్తూ, ప్రతిరాకెట్టుకీ స్థిరత్వం కుదరడానికి ఎంతెంత వేగంతో తిప్పడం అవసరమో దానిసాయంతో నిర్ణయించగలిగేరు.

అది తెలియగానే సరిగ్గా అంతటి భ్రమణ వేగం కల్పించడానికి అవసరమైన కోణంలో నాజిల్సుని అమర్చగలిగేరు. ఈ పద్ధతి తెలుసుకోవడానికి చాలా కాలం పట్టింది. కనుక రెండవ ప్రపంచ యుద్ధ కాలంలో ఈ భ్రమణ స్థిరీకరణం జోలికి ఎవరూ పోలేదు. సులభంగా అమర్చిగలిగిన రెక్కలతో పక్ష స్థిరీకరణాన్నే అవలంబించారు అందరూను.

అ ను బం ధం - 2

ద్రవ ఇంధన రాకెట్లు

ఇంత వరకూ మానవజాతికి తెలిసిన అతి సరళమైన, బహుశక్తిమంతమైన యంత్రం రాకెట్టే. దాని బరువుకి అది ఇచ్చేటంత శక్తి మరి ఏ ఇతర యంత్రమూ ఇవ్వలేదు. కారు, రైలు, విమానం వగైరా ఇంజన్లలో తైలాన్ని కాల్చగా వచ్చిన వేడిని ఉపయోగించి చక్రాలను తిప్పడమే కనిపిస్తుంది. ఉష్ణశక్తిని చలనశక్తిగా మార్చడంలో ఉన్న క్లిష్టత మాట అల్లా ఉంచి, అందులో శక్తి నష్టం అధికంగా ఉంటుంది. రాకెట్టులో ఆ విధంగా కదిలే భాగాలేవీ లేవు. వేడెక్కిన వాయువులు సరాసరి రాకెట్టును కదిలిస్తాయి. ఈ సౌలభ్యం ఉన్నప్పటికీ సరియైన రాకెట్టుమోటారు నిర్మాణం బహుకష్ట సాధ్యమైనదీ, అతి క్లిష్టమైనదీనూ.

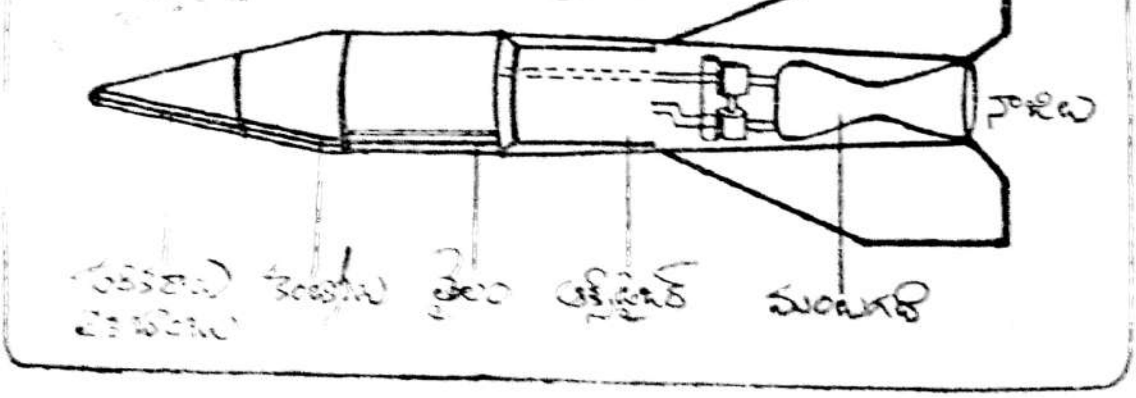
ఇంతవరకూ చెప్పినవన్నీ ఘనపదార్థాన్ని ఇంధనంగా వాడుకున్న రాకెట్లు. వీటిని తయారుచేయడం సులభం. ఒక గొట్టంలో మందుకూరడం, పైభాగం మూసెయ్యడం, కింద సన్నని రంధ్రం వదలడం, అందులో వత్తి పెట్టి వెలిగించడం. అంతే. ఆ గొట్టమే రాకెట్టుమోటారు పూర్తిగా మండని ఇంధనం మంటనూ, పొగనూ విడిచిపెడుతూ ఉండగా పైకి ఎగిరే ఈ రాకెట్లు చూడముచ్చటగా ఉంటాయి సరే కాని, వాటి ఇంజను చాలా శక్తిని వ్యర్థం చేసేస్తుంది. బాణాసంచా జువ్వలూ, సంకేతపు రాకెట్లూ సుమారు 3% శక్తిని మాత్రమే వినియోగించుకో గలుగుతున్నాయి. ఇంధనం సరిగ్గా భస్మం అయేలాగ డిజైను చేయడంవల్లా, నాజిలును సరిగ్గా నిర్మించడంవల్లా, మిలటరీ రాకెట్లను ఇంతకన్న బాగా అభివృద్ధి చేయగలిగేరు.

ఈ రాకెట్లు సరిగ్గా ఎరగక పోవడమూ, దారిలోనే పేలిపోవడమూ, నిలువ ఉంచితే పాడై పోవడమూ బహుసామాన్యం అయిపోయింది. వీటిలో అన్నిటికన్న ముఖ్యమైనలోపం - ఇంధనాన్ని నిలువచేసే చోటూ, మండించే చోటూ ఒక్కటే కావడం.

ఇటువంటి లోపాలను తొలగించాలంటే, చంద్రమండలాన్ని తాకిరాగల బహు శక్తివంతమైన రాకెట్టు కావాలంటే దానిని ద్రవ ఇంధనంతో నడప వలసిందేనని మొదటిసారిగా త్సియల్కొవ్‌స్కీ ప్రకటించారు. దానికి రెండు కారణాలు ఉన్నాయి: ఘన ఇంధనాలు మండినప్పుడు బయటికి వచ్చే వాయువుల వేగాలు ద్రవ ఇంధనాలకన్నా బాగా తక్కువ. బహిర్గత వేగాన్ని బట్టే రాకెట్టు వేగం ఉంటుంది. ఇది మొదటి కారణం.

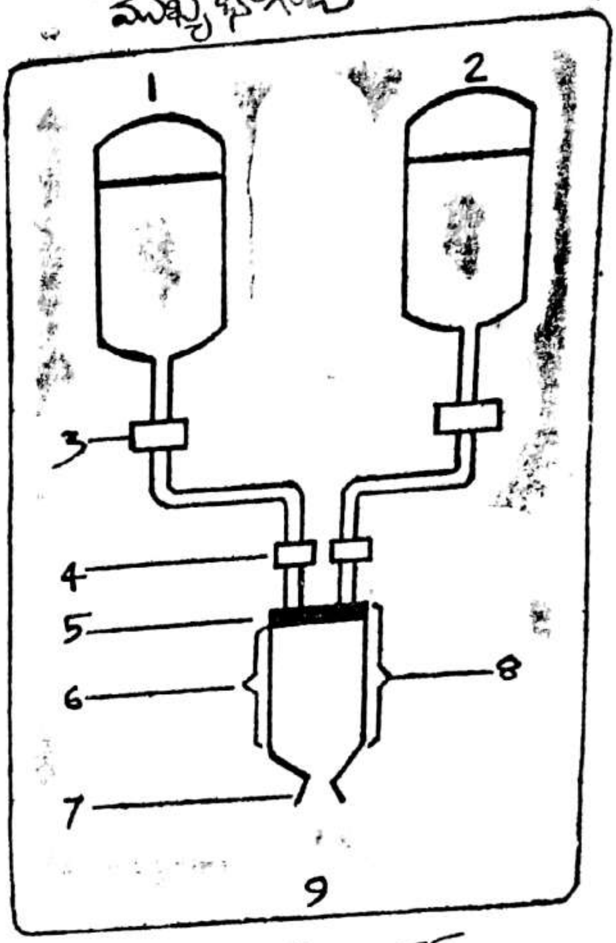
ఘన ఇంధనాన్ని ఒకసారి వెలిగించి వదిలేస్తే అందులోని మందు అంతా పూర్తిగా అయిపోయే వరకూ కాలుతూనే ఉంటుంది. దానిని ఆపడంగాని, విసురు హెచ్చించడం గాని, తగ్గించడం గాని మన చేతులలో లేదు. ఏమి చేయదలచినా నిసింద్రి వెలిగించకమునుపే చెయ్యాలి. అదే ద్రవ ఇంధనం అయితే మనకి కావలసినంత సేపు మండనిచ్చి, అక్కరలేదనుకున్నప్పుడు కుళాయి తిప్పి నీటిధారను మార్చినట్లు మంటను కావాలంటే హెచ్చించవచ్చు, లేదా తగ్గించవచ్చు, లేదా పూర్తిగా ఆపెయ్యవచ్చు, మళ్ళీ కొంతసేపు ఉన్నాక మళ్ళీ వెలిగించవచ్చు అంటే ద్రవ ఇంధన రాకెట్టు పూర్తిగా మనచెప్పుచేతలలో ఉంటుంది. ఇది రెండవ కారణం.

ఈ రాకెట్లలో వాడే ఇంధనాలు ఏమిటో, వాటిని ఎల్లా మండిస్తారో, ఎల్లా కంట్రోలు చేస్తారో, అందులో ఎదురైన ఇబ్బందులేమిటో, వాటిని ఎల్లా అధిగమించారో వగైరా నిర్మాణ రహస్యాలను ఈ ప్రకరణంలో స్థూలంగా తెలుసుకుందాం.



ద్రవ ఇంధన రాకెట్టులో ఉండే ముఖ్య భాగాలను ఇక్కడి బొమ్మలో చూపించాను.

ద్రవ ఇంధన రాకెట్టులోని
ముఖ్య భాగాలు



1 ఆక్సిడైజర్
2 తైలం
3 పంపు
4 వాల్వ్
5 ఇంజక్టర్
6 మంటగది
7 నాజిల్
8 రాకెట్టు మోటారు.
9. బహిర్గత వాయువులు

ఘన ఇంధనాలలో లాగే మండేదీ (తైలం), మండించేది (ఆక్సిడైజరు) అని ద్రవ ఇంధనాలలో కూడా రెండు ముఖ్యమైన దినుసులు ఉంటాయి. తైలం ఒక "టాంకు"లోనూ, ఆక్సిడైజరు మరో టాంకులోనూ నిలువచేసి ఉంటుంది. ఈ ద్రవాలను గొట్టాలద్వారా మంటగదిలోకి తీసుకువచ్చి, అక్కడ రెండింటినీ కలిపి మండిస్తారు. మండడం వల్ల పుట్టిన ఉష్ణవాయువులు బయటికి పోవడానికి నాజిలు ఉంటుంది. మిగిలన కథ అంతా ఘన ఇంధనాలకు లాగే, ద్రవాలను మంటగదిలోకి తోయడానికి పంపులు, ఆ వేగాన్ని నిర్ణయించడానికి వాల్వులూ ఇవి మాత్రమే అధికం.

