പ്രപഞ്ചം

പി. കേശവൻ നായർ

AUTHOR'S COPY

പി. കേശവൻ നായർ

സാമൂഹ്യപ്രവർത്തകൻ. ആനുകാലികങ്ങളിൽ ലേഖനങ്ങൾ എഴുതുന്നു. സ്റ്റീഫൻ ഹോക്കിങ്ങിന്റെ *പ്രപഞ്ചം, പ്രപഞ്ചനൃത്തം, വിപരീതങ്ങൾക്കപ്പുറം, ബോധത്തിന്റെ ഭൗതികം, മാർക്സിസം ശാസ്ത്രമോ? Beyond Red, An Introduction to Quantum Physics* എന്നിവ കൃതികൾ.

പി. കേശവൻ നായരുടെ ഞങ്ങൾ പ്രസിദ്ധീകരിച്ച കൃതികൾ

പഠനം
സ്റ്റീഫൻ ഹോക്കിങ്ങിന്റെ പ്രപഞ്ചം
പ്രപഞ്ചനൃത്തം
പ്രപഞ്ചം
ഭൗതികത്തിനപ്പുറം
വിപരീതങ്ങൾക്കപ്പുറം
ബോധത്തിന്റെ ഭൗതികം
മാർക്സിസം ശാസ്ത്രമോ?
മനുഷ്യമനസ്സും കാണ്ടം സിദ്ധാന്തവും

പി. കേശവൻ നായർ

പ്രപഞ്ചം

കറന്റ് ബുക്സ്

Malayalam Language
Prapancham
Science
by **P. Kesavan Nair**
Rights Reserved
First Published October 1999
First CB edition October 2005
3rd impression February 2012

Cover Design
Aji

Printed in India
at D C Press (P) Ltd., Kottayam 686 012

Publishers
Current Books,
An imprint of D C Books, Kottayam 686 001
Kerala State, India
Blog : www.dcbooks.com/blog
e-mail : info@dcbooks.com
Online Bookstore : www.dcbookshop.net

Distributors
D C Books-Current Books
Thiruvananthapuram, Kollam, Thiruvalla, Alappuzha, Kottayam, Thekkady,
Thodupuzha, Eranakulam, Cochin Airport, Aluva, Thrissur, Irinjalakuda
Manjeri, Kozhikode, Kalpetta, Palakkad, Kannur, Thalassery, Kanhangad
Bangalore, New Delhi, Dubai

Export Sales D C Press (P) Ltd., Kottayam, Kerala

No part of this publication may be reproduced, or transmitted in any form
or by any means, without prior written permission of the publisher.

ISBN 81-240-1569-4

CURRENT BOOKS - The first Indian Book Publishing House to get ISO Certification

₹ 130.00

Sl.No. 3050-XLVII-3/12-CBD. 1780-(3)1000-4560-02-12-Spb. 18.1-p na-r(t) sd-d(t) sj

ആമുഖം

നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രകൃതം എന്ത്? നാം കാണുന്ന പ്രപഞ്ചം എങ്ങനെ ഇന്നുള്ള രൂപത്തിലായി? അതിന് തുടക്കമുണ്ടോ? അതിന്റെ ഭാവി എന്ത്? പ്രപഞ്ചത്തിൽ നമ്മുടെ സ്ഥാനം എന്ത്? അത് എവിടെയാണ്? നാം എവിടെ നിന്നു വന്നു? മനുഷ്യനും പ്രപഞ്ചവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധമെന്ത്? ഈ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം കണ്ടെത്താനുള്ള എളിയ പരിശ്രമമാണ് എന്റെ ഈ പുസ്തകം. എന്റെ ഉത്തരങ്ങൾ അപൂർണ്ണമാണെന്ന് എനിക്കറിയാം.

'ആകാശം അകലെയാണെ'ന്ന അദ്ധ്യായത്തിൽ, പുരാതന നാഗരികതയുടെ കാലത്തെ ജ്യോതിശാസ്ത്രവികാസവും പ്രപഞ്ചവീക്ഷണവും പരിശോധനയ്ക്ക് വിധേയമാക്കിയിട്ടുണ്ട്. തുടർന്നുള്ള രണ്ട് അദ്ധ്യായങ്ങളിലെ വിഷയം ഭൂകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിൽനിന്നു സൂര്യകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിലേക്കുള്ള ജ്യോതിശാസ്ത്രത്തിന്റെ വിപ്ലവകരമായ മുന്നേറ്റമാണ്. 'ഗലീലിയോയുടെ കണ്ണുകൾ', 'ന്യൂട്ടന്റെ ലോകം' എന്നീ അദ്ധ്യായങ്ങളിലെ ഉള്ളടക്കം ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികത്തിന്റെ നിയമങ്ങളും പ്രപഞ്ചമാതൃകകളുമാണ്.

ആധുനിക ഭൗതികത്തിന്റെ രണ്ട് അടിസ്ഥാന ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തവും ക്വാണ്ടം ഭൗതികവും സാമാന്യം വിശദമായിത്തന്നെ ഈ പുസ്തകത്തിൽ വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ സ്ഥൂലഘടനമുക്ക് വ്യക്തമാക്കിത്തരുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കവും ഒടുക്കവും ഉണ്ടെന്ന് അതു പറയുന്നു. ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ബൗദ്ധിക വിപ്ലവമായ 'പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നു' എന്ന കണ്ടുപിടിത്തത്തിന് ശാസ്ത്രലോകം ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിനോട് കടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. 'ക്വാണ്ടം ഭൗതികം' സൂക്ഷ്മപ്രപഞ്ചഘടന (അണുവിന്റെ) സമർത്ഥമായി വിശദീകരിച്ചു. ഇന്ന് ആധുനിക ഭൗതികജ്ഞന്മാർ ആപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തത്തെയും ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രത്തെയും സമന്വയിപ്പിച്ച് ആവിഷ്കരിച്ച 'ക്വാണ്ടം ഗുരുത്വസിദ്ധാന്ത'ത്തിന്റെ വെളിച്ചത്തിലാണ് പ്രപഞ്ചോല്പത്തി രഹസ്യങ്ങൾ കണ്ടെത്താൻ ശ്രമിക്കുന്നത്. സമമിതി സിദ്ധാന്തങ്ങൾ, ചരടുസിദ്ധാന്തം, ക്വാർക്ക് സിദ്ധാന്തം എന്നിവയും ഇവിടെ പരാമർശിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്.