మొట్టమొదటగా పెట్రోలు, ఆక్సిజన్ ద్రవాలను ఉపయోగించి రాకెట్టు

నడపడానికి ప్రయత్నాలు జరిగేయి. ఇందులో పెట్రోలు=తైలము; ఆక్సిజన్=ఆక్సిడైజరు. మామూలు ఉష్ణోగ్రతలో పెట్రోలు ద్రవరూపంలోనే ఉంటుంది. ఆక్సిజన్ మాత్రం వాయురూపంలో ఉంటుంది. ఒకకిలో పెట్రోలును మండించడానికి మూడున్నర కిలోల ఆక్సిజన్ కావాలి. అంత ఆక్సిజన్ వాయురూపంలో ఉంటే ఎంత చోటు ఆక్రమిస్తుందో ఊహించుకోవచ్చు. రాకెట్టులో అంతచోటు కేవలం ఆక్సిజన్‌కి కేటాయించటం అసాధ్యం కదా ?

ఆక్సిజన్ వాయువును –183°Cకి చల్లబరిస్తే ద్రవరూపంలోకి మారుతుంది. అప్పుడు చాలా తక్కువ స్థలం ఆక్రమిస్తుంది కనుక చల్లబరచిన ఆక్సిజన్ ద్రవాన్ని ఒక టాంకులో పోసి రాకెట్టులో పెట్టవచ్చు. కాని బయటి వేడికి ఆ ద్రవం మళ్ళీ వాయువుగా మారిపోకుండా ఉండాలంటే దానిని థెర్మాస్ ఫ్లాస్కు వంటి టాంకులో వత్తిడిలో బిగించి ఉంచాలి. వేడెక్కి ఎక్కువ వత్తిడి అధికమైతే ఆక్సిజన్‌టాంకు పేలిపోయే ప్రమాదం ఉంది. అందుకోసం ప్రెషర్ కుక్కరుకి లాగే "సేఫ్టీ వాల్వు" (Safety valve పెడతారు.

రాకెట్టును వెలిగించాలనుకున్నప్పుడు ఈ రెండు ద్రవాలనూ గొట్టాల గుండా మంటగదిలోకి పంపులసాయంతో గెంటుతారు. అవి ఏ పాళ్ళల్లో కలుసుకోవాలో నిర్ణయించే వాల్వులు (Valves) తలుపులు, ఉంటాయి. ఈ వాల్వులను ఎంత కావాలంటే అంతమాత్రమే తెరుచుకునేటట్లు చెయ్యవచ్చు. అక్కర లేదనుకుంటే పూర్తిగా మూసెయ్యవచ్చు. ఈ ద్రవాలను తుంపర్లరూపంలో మంటగదిలోకి పంపించడానికి "ఇంజెక్టర్లు" (Injectors) ఉంటాయి. మంట గదిలో ఈ రెండు ద్రవాలు కలుసుకుని "స్పార్క్ ప్లగ్" (Spark Plug) సహాయంతో మండుతాయి. అనేక వేల డిగ్రీల వేడి పుడుతుంది. చదరపు అంగుళానికి అనేక వందల పౌనుల వత్తిడి ఏర్పడుతుంది. ముందర దశలు దగ్గరగా నొక్కుకుని, తరవాత దూరంగా విస్తరించే "డి-లావాల్ నాజిల్" గుండా ఆ ఉష్ణవాయువులు విసురుగా బయటికి పోతాయి. ఇందులో చెప్పిన ప్రతి భాగానికీ బోలెడంత చరిత్ర, సున్నితమైన నిర్మాణమూ ఉన్నాయి. ఈ భాగాలు అన్నీ కలిపి సక్రమంగా పని చేయించడానికి ఏళ్ళ తరబడి పరిశోధన అవసరమైంది.

ద్రవ ఇంధనాలలో రకాలు

ఈ ద్రవ ఇంధనాలలో రెండు ముఖ్యమైన తరగతులు ఉన్నాయి.

ఆక్సిడైజరునీ, తైలాన్నీ రెండు వేరువేరు టాంకులలో నింపి, వాటిని మంటగదిలో మాత్రమే కలిపి మండించవలసిన రకాలు కొన్ని. వీటిని "ద్వి ఇంధనాలు" (Bi-Propellants) అంటారు. ద్రవ హైడ్రోజన్+ఆక్సిజన్ ఇంధనం ఇటువంటిదే.

ఆక్సిడైజరునీ, తైలాన్నీ కలిపి ఒకే టాంకులో పోసి ఉంచి వాటిని మంటగదిలోకి పంపించి మండిస్తే వాటిని "ఏక ఇంధనాలు" (Mono-Propellants) అంటారు.

ఏక ఇంధనం అనేది రెండు ద్రవాల మిశ్రమం కావచ్చు. ఉదాహరణకి: హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్+ఆల్కహాలు. లేదా అది ఒకే ఒక ద్రవం కావచ్చు. ఉదాహరణకి: నైట్రోమిథేన్. ఇవి మామూలు వాతావరణ పరిస్థితులలో స్థిరంగా ఉండేవి అయి ఉండాలి. అంటే ఆ ద్రవ మిశ్రమం తనంతట తానే పేలిపోయేది కాకూడదు. వేడి చేయడంవల్లగానీ, ఒత్తిడి కల్పించడంవల్ల గానీ, ఉత్ప్రేరకపు (Catalyst) సాయంతోగానీ మండేది అయి ఉండాలి.

ఈ రెండురకాల ఇంధనాలలోనూ కొన్ని సౌకర్యాలూ, కొన్ని ఇబ్బందులూ కూడా ఉన్నాయి. ఏక ఇంధన రాకెట్టు నిర్మాణం చాలా సులభం. వేరు వేరు టాంకులూ, పంపులూ, వాల్వులూ, ఇంజెక్టర్లూ, గొట్టాలూ అక్కర లేదు. కనుక బరువు తక్కువ కూడానూ. కానీ ఆక్సిడైజరునూ, తైలాన్నీ కలిపి ఒకే టాంకులో ఉంచడంవల్ల పేలిపోయే ప్రమాదం అధికం. వీటితో మరో ఇబ్బంది ఏమిటంటే ఇవి నెమ్మదిగా మండుతాయి. కనుక మంటగదిలో ఎక్కువసేపు ఉండాలి. కాబట్టి మంటగది సైజు పెంచాలి.

ద్వి ఇంధన రాకెట్ల నిర్మాణం క్లిష్టతరం అయినప్పటికీ వీటిలో పేలిపోయే ప్రమాదం తక్కువ. వీటికి క్షమత (Efficiency) ఎక్కువ. వీటితో ఉన్న ఒక ఇబ్బంది ఏమిటంటే ఆక్సిడైజరునీ, తైలాన్నీ ఒక నిర్దిష్టమైన నిష్పత్తిలో (రేషియో) మంటగదిలోకి పంపుచేస్తూ ఉండాలి. ఒత్తిడి, ఉష్ణోగ్రత మారుతూ ఉంటే దానిని సాధించడం కష్టం. ఏక ఇంధనంలో అయితే కావలసిన నిష్పత్తిలో ముందుగానే కలిపి ఉంచుకుంటారు కనుక ఈ ఇబ్బంది లేదు.

ద్వి ఇంధనాలలో ఆక్సిడైజరునీ, తైలాన్నీ కలిపీకలపగానే ఇగ్నైటర్ (Igniter) అవసరం లేకుండానే స్వయంగా మండిపోయేవి కొన్ని ఉన్నాయి.

ఉదాహరణకి ఎర్రని ఆవిరి గల నైట్రిక్ ఏసిడ్ (Red Fuming Nitric Acid)+ఎనిలిన్ ద్రవాలు కలిసీ కలియగానే మండుతాయి. వీటిని అమెరికాలో Galcit రాకెట్లలో వాడుతున్నారు.

హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్ + హైడ్రోజన్ హైడ్రేట్ కూడా స్వయంగా మండే ఇంధనమే. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధంలో జర్మనులు Me-163 B అనే ఇంటర్ సెప్టర్ విమానంలో దీనిని వాడేరు.

స్వయంగా మండని ద్వి ఇంధనాలకు వేరే ఇగ్నైటరు ఉపయోగించాలి. ఇటువంటి ద్వి ఇంధనాలతో ప్రయోగాలు జరుపుతున్న తొలిరోజులలో అవి పేలిపోతూ ఉండేవి. ఈ ద్రవమిశ్రమాన్ని వెలిగించడంలో సెకనులో పదో వంతు ఆలస్యం అయితే చాలు ఆ ద్రవాలు మంటగదిలో పేరుకుని, ఒక్కసారిగా మండి, ఉండవలసిన కన్న మరీ ఎక్కువ వత్తిడి ఏర్పడడమే ఇందుకు కారణమని గ్రహించారు. తరవాత ఆ లోపాన్ని సవరించగలిగేరు.

ద్రవ రాకెట్లలో వాడదగ్గ కొన్ని ఆక్సిడైజర్లు, తైలములు, ఏక ఇంధనాలు ద్వి ఇంధనాలూ వాటి లక్షణాలూ 5, 6, 7, 8 పట్టికలలో చూపబడ్డాయి.

చిక్కదనం (సాంద్రత) ఎక్కువగా ఉన్న ద్రవం తక్కువ స్థలం ఆక్రమిస్తుంది. కనుక వీలైనంతవరకూ చిక్కని ద్రవాలను ఎన్నుకోవాలి.

తైలం మండినప్పుడు వచ్చే వేడిని "జ్వలన ఉష్ణం" (Heat of Combustion) అంటారు. ఇది ఎంత అధికంగా ఉంటే అంత మంచి తైలం అని గుర్తు.

తైలములు, ఆక్సిడైజర్లు మామూలు వాతావరణపు ఉష్ణోగ్రతవద్ద (20°C) ద్రవరూపంలో ఉండేవి అయితే మంచిది. అవి వాయు రూపంలో ఉన్నట్లయితే వాటిని చల్లబరచి ద్రవంగా మార్చవలసి ఉంటుంది. అవిధంగా మార్చినద్రవం ఆవిరి అయిపోకుండా కట్టుదిట్టాలు చేయవలసి ఉంటుంది.

పట్టిక – 5

కొన్ని ద్రవ ఇంధన - ఆక్సిడైజర్లు, వాటి లక్షణాలు

ఆక్సిడైజరు పేరు	మరిగే ఉష్ణోగ్రత °C	కరిగే ఉష్ణోగ్రత °C	సాంద్రత gm/cm (°C వద్ద)
ఆక్సిజన్	-183	-272	1.14 (-183°)
ఓజోన్	-111	-251	3.03 (-115°)
హైడ్రొజన్ పెరాక్సైడ్	152	-2	1.44 (20°)
నైట్రొజన్ టెట్రాక్సైడ్	21	-9	1.45 (20°)
నైట్రిక్ ఆక్సైడ్	-151	-161	1.27 (-150°)
నైట్రస్ ఆక్సైడ్	-90	-102	1.23 (-89°)
నైట్రిక్ ఏసిడ్	86	-42	1.5 (20°)
టెట్రా నైట్రోమిథేన్	126	13	1.65 (20°)
ఫ్లోరిన్	-186	-223	1.11 (-186°)
క్లోరిన్ టెట్రాఫ్లోరైడ్	12	-83	1.77 (12°)
బ్రోమిన్ పెంటా ఫ్లోరైడ్	41	-62	2.46 (20°)
ఫ్లోరిన్ మోనాక్సైడ్	-144.8	—	1.9 (-144°)

పట్టిక - 6

కొన్ని ద్రవ ఇంధన - తైలములు, వాటి లక్షణములు

తైలం పేరు	సాంద్రత gm/cm³(°C వద్ద)	జ్వలన ఉష్ణం B.T.U./lb
హైడ్రోజన్ ద్రవం	0.07 (-253°)	51,570
అమోనియా ద్రవం	0.82 (-79°)	8 000
హైడ్రోజిన్	1.01 (15°)	8,500

1	2	3
లిథియం	0.53 (20°)	18,500
లిథియం హైడ్రైడ్	0.82*	19,500
బోరాన్	2.45*	25,000
డై బోరేన్	0.43*	31,000
పెంటా బోరేన్	0.61*	30,000
డెకా బోరేన్	0.94*	28,000
బెరిలియం	1.73 (15°)	29,000
కిరోసిన్	0.78 (20°)	18,600
అనిలిన్	1.03 (15°)	33,200
అసౌష్ఠవ డై మిథైల్ హైడ్రజిన్	0.78 (25°)	14,200
మిథైల్ ఆల్కహాల్	0.79 (25°)	9,080
ఇథైల్ ఆల్కహాల్	0.79 (25°)	12,000

[* మరిగే ఉష్ణోగ్రత వద్ద]

పట్టిక – 7

కొన్ని ఏక ఇంధనాలు, వాటి లక్షణాలు

ఇంధనం పేరు	మరిగే ఉష్ణోగ్రత°C	కరిగే ఉష్ణోగ్రత°C	సాంద్రత gm/cm³(°C వద్ద)
నైట్రో గ్లిసరిన్	260 (పేలుతుంది)	–13	1.60 (20°)
నైట్రో మిథేన్	101	–7	1.12 (20°)
ఇథైల్ నైట్రేట్	88	–102లోపు	1.11 (20°)
డై ఇథిలీన్ గ్లైకాల్ డైనైట్రేట్	161	–11	1.38 (25°)
ఇథిలీన్ ఆక్సైడ్	11	–111	0.87 (7°)
హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్	152	–1	1.47 (0°)

పట్టిక . 3

కొన్ని ద్వి ఇంధనాలు, వాటి లక్షణాలు

ఇంధనం ఆక్సిడైజరు+తైలము	ఆక్సిడైజర్, తైలము నిష్పత్తి	జ్వలన ఉష్ణోగ్రత T°C	సరాసరి అణుభారం M lb/mole	V జెట్ వేగం మీటర్లు/ సెకనుకి	I విశిష్ట ప్రవహాతం (సెకనులు)
ఆక్సిజన్ ద్రవం+ పెట్రోలు	2.5	3100	22.7	2370	240
ఆక్సిజన్ ద్రవం+ మిథేన్ ద్రవం	3.0	2800	....	2500	255
ఆక్సిజన్ ద్రవం+75% ఇథైల్ ఆల్కహాల్ + 25% నీరు	1.3	2800	22	2350	240
ఆక్సిజన్ ద్రవం+100% ఇథైల్ ఆల్కహాల్	1.5	2900	22.9	2380	245
ఆక్సిజన్ ద్రవం+100% మిథైల్ ఆల్కహాల్	1.25	2880	22.8	2330	240
ఆక్సిజన్ ద్రవం+ అమోనియా	1.4	2600	19.7	2500	255
ఆక్సిజన్ ద్రవం+ హైడ్రోజన్	0.5	2500	....	2550	265
ఆక్సిజన్ ద్రవం+ హైడ్రోజన్ ద్రవం	5.33	3020	11.7	3300	360
87% శుద్ధ హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్+13% నీరు	....	730	22	1240	125

1	2	3	4	5	6
87% శుద్ధ హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్+C-stoff (అంటే 57%ఆల్కహాల్+13% నీరు+30% హైడ్రోజన్ హైడ్రేట్)	2.5	2100	....	2110	215
నైట్రోమిథేన్ (ఏక ఇంధనం)	....	2200	20	2140	220
ఆక్సిజన్ వాయువు+నైట్రోమిథేన్	0.05	2500	21	2230	230
ఎర్రని ఆవిరి వచ్చేనైట్రిక్ ఏసిడ్+ఎనిలిన్	3.0	2800	25	2160	220
తెల్లని ఆవిరివచ్చే నైట్రిక్ ఏసిడ్+ఫర్ఫురాల్ ఆల్కహాల్	1.9	2800	....	2100	215

8వ పట్టికలో రాకెట్లలో వాడబడుతూ ఉన్న 14 రకాల ద్రవ ఇంధనాల లక్షణాలు ఇచ్చాను. వాటిని ఏ నిష్పత్తిలో కలిపితే ఇంధనం వ్యర్థం కాకుండా మండుతుందో మొదటి వరుసలో చూపబడింది. మొదటినుంచి చివరిదాకా ఈ నిష్పత్తి స్థిరంగా ఉండేటట్లు పంపు చెయ్యడం అవసరం.

ఉష్ణోగ్రత

ఇంధనం మండినప్పుడు మంటగది మధ్యలో ఏర్పడే ఉష్ణోగ్రతను రెండవ వరుసలో చూపించాను. ఇది ఎంత అధికంగా ఉంటే అంత ఎక్కువ జెట్ వేగం వస్తుంది.

అణుభారం

బహిర్గత వాయువుల సరాసరి అణుభారం మూడవ వరుసలో చూపించాను. ఇది ఎంత తక్కువగావుంటే అంత ఎక్కువ జెట్ వేగం వస్తుంది.

జెట్ వేగం

జెట్ వేగాన్ని లేదా బహిర్గత వాయు వేగాన్ని (Exhaust Velocity) 4వ వరుసలో చూపించాను. ఇది ఎంత ఎక్కువ ఉంటే ఆ ఇంధనం అంత మంచిది అన్నమాట. జెట్ వేగాన్ని సిద్ధాంతరీత్యా గుణించవచ్చు.

$$V = \sqrt{\frac{2\,R.\,T.\,g}{(r-1)\,M} \cdot \left[1 - \left(\frac{Pc}{Po}\right)^{\frac{r-1}{r}}\right]}$$

ఇందులో

V = జెట్ వేగం

r = విశిష్ట ఉష్ణముల నిష్పత్తి (Ratio of specific heats) $= \frac{Cp}{Cv}$

R = Universal gas Constant ($= 8.314 \times 10^7$ ergs per degree per gram – molecule)

Pc = మంటగదిలో వత్తిడి (Chamber Pressure)

Po = నాజిలు మూతిదగ్గర వత్తిడి (Nozzle - exit - Pressure)

g = గురుత్వ త్వరణం (Acceleration due to gravity)

T = జ్వలన ఉష్ణోగ్రత (Combustion temperature)

M = బహిర్గత వాయువుల సరాసరి అణుభారం (Mean molecular Weight of the exhaust gases)

$\frac{Pc}{Po}$ సుమారుగా 20 ఉంటుది; r విలువ ద్విపరమాణు వాయువులకి 1.0–1.4 మధ్యలో ఉంటుంది

ఇది ముఖ్యంగా $\frac{T}{M} = \frac{\text{ఉష్ణోగ్రత}}{\text{అణుభారం}}$ అనే నిష్పత్తి మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ఆక్సిజన్ ద్రవం, హైడ్రోజన్ ద్రవం కలిసి మండినప్పుడు అత్యధిక జెట్ వేగం (సెకనుకి 3800 మీటర్లు) వస్తుంది.

ప్రఘాతం (తోపుడుశక్తి = Thrust) = F

రాకెట్టు మోటారుకిగల తోపుడుశక్తి రెండు విషయాలమీద ఆధారపడి

ఉంటుంది. 1. జెట్ వేగం. 2. ఇంధన ప్రవాహవేగం. అంటే ఇంధనం మంట గదిలోకివచ్చి భస్మం అయే వేగం అన్నమాట.

$$F = \frac{V\,W}{g}$$

F = తోపుడుశక్తి (పౌనులు)

V = జెట్ వేగం (అడుగులు/సెకనుకి)

W= ఇంధన ప్రవాహవేగం (పౌనులు/సెకనుకి)

g = గురుత్వ త్వరణం (32 అడుగులు/సెకను^{2})

రాకెట్టు బరువుకన్న ఈ తోపుడుశక్తి ఎక్కువగా ఉంటేనే రాకెట్టు పైకిలేస్తుంది.

విశిష్ట ప్రఘాతం (వి. ప్ర. = Specific Thrust) = 1

$$1 = \frac{F}{W} = \frac{V}{g}$$

జెట్ వేగాన్ని గురుత్వ త్వరణంతో భాగిస్తే వి. ప్ర. వస్తుంది. దీనిని సెకనులలో సూచిస్తారు. ఇది ఎంత అధికంగా ఉంటే ఆ ఇంధనం అంత ప్రశస్తమైనదన్నమాట. 8వ పట్టికలో ఇచ్చిన ఇంధనాలన్నిటిలోకి అత్యధిక వి. ప్ర. (360 సెకనులు) కలిగినది ఆక్సిజన్+హైడ్రోజన్ ఇంధనమే.

రాకెట్టు శక్తి (అశ్వశక్తులలో)

$$HP = \left(\frac{F}{5.85}\right)^2 \frac{1}{W} = \left(\frac{I}{5.85}\right)^2 W$$

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధకాలంలో జర్మనులు తయారుచేసిన V-2 రాకట్టు ఆనాటికి అత్యంత శక్తివంతమైనది. దాని తోపుడుశక్తి 56000 పౌనులు సెకనుకి 275 పౌనుల ఇంధనం దగ్ధం అయేది. దీనినిబట్టి ఆ రాకెట్టు 5 లక్షల గుర్రాల బలం కలది అని తెలుస్తోంది.

కొన్ని ఇంధనాల ప్రత్యేక లక్షణాలు

1. నైట్రోమిథేన్ (CH_3NO_2) : ఇది ఏక ఇంధనం.

ఇది రంగు లేని జిడ్డులాంటి ద్రవం. ఇది విషం కాదు. ముట్టుకుంటే

గాలదు. 101°Cలో మరుగుతుంది. -70°Cవద్ద మరుగుతుంది. ద్రవరూపంలో ప్రత్యేకమైన వత్తిడిలో ఉష్ణోగ్రతలో కల్మషాలు (Impurities) ఉంటే దాని అంతట అదే భయంకరంగా పేలిపోతుంది. కనుక దీనిని రాకెట్టు ఇంధనంగా వాడడం ప్రమాదకరం. దీనిని మండించడానికి స్వల్పంగా ఆక్సిజన్ వాయువు, స్పార్క్‌ప్లగ్గూ అవసరం. మిగిలిన ఇంధనాలతో పోల్చితే దీని మంటకి వేడి కాస్త తక్కువ (2200°C).

2. హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్ (H_2O_2): ఇది ఏక ఇంధనం.

రాకెట్లలో వాడడానికి 70% - 90% పరిశుద్ధత అవసరం. మిగిలిన భాగం నీరు.

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O + \text{వేడి}$$

హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడు అణువు విడిపోయినపుడు నీరు, ఆక్సిజన్‌తో బాటు వేడి పుడుతుంది. దీనిని ఇల్లాగ విడగొట్టడానికి కెటలిస్టు (Catalyst = ఉత్ప్రేరకం) అవసరం. కాల్షియం పెర్మాంగనేటు, సోడియం పెర్మాంగనేటు, పొటాసియం పెర్మాంగనేటు, మాంగనీస్ డై ఆక్సైడు ఐరన్ ఆక్సైడ్, ప్లాటినం మొదలైన కెటలిస్టులు చాలా ఉన్నాయి.

రాకెట్టు ఇంధనంగా ఇది కాస్త బలహీనమైనది. ఇందులో ఏర్పడే ఆక్సిజన్‌ని ఉపయోగించి ఇతర తైలములను మండిస్తే దీని శక్తి చాలా పెరుగుతుంది. కనుక ఆల్కహాలు, హైడ్రోజన్ హైడ్రేటు వంటి ఆర్గానిక తైలాలను కూడా కలిపి దీనిని రాకెట్లలో వాడతారు. జర్మన్ మెస్సర్ ష్మిట్ (Me - 163) రాకెట్ ఫైటరులో 80% పరిశుద్ధమైన హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడు, మిగిలిన ఇంధనంలో 57% మిథైల్ ఆల్కహాలు, 30% హైడ్రోజన్ హైడ్రేటు, 13%నీరు కలిపి ఉపయోగించారు. ఆల్కహాలు గాని, హైడ్రోజన్ హైడ్రేటు గానీ హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడుతో కలిసీ కలియగానే స్వయంగా మండుతాయి.

బహు పరిశుద్ధమైన హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడును నిలవచెయ్యడం కష్టం. దీనిని విడగొట్టి పేల్చే నేవస్తువులూచాలా ఉన్నాయి. దీనిని నిలువచేసే టాంకును గాజు, పరిశుద్ధమైన అల్యూమినియం, పరిశుద్ధమైన టిన్, కొన్ని రకాల స్టెయిన్ లెస్ స్టీలుతో చేయవచ్చును. H_2O_2ని నింపే ముందు టాంకును పరిశుభ్రం

చెయ్యాలి. నిలవచేసిన ద్రవాన్ని తరచు పర్యవేక్షిస్తూ ఉండడం చాలాఅవసరం. దీనిని ముట్టుకుంటే కాలుతుంది. క్షారముక్కగాని, నూనెలు గాని, ఇతర ఆర్గానిక్ ద్రవ్యాలు కానీ తగిలతే భగ్గున మండుతుంది; తరవాత పేలిపోతుంది. ఇన్ని ఇబ్బందులున్నప్పటికీ దీనిని కొన్ని రకాల రాకెట్లలో ఇంధనంగా వాడుతున్నారు.

3. ఆక్సిజన్ ద్రవం (O_2) :-

ఇది -183°C వద్ద మరుగుతుంది. దీనిని ఆల్కహాలు, పెట్రోలు, కిరసనాయిలు వంటి అనేక రకాల తైలములతో కలిపి రాకెట్లలో ఇంధనంగా ఉపయోగిస్తున్నారు. దీనికి జెట్ వేగమూ, విశిష్ట ప్రఘాతమూ అధికం. ఆర్గానిక్ వస్తువులు కలిపితే ఆక్సిజన్ద్రవం మామూలు వత్తిడిలో దానంతట అది మండి పోదు కానీ, వత్తిడి వరాత్తుగా పెంచితే మాత్రం పేలిపోతుంది. దీని టాంకులనూ, గొట్టాలనూ తయారు చేయడానికి రాగి, ఇత్తడి, అల్యూమినియం మిశ్రలోహమూ వాడవచ్చు. టాంకులు పరిశుభ్రంగా ఉంటే ఈ ద్రవాన్ని నిలువ చెయ్యడమూ, అటూ ఇటూ మార్చడమూ ప్రమాదం కాదు. ఇది నిలువ చేసిన పాత్రలను తినెయ్యదు (Not corrosive). ముట్టుకుంటే కాలుతుంది. ఇది త్వరగా ఆవిరి అయిపోతుంది కనుక దీనిని చాలా కాలం నిలువ చెయ్యడం కష్టం. దీనిని చాలా రకాలుగా తయారు చెయ్యవచ్చు. గాలిని ముందర ద్రవరూపంలోకి చల్లబరిచి, ఆ తరవాత స్వల్పంగా వెచ్చ జేస్తే నైట్రోజన్ ఆక్సిజన్ ద్రవం మిగులుతుంది.

4. నైట్రిక్ ఏసిడ్ (HNO_3) :

ఇందులో వేరు వేరు రకాలున్నాయి. తెల్లని ఆవిరివచ్చే నైట్రిక్ ఏసిడ్‌లో 2% నీరు ఉంటుంది. నైట్రిక్ ఏసిడ్‌కి స్వల్పంగా సల్ఫ్యూరిక్ ఏసిడ్ కలిపి జర్మనులు ఉపయోగించారు. ఈ మిశ్రమానికి లోహాలను తినేసే లక్షణం తక్కువ, కనుక నిలువ చేయడం సులభం. ఎర్రని వాయువు వచ్చే నైట్రిక్ ఏసిడ్‌లో నైట్రిక్ ఆక్సైడు వాయువు కరిగి ఉంటుంది. అందుకని ఎర్రని రంగు వస్తుంది. పై రెండింటికన్న ఇది అధిక శక్తివంతమైన ఆక్సిడైజరు.

నైట్రిక్ ఏసిడ్‌కి చాలావస్తువులను తినేసే లక్షణం ఉంది. కొన్ని రకాల స్టెయిన్‌లెస్ స్టీలు, బంగారం, మరికొన్ని ఇతర వస్తువులతో చేసిన టాంకులలో

మాత్రమే వీనిని నిలువచేయాలి. చాలాకాలం నిలువచేస్తున్నదానికి ఏ లోపమూ పరీక్షించాలి.

ఎనిలిన్, పెట్రోలు, రకరకాల ఎమైన్స్, ఆల్కహాల్స్ ఫ్యూయలుగానూ వీనిని ఆక్సిడైజరుగానూ వాడవచ్చు. ఫర్ఫ్యూరాల్ ఆల్కహాలు, ఎనిలిన్, ఎమైన్స్‌తో నైట్రిక్ ఏసిడ్ కలిసినవెంటనే స్వయంగా మండుతుంది. వీనికి 1% ఐరన్ క్లోరైడు కలిపితే మండదానికి సెకనులో వెయ్యోవంతు మాత్రమే పడుతుంది.

5. ఎనిలిన్ ($C_6H_5NH_2$):

పెయింట్లు, బట్టలరంగులు, మందులు, ద్రావకాలు వగైరా చాలా పరిశ్రమలలో దీనిని ఉపయోగిస్తారు. ఎర్రని ఆవిరి వచ్చే నైట్రిక్ ఏసిడ్ తగలగానే మండుతుంది. ఎనిలిన్‌లో కల్మషాలు ఉంటేమాత్రం త్వరగా మండదు. జైలిన్, మిథైల్ ఎనిలిన్ ద్రవ్యాలు కొన్ని కలిపి దీనిని త్వరగా మండేలా చేస్తారు. ఇది గడ్డకట్టే ఉష్ణోగ్రతను తగ్గించడానికి 20% ఫర్ఫ్యూరాల్ ఆల్కహాలు కలుపుతారు.

6. హైడ్రోజన్ హైడ్రేట్ ($N_2H_4H_2O$):

దీని ఆవిరికి గాలి తగిలితే కొన్ని పరిస్థితులలో పేలిపోతుంది. హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడుతో కలియగానే మండుతుంది. జర్మనులు Me-163 ఫైటర్ విమానాలలో దీనిని తైలంగా వాడేరు. ఇది విషం. దీని ఆవిరి తగిలితే కళ్ళుపోతాయి.

7. ఇథైల్ ఆల్కహాల్ లేక ఎథనాల్ (C_2H_5OH)

దీనిని చాలా పరిశ్రమలలో వాడుతారు. విరివిగా తయారు చేస్తున్నారు. V-2 రాకెట్టులో 75% ఎథనాల్, 25% నీళ్ళు కలిపి తైలంగా ఉపయోగించారు. దీనిలో నీళ్ళు కలపడంవల్ల మంటవేడి తగ్గుతుందికానీ, దీనివల్ల బహిర్గత వాయువుల సరాసరి అణుభారంకూడా తగ్గుతుంది. కనుక ఒకదానికొకటి సుమారుగా చెల్లుఅయి రాకెట్టుశక్తి స్వల్పంగా మాత్రమే తగ్గుతుంది. కాని ఉష్ణోగ్రత తగ్గడం వల్ల మంటగదిని చల్లబరచడం సులభం అవుతుంది.

8. మిథైల్ ఆల్కహాలు లేక మెథనాల్ (CH_3OH):

ఇది ఎథనాల్ కన్న తక్కువ శక్తిమంతమైనది. ఇది విషం. అప్పుడప్పుడు నాటుసారా తాగినవాళ్ళ మూక ఉమ్మడి చావులకి ఇదే కారణం.

9. అమోనియా ద్రవం (NH_3):

ఇది విషమే అయినా, దీనిని ఆక్సిజన్‌తో కలిపి మండించగా వచ్చే వాయువులు మాత్రం విషంకాదు. రకరకాల పరిశ్రమలలో దీనిని వాడుతున్నారు. దీనిని ఆక్సిజన్ ద్రావంతో కలిపి ఇంధనంగా ఉపయోగిస్తే బలమైన రాకెట్టు తయారవుతుంది నిజమే కానీ, దీని ఆవిరి వత్తిడి చాలా ఎక్కువ కావడంచేత నిలవచెయ్యడం కష్టం

10. హైడ్రోజన్ ద్రవం (H_2):

హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్ ద్రవాలను కలిపి మండిస్తే 8వ పట్టికలో చూపిన ఇంధనాలన్నిటికన్నా అధికమైన జెట్‌వేగం వస్తుంది. కనుక బలీయమైన రాకెట్టు తయారవుతుంది. కానీ, ఇది $-253.4^{\circ}C$ దగ్గర ద్రవరూపం చెందు ఉండి మరిగే ఉష్ణోగ్రత ఇంతకన్న తక్కువ మరిదేనికీ లేదు. దీని తయారీ కష్టమూ ఖర్చుతో కూడినదీను ఇది బహుత్వరగా ఆవిరై పోతుందికూడానూ. ఇది అన్నిటికన్న తేలికైనది కావడంచేత నిలువ చేయడానికి చాలా చోటు కావాలి. ఇంతటి చల్లదనంలో లోహాలన్నీ బలహీనమై పోతాయి. కనుక ఈ ద్రవాన్ని నిలువచేయడమూ, పంపు చేయడమూ కూడా కష్టమే. ఈ చల్లదనంలో మిగిలిన సమస్త వాయువులూ, ద్రవాలూ గడ్డకట్టేసి గొట్టాలు మూసుకుపోతాయి. ఇది మండి నప్పుడు పుట్టే వేడి కూడా విపరీతమే; దానితో మంటగదిని చల్లబరచడం కష్టమైపోతుంది.