മഹാവിസ്ഫോടനം തുടങ്ങി മഹാവിഭേദനംവരെയുള്ള പ്രപഞ്ചചരിത്രം സംക്ഷിപ്തമായി വരച്ചുകാട്ടിയിട്ടുണ്ട്. നക്ഷത്രപരിണാമം പ്രപഞ്ചപരിണാമത്തിന്റെ ഭാഗമാണ്. ദ്രവ്യപരിണാമം പ്രപഞ്ചപരിണാമമല്ലാതെ മറ്റൊന്നുമല്ല. ജീവപരിണാമം ദ്രവ്യപരിണാമമാണ്. ഈ കാര്യങ്ങൾ പുസ്തകത്തിൽ വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. മനുഷ്യനും പ്രപഞ്ചവും തമ്മിൽ സംരചനാത്മകമായ പാരസ്പര്യമുണ്ട്. പ്രപഞ്ചം ഇന്നുള്ള രീതിയിലായതുകൊണ്ട് നാമതിനെ കാണുന്നു. മറ്റൊരു തരത്തിലായിരുന്നെങ്കിൽ, നാംതന്നെ ഇവിടെ കാണുമായിരുന്നില്ല എന്ന ആശയം മാനവികതാപ്രപഞ്ചശാസ്ത്രം (Anthropic Cosmology) അവതരിപ്പിക്കുന്നു. ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാന ദശകങ്ങളിൽ പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിനും പ്രപഞ്ചോല്പത്തിശാസ്ത്രത്തിനും (Cosmogony) വമ്പിച്ച പുരോഗതിയാണ് ഉണ്ടായിട്ടുള്ളത്. ആധുനികശാസ്ത്രത്തിന്റെ വളർച്ചയിൽ അതിപ്രധാനമായ പങ്കാണ് ഈ ശാസ്ത്രശാഖകൾ നിർവഹിക്കുന്നത്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ എല്ലാ രഹസ്യങ്ങളും

അനാവരണം ചെയ്യാൻ കഴിവുള്ള ഒരു സമ്പൂർണ്ണ ഏകീകൃത സിദ്ധാന്തം അനതി വിദൂരഭാവിയിൽ കണ്ടുപിടിക്കുമെന്ന ശുഭാപ്തിവിശ്വാസമാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഇന്ന് പുലർത്തിപ്പോരുന്നത്.

പ്രതിഭാശാലികളായ ചില ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ലഘുജീവചരിത്രം ഈ പുസ്തകത്തിൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്. ശാസ്ത്രചരിത്രമാണ് ഇതിന്റെ അന്തർധാര. 'പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രായം', 'പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ചരിത്രം' എന്നീ അദ്ധ്യായങ്ങൾക്ക് സാദൃശ്യം തോന്നാമെങ്കിലും അവ അവതരിപ്പിക്കുന്ന വിഷയങ്ങൾ വ്യത്യസ്തമാണ്.

സ്റ്റീഫൻ ഹോക്കിങ്ങിന്റെ പ്രപഞ്ചം എന്ന എന്റെ പുസ്തകത്തിലെ ചില ആശയങ്ങൾ ഇവിടെയും ആവർത്തിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ പുസ്തകത്തിലെതന്നെ ചില അദ്ധ്യായങ്ങളിൽ ആവർത്തനം ഉണ്ടായിട്ടുള്ളത്, ഓരോ അദ്ധ്യായവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട കാര്യങ്ങൾ സുഗ്രാഹ്യമാക്കിയതിന്റെ ഭാഗമായാണ്. എന്റെ അറിവിന്റെ പരിമിതികൊണ്ട് ധാരാളം തെറ്റുകൾ ഈ പുസ്തകത്തിൽ കടന്നുകൂടിയിട്ടുണ്ടാവാം. സഹൃദയരായ വായനക്കാർ ഇത് സദയം ക്ഷമിച്ച് ചൂണ്ടിക്കാണിച്ചുതരുമെന്ന് പ്രതീക്ഷിക്കുന്നു.

പ്രപഞ്ചം എഴുതുന്നതിനുള്ള പ്രേരണയും പ്രോത്സാഹനവും എനിക്ക് ലഭിച്ചത്, എന്റെ ഭാര്യ ബി. സുമംഗലയിൽനിന്നും ഓഫീസ് സെക്രട്ടറി എസ്.അജയകുമാറിൽനിന്നുമാണ്. കൈയെഴുത്തുപ്രതി വായിച്ച് ശുദ്ധി വരുത്തിയത് കെ. മധുസൂദനറാവു, വി. അനിലാൽ (കുങ്കുമം) എന്നിവരാണ്. പുസ്തകത്തിന്റെ കൈയെഴുത്തുപ്രതി പകർത്തി എഴുതുന്നതിന് സഹായിച്ചത് എസ്. രാജ്മോഹനനും. *പ്രപഞ്ചം* പുസ്തകരൂപത്തിൽ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നതിനു മുൻപ് 'കുങ്കുമം' വാരികയിൽ ഖണ്ഡശഃ പ്രസിദ്ധീകരിക്കുകയുണ്ടായി. ഇതിന് എന്നെ സഹായിച്ചത് 'കേരളശബ്ദം' മാനേജിങ് എഡിറ്റർ ഡോ. ബി.എ. രാജാകൃഷ്ണനാണ്. ഇവരോടുള്ള കൃതജ്ഞത രേഖപ്പെടുത്താൻകൂടി ഞാൻ ഈ അവസരം വിനിയോഗിക്കട്ടെ.