ఇంధన స్వభావాన్ని మార్చే ప్రత్యేక ద్రవ్యాలు

కొన్ని ఇంధనాలకు స్వల్పంగా (సుమారు 1%) కొన్ని ప్రత్యేక పదార్థాలను చేర్చడం ద్వారా ఆ ఇంధన స్వభావాన్ని మార్చవచ్చు.

త్వరగా మండించే పదార్థాలు

పెట్రోలు+ఎర్ర ఆవిరిగల నైట్రిక్ ఏసిడ్ మిశ్రమం అతివేగంగా మండడానికి పెట్రోలులో "మెర్కాప్టన్" (Mercapton) గానీ, లేదా నైట్రిక్ ఏసిడ్‌లో పొటాసియం పెర్మాంగనేటుగానీ కలుపుతారు.

అమోనియా+ఎర్రని ఆవిరి వచ్చే నైట్రిక్ ఏసిడ్ ఇంధనం త్వరగా మండడానికి అమోనియాలో లీథియం వంటి క్షార లోహాన్ని (Alkali Metal) కలుపుతారు.

గడ్డకట్టే ఉష్ణోగ్రతను తగ్గించే పదార్థాలు :

హైడ్రోజన్‌లో అమోనియం థయోసయనేట్, హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడులో నీళ్ళు, ఎనిలిన్‌లో ఫర్ఫురాల్ ఆల్కహాలు కలిపితే అవి గడ్డ కట్టే ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది.

లోహాలను తినెయ్యడాన్ని అరికట్టే పదార్థాలు : (Anti corrosives)

నైట్రిక్ ఏసిడ్‌లో హైడ్రోజన్ ఫ్లోరైడు కలిపితే అల్యూమినియాన్ని తినెయ్యడం తగ్గుతుంది; స్టెయిన్‌లెస్ స్టీలును తినెయ్యడం పూర్తిగా తగ్గిపోతుంది. కొన్ని ద్రవాలకు ఎమైన్సు కలిపితే ఈ తినేసే దోషం తగ్గుతుంది.

కొన్ని తీవ్ర ఇంధనాలు, వాటి లక్షణాలు

ఆక్సిజన్+హైడ్రోజన్ ఇంధనంతో పోటీకి రాగల, అంతకన్న తీవ్రమైన ఇంధనాలు కొన్ని ఉన్నాయి.

పట్టిక - 9

ఆక్సిడైజరు	తైలము	విశిష్ట ప్రమాతం (సెకనులు)	జ్వలన ఉష్ణోగ్రత (°C)
ఫ్లోరిన్ ద్రవం	హైడ్రోజన్ ద్రవం	370	3100
ఓజోన్ ద్రవం	హైడ్రోజన్ ద్రవం	385	3300
ఆక్సిజన్ ద్రవం	హైడ్రోజన్ ద్రవం	360	3300
ఆక్సిజన్ ద్రవం	బోరాన్	330	3000
ఫ్లోరిన్ ద్రవం	హైడ్రోజన్	320	4450
ఆక్సిజన్ ద్రవం	డైబోరేన్	310	3600

ఇటువంటి తీవ్ర ఇంధనాలను రాకెట్లలో ఉపయోగించగల సాంకేతిక నైపుణ్యం ఇంకా అభివృద్ధికి రాలేదు. వీటితో చాలా ఇబ్బందులున్నాయి.

పంపులు (Pumps)

ద్రవ ఇంధనాలను అతి వేగంగా మంట గదిలోకి తోడడానికి బలమైన పంపులు కావాలి. V-2 రాకెట్టులో సెకనుకి 275 పౌనుల ఇంధనం దగ్గం అయేదని తెలుసుకున్నాం. ప్రస్తుతం తయారవుతున్న బ్రహ్మాండమైన రాకెట్లలో ఇంతకు 50 రెట్ల వేగంతో ఇంధనం దగ్ధం అయేవి కూడా ఉన్నాయి. వీనిని రకరకాలుగా సాధించవచ్చు.

గాలి వత్తిడి పంపులు

ఆక్సిడైజరు, తైలము నిలువ ఉన్న టాంకుల లోపల 10-20 వాతావరణాల వత్తిడిలో నైట్రోజన్‌వంటి మండని వాయువును నొక్కి ఉంచుతారు. కిందనున్న తలుపు తెరవగానే ఆ వత్తిడికి టాంకులోని ద్రవం గొట్టంగుండా కిందికి దిగి మంట గదిలో ప్రవేశిస్తుంది. ఇది చాలా సుళువైన పద్ధతేకాని, దీని వల్ల వెళ్ళిన కొద్దీ వత్తిడి తగ్గిపోతూ ఉండడంచేత మంటగదిలోకి వెళ్లే ఇంధన ప్రవాహవేగం కూడా క్రమక్రమంగా తగ్గుతూ పోతుంది. పైగా ఆక్సిడైజరునీ తైలాన్నీ ఒక ప్రత్యేక నిష్పత్తిలో కలపవలసిన అవసరం ఉందికదా? వత్తిడి మారడం వల్ల ఇంధన నిష్పత్తి కూడా మారిపోతుంది. అందువల్ల ఇంధనం సంపూర్ణంగా మండక వ్యర్థం అయిపోతుంది.

ఈ ఇబ్బందిని తొలగించడానికి వత్తిడిని కల్పించే వాయువును నిలువ చేయడానికి వేరే టాంకును అమర్చారు. ఇందులో 180-250 వాతావరణాల వత్తిడిలో నైట్రోజన్ వాయువును నొక్కివుంచుతారు. దీని నుంచి చెరి ఒక గొట్టంతోనూ ఆక్సిడైజరు టాంకకీ, తైలపు టాంకుకీ కలుపుతారు; వత్తిడిని 18-30 వాతావరణములకు తగ్గించే ప్రత్యేకమైన వాల్వులద్వారా. ఈ వాల్వుల ప్రత్యేకత ఏమిటంటే పైన వత్తిడి 50 వాతావరణాలకు మించి ఎంత ఉన్నప్పటికీ రెండో వైపున స్థిరమైన, నిర్దిష్టమైన వత్తిడినే కల్పిస్తాయి. ఈ అమరిక వల్ల ఆక్సిడైజరు టాంకులోనూ, తైలం టాంకులోనూ కూడా మనకు కావలసినంత వత్తిడులను మొదటి నుంచి చివరిగా మార్పులేకుండా స్థిరంగా కల్పించ వచ్చు.

మరీ పెద్ద రాకెట్లకైతే ఈ వత్తిడి పంపు చాలదు. రోటరీ పంపులు వాడతారు. హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడుతో పనిచేసే పంపును జర్మనులు V-2 రాకెట్టులో ఉపయోగించారు. మంటగదిని చల్లబరచడంలో వేడెక్కిన ఇంధనం

రాలూకు ఆవిరితో నడిచే పంపులు కొన్ని, ఇల్లాగ రకరకాలు. వాటన్నిటినీ వివరించడం ఇక్కడ సాధ్యం కాదు.

ఘన ఇంధన రాకెట్లలో అయితే ఇంధనాన్ని పంపు చేయడం ప్రసక్తే లేదు వీటిలో మంటగది, ఇంధనాన్ని నిలువ చేసిన గది ఒక్కటే కదా?

మంటగది

రాకెట్టు కంతకి మంటగది గుండెకాయలాంటిది. ఇందులోకి ఇంధనాలు వచ్చి పడి మండుతాయి. వేడి, వత్తిడి ఏర్పడుతాయి. ఆ వాయువులు కస్సున "కంఠం" గుండా నాజిలులో నుంచి బయటికి వస్తాయి.

మంటగదిలోకి వచ్చిన ఇంధనం వ్యర్థం అయిపోకుండా పూర్తిగా మండడం అవసరం. ఈ పని జరగడానికి కొంత వ్యవధి కావాలి ఈ వ్యవధిలో ఇంధనం రేణువులు కొంతదూరం ఎదరికి ప్రయాణం చేస్తాయి. ఆ ప్రయాణ దూరంకన్న మంటగది ఎక్కువ పొడవుగా ఉండాలి లేకపోతే భస్మీకరణం పూర్తి కాకుండానే సగం మండిన ఇంధనము ఉష్ణవాయువులతో బాటు బయటికి వచ్చేస్తుంది.

ముందర ఇంధనం మంటగదిలోకి చిమ్మబడుతుంది. గదిలోని వేడికి ఇంధన ద్రవాలు ఆవిరి అయి, మండడానికి అవసరమైన "భస్మ ఉష్ణోగ్రత" (Ignition Temperature) చేరుకునే దాకా ప్రయాణం చేస్తాయి. ఆ తరువాత మండుతాయి. భస్మీకరణం పూర్తికావడానికి కొంత వ్యవధి పడుతుంది ఆ తరువాత ఉష్ణవాయువులు జెట్ లాగ బయటికి వస్తాయి. భస్మీకరణం పూర్తి అవడానికి పట్టే వ్యవధి ఉపయోగించిన ఇంధనాల మీదా, మంట గది లోపలి వత్తిడి మీదా ఆధారపడి ఉంటుంది.

మంటగది పొడవు

మంట గది ఎంత పొడవు ఉండాలో నిర్ణయించడానికి కంఠం పరిమాణాన్ని మంటగది ఘనపరిమాణాన్ని కంఠం వైశాల్యంతో భాగిస్తాను. దీని మంటగది యొక్క "విశిష్టదైర్ఘ్యం" (Characteristic Length) అంటారు. వివిధ ఇంధనాలకు 20 వాతావరణాల వత్తిడి కల్పించగల మంటగది విశిష్ట దైర్ఘ్యం ఎంత ఉండాలో పట్టిక-10లో చూపించాను.

పట్టిక - 10

ఆక్సిడైజరు	తైలము	మంటగది విశిష్టదైర్ఘ్యం (అంగుళాలు)
ఆక్సిజన్ ద్రవం	ఇథైల్ ఆల్కహాల్	50
ఎర్రని ఆవిరిగల నైట్రిక్ ఏసిడ్	ఎనిలిన్	60
ఎర్రని ఆవిరిగల నైట్రిక్ ఏసిడ్	నైట్రోమిథేన్	250

మంటగది పొడవు ఇంతకన్న తక్కువ ఉంచితే తోపుడు శక్తి తగ్గిపోతుంది. ఇంతకన్న ఎక్కువ ఉంటే అనవసరంగా బరువు పెరుగుతుంది.

మంటగది గోడలు

ద్రవ ఇంధనాలు మండినప్పుడు మూడు, నాలుగు వేల డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత పుడుతుంది. అంతవేడిలో మంటగది గోడలు కరిగి జావకారిపోకుండా ఉండాలి. అంత ఉష్ణోగ్రతకి తట్టుకోగల లోహాలకోసం వేట మొదలు పెట్టేరు.

20 వాతావరణాల వత్తిడిలో వేరు వేరు లోహాలు తట్టుకోగల గరిష్ట ఉష్ణోగ్రతలను పట్టిక - 11 చూడవచ్చు.

పట్టిక - 11

లోహం	తట్టుకోగల గరిష్ట ఉష్ణోగ్రత (°C)
రాగి	350
అల్యూమినియం	650
నికెల్ క్రోమ్ ఉక్కు	900
నికెల్ మిశ్ర లోహం (Inconel)	1300
స్టెయిన్‌లెస్ స్టీలు (AISI టైపు 302)	1300

1	2
ఉక్కు మిశ్రలోహం (SAEX 4130)	1400
తక్కువ బొగ్గు ఉన్న ఉక్కు (SAE 1020)	1450
అల్యూమినియం ఆక్సైడ్	2000
సిలికాన్ కార్బైడ్	2200
బెరిలియం ఆక్సైడ్	2500
జిర్కోనియం ఆక్సైడ్	2700
మెగ్నీషియం ఆక్సైడ్	2800

ఈ లోహాలు ఏవీ ద్రవ ఇంధనాల మంట వేడికి తట్టుకోగలవి కావు. పది సెకనులలో మెగ్నీషియం ఆక్సైడుతో చేసిన మంట గది గోడ కరిగి చిల్లు పడిపోతుంది. వీటితో నిమిషాల తరబడి ఇంధనాన్ని మండించడం అనేది అసాధ్యం. మరి గ్రహాంతరయానాలకు నిమిషాలు కాదు గంటల తరబడి ఇంధనాలను మండించవలసిన పని పడుతుందికదా, మరి ఇంక దీనికి సెలవు వదులు కోవలసిందేనా?

పింగాణీ జాతి (Ceramics) ద్రవ్యాలు కొన్ని ఉన్నాయి. అవి మూడు వేల డిగ్రీలు దాటిన ఉష్ణోగ్రతలో కరిగి పోకుండా ఉండగలవు అటువంటి కొన్ని ద్రవ్యాలు, వాటి కరిగే ఉష్ణోగ్రతలు పట్టిక - 12లో చూడవచ్చు.

పట్టిక - 12

సిరమిక్ జాతి ద్రవ్యం	కరిగే ఉష్ణోగ్రత (°C)
కొలంబియం కార్బైడ్	3500
జిర్కోనియం కార్బైడ్	3550
గ్రాఫైట్	3600
హాఫ్నియం కార్బైడ్	3900
టాంటలం కార్బైడ్	3900

వీటి కరిగే ఉష్ణోగ్రతలు మనకి అనుకూలంగానే ఉన్నాయి. కాని వీటిలో ఒక లొసుగు ఉంది. హఠాత్తుగా ఉష్ణోగ్రత మారితే (Thermal Shock) ఇవి బీటలు తీసేస్తాయి. ఆ పగిలిన ముక్కలు నాజిలు కంఠానికి అడ్డుపడి, వత్తిడి పెరగడంవల్ల రాకెట్టు పేలిపోయిన సందర్భాలు కొన్ని ఉన్నాయి. పైగా కొన్ని తీవ్ర ఇంధనాల వేడిలో ఇవికూడా నిలవ లేవు.

అయితే ఈ ఇబ్బంది ఘనఇంధన రాకెట్లకు లేదా ? వాటి జ్వలన ఉష్ణోగ్రతలు ద్రవ ఇంధనాలకన్న రవ్వంత తక్కువ సరేగానీ మరీ తక్కువ ఏమీ కాదు. వాటికి కూడా $3000^{\circ}C$ దరిదాపులలో వేడి పుడుతుంది. కాని ఆ వేడి సరాసరి రాకెట్టు తొడుగుకి ఎంత సేపు తగలదు. ఏమంటే - ఘన ఇంధనపు కడ్డీ లోపలగల రంధ్రంలో మంట మొదలు అవుతుంది. ఆ మంటకీ, రాకెట్టు తొడుగుకీ మధ్య ఇంధనం అడ్డు ఉంటుంది కనుక, ఇంధనం పూర్తికావస్తున్న చివరి క్షణాలలోమాత్రమే ఆ వేడి తొడుగుకి తగులుతుంది. అప్పుడు చిల్లుపడి పోయినా పరవాలేదు. కాని ఉష్ణవాయువుల దెబ్బ నాజిలు కంఠానికి మొదటి నుంచి చివరదాకా తగులుతూనే ఉంటుంది. ఆ ప్రదేశంలో మాత్రం వేడికి తట్టుకోగల లోహమూ, దానికి గ్రాఫైటుతోగాని, మరొక సిరమిక్‌తో గాని పూత పూస్తారు. మిగిలిన భాగమంతా తేలికైన అల్యూమినియంతో చేయవచ్చు. పైగా ఘన ఇంధనాలు కొద్ది సెకనులసేపు మాత్రమే కాలుతాయి. వాటిని దీర్ఘకాలం మండేటట్లు నిర్మించరు. ద్రవ ఇంధనాలను చాలా సేపు మండించవలసిన అవసరం ఉంది.

మరి దీనికి దారి ఏమిటి ?

మంటగది గోడలు చల్లబరచడం

ఈ ఇబ్బందినుంచి తప్పుకోడానికి మరొక్క ఉపాయం ఉంది. అది మంటగది గోడలను చల్లబరచడం।

రాకెట్టుకి జాకెట్టు

మోటారుకారు ఇంజను వేడెక్కిపోకుండా "రేడియేటరు" ఉంటుంది. నీళ్ళతో దానిని చల్లబరుస్తూ ఉంటారు. సరిగ్గా అదే పద్ధతిలో రాకెట్టు మోటారును కూడా చల్లబరచవచ్చుననీ, అప్పుడు మంటగది మధ్యలో $3000^{\circ}C$ పైన వేడి ఉనప్పటికీ గోడలు మాత్రం బాగా తక్కువ వేడిలో ఉంచవచ్చుననీ, ఆపాటి వేడిని భరించే శక్తిగల లోహాలు ఉన్నాయనీ జర్మనులు కనుగొన్నారు. మంటగది చుట్టూ ఒక తొడుగు (Jacket) వంటిది తయారుచేసి అందులో నీళ్ళు ప్రవహించే ఏర్పాటు చేశారు. అది బాగానే పనిచేసింది.

మంటగదిని చల్లబరచడానికి వేరే నీళ్ళు మోసుకు పోవడం దండుగ అని ఆక్సిజన్ ద్రవాన్నే మంటగది చుట్టూ ప్రవహింవ జెయ్యాలని ప్రయత్నించారు కాని, ఆ వేడికి ఆక్సిజన్ ఆవిరి వత్తిడి విపరీతంగా పెరిగిపోయి రాకెట్టు పేలి పోయింది. తరువాత తైలాన్ని ప్రవహింపజేస్తే అది సవ్యంగానే పనిచేసింది. ఈ విధంగా తప్పులుచేస్తూ, సరిదిద్దుకుంటూ "ప్రవాహ శీతలీకరణ పద్ధతి" (**Regenerative Cooling**) ని అభివృద్ధి చేయగలిగేరు. దీనిని "ఓ బెర్త్" అనే జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞుడు ప్రతిపాదించాడు.

ఇంధనంలో నీళ్లు కలపడం

మంట తగ్గించడానికి పొయ్యిలో నీళ్ళు చల్లినట్లు మంటగది లోపల నీటిజల్లు పడేటట్లు అమర్చి చూశారు. ఆ నీరు ఆవిరి అయి మిగిలిన వాయువులతో బాటు బయటికి వస్తుంది నాజిలులో నుంచి. గదిలోపల ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది. దానివల్ల రాకెట్టుశక్తి స్వల్పంగా తగ్గుతుంది అయినా ఫరవాలేదు.

నీళ్ళను ఈ విధంగా చల్లాలంటే నీళ్ళకోసం వేరేటాంకు, గొట్టాలు, పంపులు, వాల్వులు, ఇంజెక్టర్లు అవసరం. ఈ జంఝాటాన్ని తగ్గించడం కోసం నీళ్ళను ముందుగానే తైలంలో కలిపి ఉంచవచ్చు కదా? కాని నీరు అన్ని తైలములలోనూ సరిగ్గా కలవదు. ఆ విధంగా నీళ్ళు కలపడానికి అనువైన తైలములలో ఆల్కహాలు ఒకటి. దీనిని "విల్లీతే" అనే జర్మన్ శాస్త్రజ్ఞుడు అభివృద్ధి చేశాడు.

తైలం గొట్టాన్ని ఆక్సిజన్ ద్రవం నిలువచేసిన టాంకులో నుంచి తీసుకు వస్తే, తైలం మరింత చల్లబడుతుంది. ఆ విధంగా చల్లబడ్డ తైలాన్ని మంట గది చుట్టూ ప్రవహింపజేసి, తరువాత మంటగదిలోకి ఇంజెక్టు చేస్తారు. ఈ విధంగా చేయడంవల్ల గది గోడలు 1000°C లోపులోనే ఉంటాయి. ఆ ఉష్ణోగ్రతను తట్టుకోగల లోహాలు అందుబాటులోనే ఉన్నాయి.

జర్మన్ **V**-2 రాకెట్టులో ఉపయోగించిన 18 బర్నర్ కప్పులలోనూ ఒకటి ఇక్కడ చూపించాను. ఇందులో ఇటువంటి ప్రవాహ శీతలీకరణాన్ని ఉపయోగించారు.

గోడలవేడి దాని చుట్టూ ప్రవహించే ద్రవానికి సరిగ్గా అందాలి అంటే ఆ గోడలను మంచి ఉష్ణవాహక లోహంతో చెయ్యాలి. అందు కోసం అలూమినియంలో మోటారు తయారుచేసి లోపల ఉక్కు స్ప్రే (Spray) చేస్తే తేలిగ్గా

కూడా ఉంటుంది. అది బాగా పని చేసింది కొందరు మంటగదిలోపల గ్రాఫైటు పూసి చూశారు. అదీ బాగానే పని చేసింది, కొందరు జిర్కోనియా, అల్యూమినా వంటి పదార్థాలతో లైనింగు (Lining) వేసి చూశారు. ఇది ఎడతెగని పరిశోధన.