പി. കേശവൻനായർ

ഉള്ളടക്കം

ആകാശം അകലെയാണ് 9
സൂര്യാരാധകരുടെ ലോകം 23
ഗലീലിയോയുടെ കണ്ണുകൾ 32
ന്യൂട്ടന്റെ ലോകം 40
സൗരയൂഥത്തിനപ്പുറത്തേക്ക് 49
ക്ഷീരപഥവും അതിനപ്പുറവും 57
ഐൻസ്റ്റിന്റെ ആകാശം 75
വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചം 97
പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രായം 111
നക്ഷത്രപരിണാമം 121
കാണ്ഡം ഭൗതികം 137
കണങ്ങളും ബലങ്ങളും 147
സമമിതി 158
പ്രപഞ്ചചരിത്രം 170
പ്രപഞ്ചോത്പത്തി 179
പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഭാവി 194
മനുഷ്യനും പ്രപഞ്ചവും 198

ആകാശം അകലെയാണ്

മനുഷ്യനോളം പഴക്കമുണ്ട് പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനത്തിന്. മനുഷ്യന്റെ ആദ്യ കാല പ്രപഞ്ചവീക്ഷണങ്ങൾ സങ്കുചിതവും പരിമിതവുമായിരുന്നു. രാക്ഷ സാകാരമുള്ള ആമയുടെയോ, സർപ്പത്തിന്റെയോ, മത്സ്യത്തിന്റെയോ പുറത്തോ, കാളയുടെ മുതുകിലോ, ആനയുടെ കഴുത്തിലോ ഉറപ്പിച്ചതാ യിരുന്നു പ്രാചീനമനുഷ്യന്റെ ഭൂമി. അവന് ആകാശം അകലെ ആയിരു ന്നില്ല.

പുരാതന ബാബിലോണിയക്കാരുടെ ദൃഷ്ടിയിൽ ഭൂമി ഒരു പരന്ന തളികപോലെ ഇരുന്നു. ആ തളികയ്ക്കു ചുറ്റും സമുദ്രം. ഭൂമിയെയും സമുദ്രത്തെയും മൂടിക്കൊണ്ട് കമഴ്ത്തിവച്ചൊരു പാത്രമായിരുന്നു ആകാശം. ആ പാത്രത്തിൽ പതിച്ച രത്നങ്ങളാണ് നക്ഷത്രങ്ങൾ. ഇന്നും അജ്ഞാനം കൊണ്ടോ മതാന്ധതകൊണ്ടോ നക്ഷത്രങ്ങൾ ആകാശത്ത് ചിന്നിച്ചിതറി കിടക്കുന്ന പ്രകാശബിന്ദുക്കൾ മാത്രമാണെന്ന് വിശ്വസിക്കുന്നവരുണ്ട്. പുരാതനഭാരതീയർക്കും ഗ്രീക്കുകാർക്കും സൂര്യൻ അത്ര അകലെയായി രുന്നില്ല. ഗ്രീക്ക് പുരാണത്തിലെ ഇക്കാറസ് (Icarus) ഉയരങ്ങൾ പിടിച്ചടക്കാ നുള്ള മോഹത്തിൽ ആകാശത്ത് ഉയർന്ന് പറക്കാൻ ശ്രമിച്ചപ്പോൾ സൂര്യ താപമേറ്റ് അയാളുടെ ചിറകുകൾ ഉരുകി ഏജിയൻ കടലിൽ പതിച്ചു. രാമായണത്തിലെ പക്ഷിപ്രവരന്മാരായ സമ്പാതിയും ജടായുവും അഹങ്കാരം മൂത്ത് പറന്നുയർന്ന് സൂര്യനിലെത്തിച്ചേരാൻ ശ്രമിച്ചപ്പോൾ സൂര്യതാപമേറ്റ് സമ്പാതിയുടെ ചിറകുകൾ കരിഞ്ഞ് വിന്ധ്യപർവ്വതത്തിന്റെ മുകളിൽ പിടഞ്ഞുവീണു. ഭാരതീയർക്ക് ഭൂമിയും സ്വർഗ്ഗവും നരകവും ചേർന്നതായി രുന്നു പ്രപഞ്ചം. ഭൂമിക്ക് താഴെയും മുകളിലുമായി ഏഴ് ലോകങ്ങൾ വീതമുണ്ടെന്ന് അവർ വിശ്വസിച്ചു.