ప్రవాహ శీతలీకరణంలో మరికొన్ని లాభాలు ఉన్నాయి. వేడెక్కిన తైలం సులభంగా సన్నని తుంపరలుగా (Atomise మంటగదిలో పడుతుంది. పైగా, వ్యర్థంగా మంటగది గోడలవెంట నష్టమైపోయే ఉష్ణశక్తిని ఈ ద్రవం పీల్చుకుని మళ్ళీ ఆ వేడిని మంటగదిలో చేర్చడంవల్ల క్షమత పెరుగుతుంది.

ఈ ప్రవాహ శీతలీకరణ పద్ధతినే విరివిగా అందరూ వాడుతూ ఉనప్పటికీ మంటగదిని చల్లబరచడానికి ఇది ఒక్కటే మార్గం కాదు. మంటగదిని సన్నని రంధ్రాలు గల పదార్థం (Porous material)తో నిర్మిస్తే, చల్లని ద్రవం ఈ గోడలమీదుగా స్రవించి, ఆవిరి అయి, చల్లబరుస్తుంది. కూజాలో పోసిన నీళ్ళు చల్లబడడానికీ, చెమట పట్టడం ద్వారా మన శరీరం చల్లబడడానికీ ఇదే కారణం. దీనిని స్వేద శీతలీకరణం (Sweat cooling) అంటారు. అయితే అంత వేడికి తట్టుకోగల, సన్నని రంధ్రాలుగల, బలమైన లోహాన్ని తయారు చేయడం మాటలు కాదు రంధ్రాలను కల్పించే ద్రవ్యాన్ని లోహపు పొడిలో కలిపి, ఆ మిశ్రమాన్ని దగ్గరగా నొక్కి వేడిచేసి మంట గది గోడలను తయారు చేయవచ్చు.

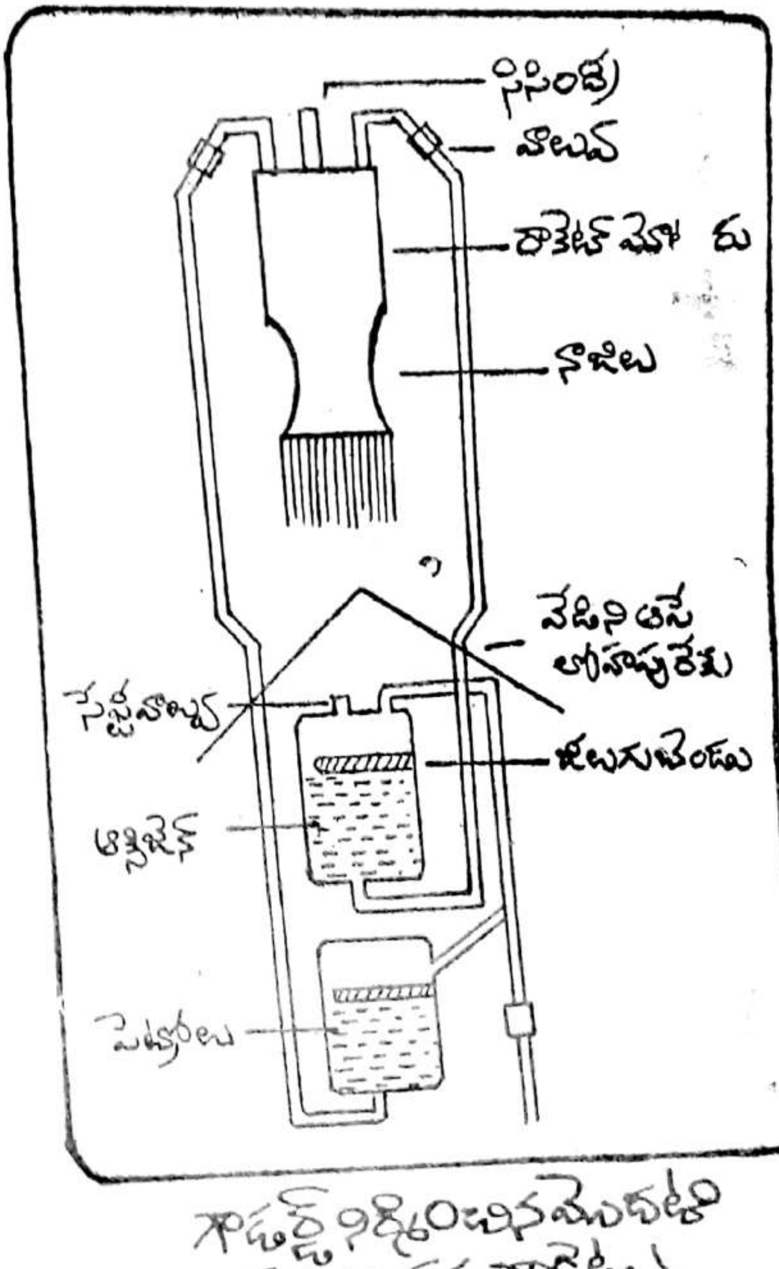
పూర్తిగా తగులబడని ఆక్సిజన్ మంటగది తాలూకు ఎర్రగా కాలిన గోడలకు తగిలి, వాటిని శిథిలం చేసేస్తుంది ఈ లోపాన్ని తొలగించడానికి మంటగదిపై నుండి గొట్టం ఆకారంలో తైలమూ, ఆ గొట్టానికి మధ్యలో ఆక్సిజన్ ఉండేటట్లు ఏర్పాటు చేస్తారు. ఇప్పుడు భస్మం కాకుండా మిగిలిపోయిన ఆక్సిజను మంటగది గోడలకు తగలదు. కాని, సన్నని నాజిలు కంఠం దగ్గర ఇబ్బంది వస్తుంది. ఆ ప్రదేశంలో తైలాన్ని ప్రత్యేకంగా మరికాస్త అధికంగా ఇంజెక్టు చేసి రక్షక కవచంలా ఏర్పరుస్తారు దీనిని "కవచ శీతలీకరణం" (Film cooling) అంటారు దీనిని జర్మనులు అధికంగా ఉపయోగించారు.

రాకెట్టు సైజునుబట్టీ, డిజైనునుబట్టి ఏక సమయంలో రకరకాల శీతలీకరణ పద్ధతులను ఉపయోగిస్తున్నారు. ఉదాహరణకి V-2 రాకెట్టులో ప్రవాహ శీతలీకరణము తైలంలో నీళ్ళు కలపడమూ, నాజిలు కంఠం దగ్గరా, గదిలో కొన్ని సున్నితమైన స్థలాలోనూ అధికంగా చల్లని తైలాన్ని చిమ్మడమూ చేశారు.

మంటగది ఎక్కడ ఉండాలి ?

రామాయణం అంతా విని రాముడికి సీత ఏమైంది అన్నట్లు ఇప్పుడు మంటగది ఎక్కడ ఉండాలి అన్న ప్రశ్న ఏమిటి ? దానిని రాకెట్టుకి అట్టడుగున **ఉం**చుతున్నారుకదా. ఇప్పుడు మార్చవలసిన అవసరం ఏమిటి ?

ద్రవ ఇంధనాలలో జెట్ వేగం ఎక్కువగా ఉంటుంది కనుక రాకెట్టు వేగమూ అధికమే. ఇంతవేగంగా ప్రయాణం చేసే రాకెట్టును స్థిరంగా ఉంచడం



గాడర్డ్ నిర్మించిన మొదటి
ద్రవఇంధన రాకెట్టు

చాలా కష్టమని, మంటగదిని తీసుకువెళ్ళి ముక్కు దగ్గర పెట్టడం మంచిది అనీ, ప్రసిద్ధ అమెరికన్ రాకెట్టు శాస్త్రజ్ఞుడు "గాడర్డ్" సూచించాడు। ఇప్పుడు వెనుక

నుంచి తోయడం కాక, ముందునుంచి లాగడం కనుక రాకెట్టు స్థిరంగా ఉంటుందన్నాడు, తాను తయారు చేసిన మొదటి ద్రవ రాకెట్టును ఇల్లాగే నిర్మించి, 1926 మార్చిలో విజయవంతంగా ఎగురవేశాడు. ప్రపంచంలో అదే మొట్టమొదటిసారిగా పైకి ఎగిరిన ద్రవ ఇంధన రాకెట్టు. మంట గది కిందనున్న ఇంధనపు టాంకులకి జెట్ వేడి తగలకుండా ఉండడం కోసం లోహపు టోపీ వంటిది అమర్చాడు.

తరువాత జర్మనీలో ఓబెర్త్, అతని అనుయాయురూ మంటగదిని రాకెట్టు కిందికి మార్చేరు. ప్రస్తుతం సర్వే సర్వత్రా మంటగదిని అట్టడుగునే ఉంచుతున్నారు. స్థిరత్వాన్ని ఫిన్స వల్లనూ, గిర గిరా తిప్పడం వల్లనూ సాధిస్తున్నారు.

నాజిలు (Nozzle)

కేవలం మంటగదిలోని ఉష్ణవాయువులు బయటికి పోవడానికి ఏర్పరచిన "చిల్లు" కాదు నాజిలు అంటే. దీని నిర్మాణం బహుక్లిష్టమైనది. దీనిని ఏ ఆకారంలో చేస్తే జెట్‌వేగం ఏ విధంగా ఎల్లా మారుతుందో గణితం ద్వారా, కంప్యూటర్ల సాయంతో నిర్ణయిస్తారు. నాజిలు నిర్మాణాన్ని బట్టి మోటారులోని వివిధ ప్రదేశాలలో వత్తిడి మారుతుంది. దానిని బట్టి జెట్ వేగం నిర్ణయమవుతుంది.

నాజిలునుంచి బయటికి పోయే వాయువుల వేగాలకి ఒక గరిష్ట పరిమితి ఉంది. అది మంటగదిలోని వత్తిడికి, బయటికి వస్తున్న వాయువుల వత్తిడికీ గల నిష్పత్తిమీద అధారపడి ఉంటుంది. దీనిని "వ్యాకోచ నిష్పత్తి" (Expansion Ratio) అంటారు.

నాజిలు "చివరలు" అంతకంతకు దగ్గరగా నొక్కుకునేటట్లు (Convergent Nozzle = మూసుకునే నాజిలు) నిర్మిస్తే, జెట్ వేగం పెరిగి పెరిగి, గరిష్ట పరిమితికి చేరుకుని, ఆ తరువాత ఇంక పెరగడం మానేస్తుంది. ఆ వేగ పరిమితి శబ్ద వేగానికి సమానం అని 1837 "నెపెయిర్" అనే గణిత శాస్త్రజ్ఞుడు కనుగొన్నాడు. గాలిలో శబ్దవేగం గంటకి సుమారు 740 మైళ్ళు. అంటే మూసుకునే రకం నాజిలు ఉపయోగిస్తే గంటకి 740 మైళ్ళకి మించిన జెట్‌వేగం సాధ్యం కాదు అన్నమాట.