മനുഷ്യർ ആദ്യമായി നിരീക്ഷിച്ചത് ആകാശഗോളങ്ങളെയാണ്. സൂര്യ ന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ചലനങ്ങളും നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനവും പ്രാചീന മനുഷ്യന്റെ ചിന്തകളിൽ സ്വാധീനം ചെലുത്തി. വേട്ടയാടി നടന്ന ആദിമ മനുഷ്യൻപോലും രാത്രിയിൽ ഘോരവനങ്ങളിൽ ദിക്കുകൾ തിരിച്ചറിയുന്ന തിന് നക്ഷത്രങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിട്ടുണ്ടാകണം. മത്സ്യബന്ധനത്തിന് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങൾ ആവശ്യമായിരുന്നു. ധ്രുവനക്ഷത്രത്തിന്റെ സ്ഥാനം നോക്കി പുരാതനമനുഷ്യൻ സമയനിർണ്ണയം നടത്തിയിട്ടുണ്ടാവാം. കൃഷി ആരംഭിച്ചതോടെ കാലാവസ്ഥാനിരീക്ഷണം ഒഴിച്ചുകൂടാൻ വയ്യാത്ത തായി. അതോടെ കാലഗണന ആവശ്യമായി. അങ്ങനെ കൃഷിക്കാവശ്യ മായ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രം മനുഷ്യൻ വികസിപ്പിച്ചു. പുരാതനകാലത്തുണ്ടായ

യുദ്ധങ്ങളിൽ രാത്രികാലത്തെ സമർത്ഥമായ പടനീക്കങ്ങൾക്ക് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സഹായം അനിവാര്യമായി. അങ്ങനെ പുരാതനകാലത്തുതന്നെ മനുഷ്യൻ നക്ഷത്രഗണങ്ങളായ കന്യകയെയും തുലാസിനെയും സപ്തർഷികളെയും തിരിച്ചറിഞ്ഞു. അവൻ രാശിചക്രത്തിന് രൂപകല്പന നല്കി.

പുരാതന നാഗരികസംസ്കാരങ്ങൾ ആകാശനിരീക്ഷണത്തിന് വളരെ കൂടുതൽ പ്രാധാന്യം നല്കിയിരുന്നു. പുരാതന ബാബിലോണിയയിലും ഈജിപ്തിലും സുമേറിയയിലും ഭാരതത്തിലും ചൈനയിലും നിലനിന്നിരുന്ന നാഗരികതകളുടെ കാലത്ത് സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ചലനങ്ങളും നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനവും നിരീക്ഷിക്കുന്നതിന് പ്രത്യേകം പണ്ഡിതന്മാരുണ്ടായിരുന്നു. ഗ്രഹണങ്ങളുണ്ടാകുന്ന സമയം വളരെ മുൻകൂട്ടി പ്രവചിക്കുവാൻ 6000 വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പുതന്നെ ചൈനക്കാർക്ക് കഴിഞ്ഞിരുന്നു. ചൈനീസ് ചക്രവർത്തി ഹാങ്ത്തി നക്ഷത്രനിരീക്ഷണത്തിനായി ഒരു നിലയം സ്ഥാപിച്ചു. ചന്ദ്രനെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള കലണ്ടറും സൂര്യനെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള കലണ്ടറും അവർ നിർമ്മിച്ചു. വർഷത്തിന് 365¼ദിവസം ഉണ്ടെന്നവർ കണ്ടുപിടിച്ചു. 6700 വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പ് ബാബിലോണിയക്കാർ കലണ്ടർ ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു. ഇത് ലിപി കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനു മുമ്പായിരുന്നു.

ഈജിപ്ഷുകാർ സിറിയസ് (രുദ്രൻ) എന്ന നക്ഷത്രത്തിന്റെ ഉദയം നോക്കിയാണ് നൈൽനദിയിൽ എപ്പോൾ വെള്ളം ഉയരാൻ തുടങ്ങുമെന്ന് മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നത്. അവരെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം കൃഷിക്ക് അതി പ്രധാനമായൊരു വിവരമായിരുന്നു ഇത്. ഗിസാ(Giza)യിലെ പിരമിഡിന്റെ നിഴൽ നോക്കിയായിരുന്നു അവർ ഋതുക്കളെ നിർണ്ണയിച്ചിരുന്നത്. ധ്രുവനക്ഷത്രത്തിന്റെ സ്ഥാനവുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തിയായിരുന്നു പിരമിഡിന്റെ നിർമ്മാണത്തിനു സ്ഥാനം നിശ്ചയിച്ചിരുന്നത്. ക്രി. മു. 1500-ൽ ഈജിപ്തുകാർ പകൽസമയം അളക്കുന്നതിന് സൂര്യഘടികാരം നിർമ്മിച്ചു. വാനനിരീക്ഷണത്തിലും ആകാശവസ്തുക്കളുടെ ചലനം ഗണിക്കുന്നതിലും വളരെ മുന്നിലായിരുന്നു പൗരാണികകാലത്തെ ഭാരതീയർ. മോഹൻജദാരോയിൽ നിന്നും കുഴിച്ചെടുത്ത ദേവീപ്രതിമയുടെ ഇരുതോളിലും തലയിലുമായി 12 അഴിവീതമുള്ള 3 രാശിചക്രങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നു. സൈന്ധവനാഗരികതയുടെ കാലത്തുതന്നെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രം ശക്തിപ്പെട്ടിരുന്നു എന്നതിന് തെളിവാണിത്. 3500 വർഷം പഴക്കമുള്ള ഋഗ്വേദത്തിൽ നക്ഷത്രങ്ങളെക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുന്നുണ്ട്. ഭാരതത്തിലെ ഏറ്റവും പഴക്കം ഉള്ള വേദാന്തജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രഗ്രന്ഥം'വേദാംഗജ്യോതിഷം' ആണ്. സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ചലനങ്ങളെ ഈ ഗ്രന്ഥത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നുണ്ട്. ഈ ഗ്രന്ഥത്തിന്റെ കാലം ക്രി. മു. 1400-1200-നും ഇടയ്ക്കാണെന്ന് ചരിത്ര കാരന്മാർ അഭിപ്രായപ്പെടുന്നു. ക്രി. മു. 1000-ത്തിലെഴുതിയ യജുർവേദത്തിൽ 27 നക്ഷത്രങ്ങളുടെ പേരുകൾ കാണാം. ഇതിൽ ആദ്യത്തെ നക്ഷത്രം കാർത്തികയാണ്. ക്രി. മു. 7-ാം ശതകത്തിലെഴുതിയെന്ന് കരുതപ്പെടുന്ന ശതപഥബ്രാഹ്മണത്തിൽ (Sathapatha Brahmana) പഞ്ചാംഗസമ്പ്രദായത്തെക്കുറിച്ച് പരാമർശം കാണുന്നു.

ശാസ്ത്രീയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ആരംഭം ഗ്രീസിൽനിന്നായിരുന്നു. ജ്യാമിതിയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി പ്രപഞ്ചമാതൃകകൾ ആദ്യമായി അവതരിപ്പിച്ചത് ഗ്രീക്കുകാരാണ്. ക്രി. മു. 600-ൽ ജീവിച്ചിരുന്ന ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് തെയിൽസ്. ഇദ്ദേഹത്തെപ്പറ്റി അനേകം കഥകൾ പ്രചാരത്തിലുണ്ട്. ഒരു രാത്രിയിൽ തെയിൽസ് ആകാശത്തെ നക്ഷത്രങ്ങളെ നോക്കി നഗരത്തിൽക്കൂടി നടന്നുപോവുകയായിരുന്നു. നക്ഷത്രങ്ങളെ മാത്രം ശ്രദ്ധിച്ചിരുന്നതിനാൽ മുന്നിലെ പൊട്ടക്കിണർ കണ്ടില്ല. കിണറ്റിലേക്ക് വീണ തെയിൽസിനെ, അടുത്ത് ഇത് കണ്ടുകൊണ്ട് നിന്ന പെൺകുട്ടി കളിയാക്കി ചിരിച്ചുകൊണ്ട് ചോദിച്ചു: "സ്വന്തം കാൽചുവട്ടിലുള്ളത് കാണാൻ കഴിയാത്ത അങ്ങ് എങ്ങനെ ആകാശത്തിലെ കാര്യം കണ്ടെത്തും?" ഭൂമി വെള്ളത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുകയാണെന്നായിരുന്നു തെയിൽസിന്റെ ചിന്ത. അതൊരു കപ്പലിനെപ്പോലെ വെള്ളത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നെന്നും അപ്പോഴുള്ള ചാഞ്ചാട്ടമാണ് ഭൂമികുലുക്കമെന്നും അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. ആകാശപഠനം ആത്മശുദ്ധിവരുത്തുമെന്നായിരുന്നു സോക്രട്ടീസിന്റെ അഭിപ്രായം. ഗ്രീസിലെ സമോസിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന പൈഥഗോറസ് (ക്രി. മു. 582-497) എന്ന ദാർശനികൻ സംഖ്യകളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി പ്രപഞ്ചത്തെ വിശദീകരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചു. പൈഥഗോറസ് വിശ്വസിച്ചിരുന്നത് ഭൂമി ഉരുണ്ടതാണെന്നും അത് കറങ്ങുന്നതുകൊണ്ടാണ് രാവും പകലും ഉണ്ടാകുന്നതെന്നുമാണ്. ഗ്രഹങ്ങളും നക്ഷത്രങ്ങളും തങ്ങളുടേതായ ഭ്രമണപഥത്തിൽക്കൂടി കറങ്ങുകയാണെന്ന് പൈഥഗോറസ് പറഞ്ഞു. പൈഥഗോറസിന്റെ ആശയങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി വികസിപ്പിച്ചതാണ് പ്ലേറ്റോയുടെ (ക്രി. മു. 428-348) പ്രപഞ്ചദർശനങ്ങൾ. ജ്യാമിതീയരൂപങ്ങൾക്ക് അദ്ദേഹം ദൈവികപരിവേഷം നല്കി. അത് സത്യത്തിന്റെയും സൗന്ദര്യത്തിന്റെയും രൂപങ്ങളാണെന്ന് പ്ലേറ്റോ അവകാശപ്പെട്ടു. ഭൗതികപ്രപഞ്ചം ആത്മീയപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ (സ്വർഗ്ഗത്തിന്റെ) സമ്പൂർണ്ണസുന്ദരമായ ജ്യാമിതീയരൂപങ്ങളുടെ പ്രതിബിംബങ്ങളാണെന്ന് പ്ലേറ്റോ പ്രസ്താവിച്ചു. പ്ലേറ്റോയുടെ അഭിപ്രായത്തിൽ ഏറ്റവും സുന്ദരവും പൂർണ്ണവുമായ ജ്യാമിതീയരൂപം ഗോളമായിരുന്നു. മൊത്തത്തിൽ ത്രിമാനതലത്തിലുള്ള ഒരു ഗോളമായിട്ടാണ് പ്ലേറ്റോ പ്രപഞ്ചത്തെ കരുതിയത്. എല്ലാ ആകാശഗോളങ്ങൾക്കും വൃത്താകാരപഥത്തിലൂടെയുള്ള ഏകസമാനമായ ചലനമാണുള്ളതെന്ന് പ്ലേറ്റോ വിശ്വസിച്ചു. ചില ആധുനിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ അഭിപ്രായത്തിൽ പ്രപഞ്ചത്തിന് ഗോളാകാരമാണുള്ളത്. പ്രകൃതിയിലെ ഘനരൂപങ്ങളിൽ ഏറ്റവും കൂടുതൽ സൗന്ദര്യമുള്ളത് ഗോളത്തിനാണ്. ഗോളത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം അറിഞ്ഞാൽ ഗോളത്തെപ്പറ്റി എന്ത് വിവരവും നമുക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാം. വക്കോ മൂലയോ ഒന്നുമില്ലാതെ ഉരുണ്ടിരിക്കുന്ന ഘനരൂപമാണ് ഗോളം. പ്രപഞ്ചത്തിൽ കോടാനുകോടി ഗോളാകൃതിയിലുള്ള വസ്തുക്കളുണ്ടെന്ന് നമുക്കിന്നറിയാം. ചുരുങ്ങിയ പ്രതലവിസ്തീർണ്ണത്തിൽ കൂടുതൽ വ്യാപ്തം ഉൾക്കൊള്ളാനുള്ള കഴിവ് ഗോളത്തിനുണ്ട്. അതുകൊണ്ടുതന്നെയാണ്. ഭൂമിയും ചന്ദ്രനും നക്ഷത്രങ്ങളുമെല്ലാം ഗോളാകൃതിയിൽതന്നെ കാണപ്പെടുന്നത്. ഗ്രീക്ക് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരിൽ യുഡോക്സസ്