జెట్ వేగాన్ని ఇంకా పెంచాలంటే ఈ రకమైన నాజిలు పనికిరాదు. నాజిలు ముందర సన్నబడుతూ, పైన చెప్పిన పరిమితి చేరుకున్నాక మళ్ళీ అంత కంతకు వెడల్పు అయేటట్లు (తెరుచుకునే నాజిలు = **Divergent Nozzle**) నిర్మిస్తే శబ్దాధిక వేగం గల జెట్ (**Supersonic Jet**) వస్తుందని "డి-లావల్" అనే శాస్త్రజ్ఞుడు కనుగొన్నాడు. ముందు సన్నబడి, తరువాత వెడల్పు అయే నాజిలును (**Convergent-Divergent Nozzle**) అతడి పేరిట "డి-లావల్" నాజిల్" అన్నారు. నాజిలు సన్నబడడంలోనూ, వెడల్పు అవడంలోనూ బహు సున్నితమైన నిబంధనలున్నాయి. వాటిని సరిగ్గా పాటించకపోతే బయటికివచ్చే వాయు ప్రవాహం సుడులు తిరిగి, శక్తి వ్యర్థమైపోతుంది. నాజిలు నిర్మాణంలో ఘన, ద్రవ రాకెట్లకు భేదం ఏమీలేదు.

ఇంధనాలను ఎన్నుకోవడం ఎల్లాగ ?

ఇంధనాన్ని ఎన్నుకోవడంలో ముందర చూసుకోవలసినది విశిష్ట ప్రమాతం. విమానాలను పైకి తోయడానికి వాడే బూస్టర్లలో వి. ప్ర = 100 సెకనుల ప్రాంతంలో ఉంటే చాలు. ఈ పాటి శక్తి నివ్వగలవి హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడు వంటి ఏక ఇంధనాలు. మరీ శక్తివంతమైన ఇంధనాలు ఇక్కడ పనికిరావు.

ఉపగ్రహాన్ని భూమి చుట్టూ తిరిగేటట్లు విసరడానికి ఉపయోగించే రాకెట్టు ఇంధనానికి వి. ప = 250 సెకనులపైన ఉండాలి. దీనికి ద్వి ఇంధనాన్ని వాడాలి.

రాకెట్టులో "చోటు" అనేది చాలా జాగ్రత్తగా, క్లుప్తంగా వాడుకోవలసిన దినుసు. ఎక్కువ చిక్కదనం కలిగిన ద్రవాలను వాడితే అదే బరువుకి తక్కువ చోటు ఆక్రమిస్తాయి. కనుక ఎక్కువ వి. ప్ర. ఉన్నంత మాత్రాన చాలదు. అది చిక్కని ద్రవం అయేలాగ కూడా చూసుకోవాలి. ఉదాహరణకి ఆక్సిజన్+ హైడ్రోజన్ ఉపయోగిస్తే 360 సెకనుల వి.ప్ర. లభిస్తుంది సరే కాని హైడ్రోజన్ ద్రవపు విశిష్ట సాంద్రత 0.07 మాత్రమే. కనుక హైడ్రోజన్ ద్రవాన్ని తైలంగా వాడినట్లైతే మిగిలిన తైలముంకన్న 10-20 రెట్లు పెద్ద టాంకును ఉపయోగించవలసి వస్తుంది.

విశిష్ట ప్రమాణం ఒక్కటేకాక ఇంధనాన్ని ఎన్నుకునేటప్పుడు గుర్తుంచు కోవలసిన లక్షణాలు ఇంకా చాలా ఉన్నాయి.

త్వరగా అంటుకునేది అయి ఉండాలి.
సాఫీగా మండేది (Smooth Burning) అయి ఉండాలి.
చెడిపోకుండా చాలాకాలం నిలువ ఉండేది అయి ఉండాలి.
లోహాలను తినేసేది కాకుండా ఉండాలి.
కుదుపుకి పేలిపోనిది అయి ఉండాలి.

మంట గదిని చల్లబరచడానికి కూడా ఉపయోగించే ఇంధనం అయితే దాని మరుగు ఉష్ణోగ్రత (Boiling Point), ఉష్ణవాహకత్వం (Thermal. Conductivity), విశిష్ట ఉష్ణము (Specific Heat) ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే అంత మంచిది.

అంతేకాదు, ఆ దినుసు సులభంగా దొరికేదీ, చవకగా దొరికేదీ కూడా అయి ఉండాలి. మిగిలిన అన్ని లక్షణాలు సరిపోతే ఒక్కొక్కప్పుడు ఖరీదును లెక్క చెయ్యరు.

బాణా సంచా, సంకేతాల రాకెట్లు

విటిని అయితే నల్లని తుపాకీ మందు వాడటమే మంచిది. తయారీ సులభం. నిలువచేయడం సులభం. ప్రమాదాలు తక్కువ. అత్యధికమైన జెట్ వేగంగాని, క్షమతగాని అవసరం లేదు.

తాడు విసిరే రాకెట్లు

వీటికి నైట్రోసెల్యులోజు, లేదా డబుల్ బేస్ ఘన ఇంధనాలను వాడ వచ్చు. వీటి శక్తి నల్లమందు రాకెట్ల కన్న ఎక్కువ.

మిలిటరీ రాకెట్లు

అతివేగంగా మండేవీ, అటూ ఇటూ కదపడంలో ప్రమాదంలేనివీ కావాలి. ఈ పనికి ద్రవ ఇంధనాలకన్న ఘన ఇంధనాలే వీలు. పొగరాని కార్డైటు

గానీ, ఇతర సింగిల్ బేస్ లేదా డబుల్ బేస్ ఇంధనాలు గానీ వాడవచ్చు. ఫిరంగికి ఉన్నపాటి క్షమత (40%) ఉన్నాబాలు. బుజాన పెట్టుకున్న గొట్టంలో నుంచి పేల్చే బజూకాలకి మంట త్వరగా పూర్తి అయిపోయేవి కావాలి. గుంపులు గుంపులుగా పేల్చే రాకెట్లకి మంట త్వరగా పూర్తి అయిపోవడమే కాక, పొగ రాకపోవడం కూడా అవసరం. లేకపోతే దూరం నుంచి పేల్చ వలసి వస్తుంది.

గైడెడ్ మిసైల్స్

చిన్న చిన్న మిసైల్సుకి అయితే ఘన ఇంధనమే వీలు. చాలాసేపు మండే పెద్ద మిసైల్సుకి అయితే ద్రవ ఇంధనం వాడాలి. హైడ్రోజన్ పెరాక్సైడ్ ఒక్కటేగాని, లేదా అందులో హైడ్రోజన్‌గాని, ఆల్కహాలుగాని కలిపిగానీ వాడవచ్చు. లేదా ఎర్ర ఆవిరి నైట్రిక్ ఏసిడ్+ఎనిలిన్ ఇంధనం కూడా వీలుగానే ఉంటుంది.

భూ వాతావరణ పరిశోధనకు రాకెట్లు

వీటికి సింగిల్‌బేస్, డబుల్‌బేస్ ఘన ఇంధనాలను విరివిగా వాడుతున్నారు. మనదేశంలో మేనక, రోహిణి, సెంటార్ రాకెట్లు ఇటువంటి ఘన ఇంధనంతో నడిచేవే. వీటిని ఒకటి లేక రెండు అంతస్థులుగా నిర్మిస్తున్నారు. వాతావరణపు ఉష్ణోగ్రత, వత్తిడి, గాలి విసురు, వివిధ రసాయన పదార్థాల సంయోజనం, కాస్మిక్ కిరణాలు, సూర్యకాంతి, సౌరకణాలు వగైరా ఎన్నెన్నో విషయాలను తెలుసుకోడానికి ఇవి ఉపయోగ పడుతున్నాయి.

స్వాత[illegible]్య సమరంలో ముగ్గురు కుటుంబ సభ్యులను జైలుకి పంపిన దేశభక్తుల ఇంట్లో - మూడు తరాలుగా విప్లవ-సాహిత్య చర్చలకు వేదికగా నిలిచిన ముంగిట్లో-

ఛాందసాన్ని వెలివేసిన [illegible]చిత కుటుంబంలో - 1933 లో తూర్పు గోదావరి జిల్లా ముంగండంలో జననం. '53-55'లో ఉస్మానియా యూనివర్సిటీ నుంచి ఫిజిక్సులో మాస్టర్స్ డిగ్రీ- 1960-63 లో మాస్కో యూనివర్సిటీ నుంచి డాక్టరేటు డిగ్రీ తీసుకున్నారు. 1969-71 లో స్వీడన్‌లోని ఉప్సాలా అయనో స్ఫెరిక్ అబ్జర్వేటరీలోనూ, 1974-75 లో బల్గేరియన్ అకాడమీ ఆఫ్ సైన్సెస్‌లోనూ 1981-82లో ఇంగ్లండులో యూనివర్సిటీ కాలేజీ ఆఫ్ వేల్స్‌లోనూ స్పేస్ రీసెర్చ్ చేశారు. ప్రస్తుతం ఢిల్లీలోని నేషనల్ ఫిజికల్ లేబరేటరీలో డిప్యూటీ డైరెక్టరుగా అంతరిక్ష పరిశోధన చేస్తున్నారు. ఇప్పటి వరకూ 16 రాకెట్లు ప్రయోగాలలో పాల్గొన్నారు 1988-89 లో ప్రయోగించబోయే ఎస్. ఆర్. ఓ ఎస్. 3 రోహిణి సెటలైటులో ఉండబోయే మూడు ఎక్స్‌పెరిమెంటులలోనూ వీరి ఎనర్జెటిక్ స్పెక్ట్రోమీటర్ ఒకటి.

15వ ఏటనుంచి కవిత్వ రచనలో ప్రవేశం ఉన్న నళినీ మోహన్ పాపులర్ సైన్సులో 27 పుస్తకాలు, పిల్లలకోసం 12 పుస్తకాలూ, కవితలూ వ్యాసాలూ వగైరా 10 పుస్తకాలూ వ్రాశారు. వివిధ తెలుగు పత్రికలలో వీరి రచనలు 1000కి పైగా ప్రచురితం అయ్యాయి. 1968లో కవికోకిల శ్రీ దువ్వూరి రామిరెడ్డి విజ్ఞాన బహుమతి వైజ్ఞానిక రచనల ద్వారా ప్రజాబాహుళ్యానికి సైన్సు మీద అభిమానం కలిగి[illegible]ందుకు, 1987 లో ఇందిరాగాంధీ విజ్ఞాన బహుమతిని ప్రప్రథమంగానూ అందుకున్నారు. ఆంధ్రజ్యోతి వీక్లీ నిర్వహించిన బాలెట్‌లో 1986 లో తెలుగువారిలో ప్రముఖ వ్యక్తిగా ఎన్నిక అయ్యారు.

సుప్రసిద్ధ నవలా రచయిత జర్నలిస్టు శ్రీ మహీధర రామమోహనరావు గారు వీరి తండ్రి. [illegible] [illegible]శకర్త శ్రీ మహీధర జగన్మోహనరావు గారు [illegible] [illegible]. [illegible] చెప్పే [illegible]

ISBN [illegible]1-7099-[illegible]-5

Cover Printed at Sri Balaji Art Printers, Chikkadpally, Hyderabad 20.