(Eudoxus—ക്രി. മു. 408-355) ആണ് ആദ്യമായി ഒരു പ്രപഞ്ചമാതൃക അവതരിപ്പിച്ചത്. അദ്ദേഹം പ്ലേറ്റോ സ്ഥാപിച്ച അക്കാദമിയിലെ വിദ്യാർത്ഥിയായിരുന്നു. പ്ലേറ്റോയുടെ ജ്യാമിതീയ സങ്കല്പങ്ങൾ യുഡോക്സസിനെ വളരെയേറെ സ്വാധീനിച്ചിരുന്നു. യുഡോക്സസിന്റെ പ്രപഞ്ചവും ഗോളാകാരമായിരുന്നു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ മാതൃകയനുസരിച്ച് ഭൂമി നടുക്കും ചുറ്റും സൂര്യൻ, ചന്ദ്രൻ, ഗ്രഹങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ഗോളങ്ങളും.

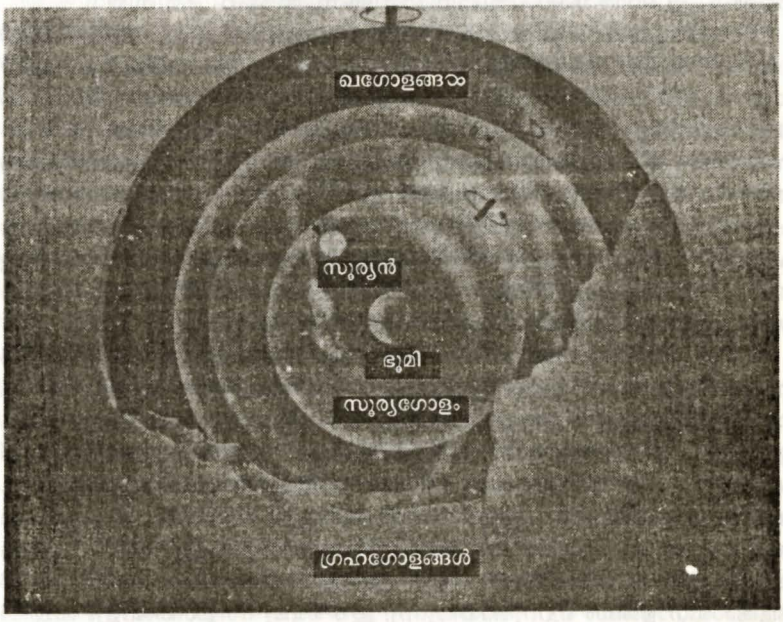
യുഡോക്സസിന്റെ പ്രപഞ്ചമാതൃകയ്ക്ക് ഗ്രഹചലനങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞില്ല.

പ്രാചീനലോകത്ത് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന് മഹത്തായ സംഭാവനകൾ നല്കിയവരായിരുന്നു ബാബിലോണിയക്കാർ. ആദ്യമായി നക്ഷത്രപട്ടിക (നക്ഷത്രകാറ്റലോഗ്) തയ്യാറാക്കിയത് അവരായിരുന്നു. ക്രി. മു. 1600-ൽ തന്നെ ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാരത്തെ സംബന്ധിച്ച് അവർ കുറെയൊക്കെ രേഖപ്പെടുത്തി. വിദൂരനക്ഷത്രങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി ഗ്രഹങ്ങളുടെ ചലനം രേഖപ്പെടുത്താൻ ക്രി. മു. 800 ആയപ്പോഴേക്കും അവർക്ക് സാധിച്ചു. പൗരാണിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഭണ്ഡാരമായിരുന്നു ബാബിലോണിയ. ബി.സി. 330-ൽ മഹാനായ അലക്സാണ്ടർ ബാബിലോണിയ ആക്രമിച്ച് കീഴടക്കിയതിനെ തുടർന്ന് ഗ്രീക്കുകാർ, ബാബിലോണിയക്കാർ അന്നുവരെ സ്വായത്തമാക്കിയിരുന്ന ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രവിജ്ഞാനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടു. തുടർന്നുള്ള ഗ്രീക്ക് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന്റെ മുന്നേറ്റത്തിന് മാർഗ്ഗദർശക മായിത്തീർന്നു ബാബിലോണിയക്കാർ സമാഹരിച്ച ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രവിജ്ഞാനം.

പ്ലേറ്റോയുടെ വത്സലശിഷ്യനും മഹാനായ അലക്സാണ്ടർ ചക്രവർത്തിയുടെ ഗുരുനാഥനുമായിരുന്ന അരിസ്റ്റോട്ടിൽ (ക്രി. മു. 384-322) ആണ് ഗ്രീക്ക് പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തെ പിന്നീട് മുന്നോട്ട് നയിച്ചത്. മഹാപണ്ഡിതനായിരുന്ന അദ്ദേഹം എല്ലാ വിജ്ഞാനശാഖകളിലും അവഗാഹം നേടി. അദ്ദേഹം കൈവയ്ക്കാത്ത ശാസ്ത്രശാഖകളോ സാഹിത്യ കലാശാഖകളോ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. കലയിലും ശാസ്ത്രത്തിലും ഇന്നും ഏറ്റവും കൂടുതൽ ചർച്ചചെയ്യപ്പെടുന്ന മഹാനായ ഗ്രീക്ക് തത്ത്വചിന്തകനാണ് അരിസ്റ്റോട്ടിൽ. ക്രി. മു. 340-ൽ അദ്ദേഹമെഴുതിയ നഭസ്സിനെക്കുറിച്ച് (On the Heavens) എന്ന ഗ്രന്ഥത്തിലാണ് അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്. യുഡോക്സസിന്റെ പ്രപഞ്ചമാതൃകയെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളതായിരുന്നു അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പ്രപഞ്ചം.

ഭൂമി ഒരു ഉരുണ്ട ഗോളമാണെന്ന് തെളിയിക്കുവാൻ നമുക്കിപ്പോൾ സുപരിചിതമായിട്ടുള്ള രണ്ട് ഉദാഹരണങ്ങൾ അരിസ്റ്റോട്ടിലാണ് ആദ്യം അവതരിപ്പിച്ചത്. കരയിൽനിന്ന് നോക്കുമ്പോൾ അകലേക്കു പോകുന്ന കപ്പലിന്റെ അമരം ആദ്യം ചക്രവാളസീമയിൽ മറയുകയും പായ്മരം കുറെ നേരംകൂടി കാണപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നതിൽനിന്ന് സമുദ്രോപരിതലം പരന്നതല്ല വർത്തുളമാണെന്ന് തെളിയുന്നതായി അദ്ദേഹം ചൂണ്ടിക്കാട്ടി. ചന്ദ്രഗ്രഹണം ഭൂമിയുടെ നിഴൽ അതിന്മേൽ പതിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണെന്നും ഈ നിഴൽ വൃത്താകാരമായതിനാൽ ഭൂമി ഉരുണ്ടതാണെന്നും അദ്ദേഹം

സമർത്ഥിച്ചു. ചന്ദ്രഗ്രഹണം ഉണ്ടാകുന്നത് ഭൂമി സൂര്യനും ചന്ദ്രനും ഇടയിൽ വരുന്നതുകൊണ്ടാണെന്ന് അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി. ഈജിപ്തിൽനിന്നും ഗ്രീസിൽനിന്നും വീക്ഷിക്കുമ്പോഴുള്ള ധ്രുവനക്ഷത്രത്തിന്റെ സ്ഥാനം കണക്കാക്കി ഭൂമിയുടെ ചുറ്റളവ് നാലു ലക്ഷം സ്റ്റേഡിയയാണെന്ന് അരിസ്റ്റോട്ടിൽ തിട്ടപ്പെടുത്തി. ഒരു സ്റ്റേഡിയ ഏകദേശം 188 മീറ്ററാണ്. അതായത്, ഭൂമിയുടെ ചുറ്റളവ് ഏകദേശം 75,000 കിലോമീറ്റർ. അരിസ്റ്റോട്ടിൽ കണക്കാക്കിയ ഭൂമിയുടെ ചുറ്റളവ് ഇന്ന് നമ്മൾ അംഗീകരിച്ചിട്ടുള്ളതിന്റെ ഇരട്ടിയോളം വരും. അക്കാലത്ത് വളരെ കുറച്ചാളുകൾ മാത്രമേ അരിസ്റ്റോട്ടിൽ പറഞ്ഞത് വിശ്വസിച്ചുള്ളു. ഭൂമി ഉരുണ്ടതാണെങ്കിൽ ഭൂമിയുടെ മറുവശത്തുള്ളവർ തലകുത്തനെ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് വീഴുമെന്നാണ് പൊതുവെ ആളുകൾ വിശ്വസിച്ചിരുന്നത്. മറുവശത്തുള്ള ജലം നീലാകാശത്തേക്ക് ഒഴുകിപ്പോകുമെന്നും അവർ ഭയപ്പെട്ടിരുന്നു. യഥാർത്ഥത്തിൽ ഭൂമിയുടെ മറുഭാഗത്തെ ആളുകൾ വീഴാതിരിക്കുന്നതും ജലം ആകാശത്തേക്ക് ഒഴുകാത്തതും എന്തുകൊണ്ടെന്ന് അവർക്കറിയില്ലായിരുന്നു. വസ്തുക്കൾ താഴെ വീഴുന്നത് ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണം മൂലമാണെന്ന് അക്കാലത്തെ ആളുകൾ മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നില്ല.



അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പ്രപഞ്ചം

അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ധാരണ സ്ഥിരമായി നില്ക്കുന്ന ഭൂമിക്കു ചുറ്റും വൃത്തപഥത്തിൽ സൂര്യനും ചന്ദ്രനും ഗ്രഹങ്ങളും നക്ഷത്രങ്ങളും സഞ്ചരിക്കുന്നു എന്നായിരുന്നു. ഭൂമിയാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ കേന്ദ്രമെന്നും അദ്ദേഹം

വാദിച്ചു. വൃത്തപഥസഞ്ചാരം പൂർണ്ണമാണെന്നും അരിസ്റ്റോട്ടിൽ കരുതി. അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ഭൗതികത്തിലെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട പരികല്പന നക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് ഒരു മാറ്റവും ഇല്ലെന്നുള്ളതായിരുന്നു. മണ്ണ്, ജലം, അഗ്നി, വായു എന്നീ നാല് ഭൂതങ്ങൾകൊണ്ട് നിർമ്മിതമായിരുന്നു അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ഭൂമി.

മണ്ണും ജലവും താഴേക്കു പതിക്കുമ്പോൾ അഗ്നിയും വായുവും മുകളിലേക്ക് ഉയരുന്നു. എന്നാൽ നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും താഴേക്കോ മുകളിലേക്കോ ചലിക്കാതെ ആകാശത്തിൽ കുറുകെ കറങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലെ ചതുർഭൂതങ്ങളിൽനിന്നും തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായിരുന്നു ആകാശവസ്തുക്കളെന്ന് അദ്ദേഹം ഉറച്ച് വിശ്വസിച്ചു. ആകാശവസ്തുക്കൾ അനശ്വരമായ ഈതർ (aether) എന്ന മൂലകംകൊണ്ട് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടതാണെന്ന് അരിസ്റ്റോട്ടിൽ കരുതി. അദ്ദേഹം പ്രപഞ്ചത്തെ രണ്ട് തട്ടുകളായി തിരിച്ചു. ചന്ദ്രന് താഴെയും മുകളിലുമായി. ചന്ദ്രന് മുകളിലുള്ള ലോകം അനശ്വരവും മാറ്റം ഇല്ലാത്തതും. ധൂമകേതുക്കൾ (comets) അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഒരു പ്രതിഭാസമാണെന്നും അത് പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നത് ഭൂമിയിൽ നാശം വിതയ്ക്കാനാണെന്നും അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. ഉൽക്കകളും (meteors) ചന്ദ്രന് താഴെയുള്ള അന്തരീക്ഷപ്രതിഭാസമായിട്ടാണ് അദ്ദേഹം കരുതിയത്.

ക്രിസ്തുമതപണ്ഡിതന്മാർക്ക് അനുയോജ്യമായിരുന്നു അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പ്രപഞ്ചം. അനശ്വരമായ സ്വർഗ്ഗം മുകളിലും നശ്വരമായ ഭൂമി താഴെയുമാണല്ലോ! അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പ്രപഞ്ചസിദ്ധാന്തങ്ങൾ ക്രിസ്തുമതം ആവേശപൂർവ്വം ഏറ്റെടുത്തു. ഏറ്റവും വലിയ ദാർശനികനായി അദ്ദേഹം വാഴ്ത്തപ്പെട്ടു. റോമൻകത്തോലിക്കാസഭയുടെ പ്രപഞ്ചവീക്ഷണത്തിൽ അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുത്തി. അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പ്രപഞ്ചവീക്ഷണങ്ങൾ അക്കാലത്ത് പുരോഗമനപരമായിരുന്നെങ്കിലും പിന്നീടത് ശാസ്ത്രപുരോഗതിക്ക് സൃഷ്ടിച്ച മാർഗ്ഗതടസ്സങ്ങൾ ചെറുതായിരുന്നില്ല. അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പ്രപഞ്ചസിദ്ധാന്തങ്ങൾ നൂറ്റാണ്ടുകളോളം ലോകത്തെ കബളിപ്പിക്കുകയും വഴിതെറ്റിക്കുകയുംചെയ്തു.

പുരാതന ഗ്രീക്കുചിന്തകന്മാരെല്ലാം ഭൂകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിൽ വിശ്വസിച്ചിരുന്നവരായിരുന്നില്ല. ഭൂകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിനെതിരെ ഒരു വിഭാഗം ഗ്രീക്ക് ചിന്തകന്മാർ സൂര്യകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിക്കുകയുണ്ടായി. ഇവരിൽ പ്രമുഖനായിരുന്നു കോപ്പർനിക്കസിന് 1700 വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പ് ജീവിച്ചിരുന്ന അരിസ്റ്റാർക്കസ് (Aristarchus) എന്ന ഗ്രീക്ക് ദാർശനികൻ. ഭൂമി സൂര്യനെയാണ് ചുറ്റുന്നതെന്ന് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു. സൂര്യകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അവതാരകനായിരുന്ന അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ പ്രപഞ്ചം വളരെ വിസ്തൃതമായിരുന്നു. ഭൂകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ കാഴ്ചപ്പാടിൽ ആകാശഗോളങ്ങൾ ചെറുതായിരുന്നു. ഈ രണ്ടു സിദ്ധാന്തങ്ങളും തമ്മിൽ ഏറ്റുമുട്ടുകയുണ്ടായി. ഭൂകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തക്കാരായ ഗ്രീക്ക് തത്ത്വചിന്തകനായ ഹെരാക്ലീറ്റസിനും (Heraclitus), റോമൻ തത്ത്വചിന്തകനായ ലുക്രിഷ്യസിനും (Lucritius) സൂര്യന് ഒരു പരിചയുടെ മാത്രം വലിപ്പമേ ഉണ്ടായിരുന്നുള്ളു. ക്രി. മു. 5-ാം ശതകത്തിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന അനാക്സാഗോറസ് (Anaxagoras)

സൂര്യൻ ഏതാണ്ട് ഗ്രീസിനോളംതന്നെ വലിപ്പം ഉള്ള ഒരു അഗ്നിഗോള മാണെന്ന് പഠിപ്പിച്ചതിന്റെ പേരിൽ നാടുകടത്തപ്പെട്ടു.

അരിസ്റ്റാർക്കസാണ് ലോകത്ത് ആദ്യമായി യുക്തിഭദ്രമായൊരു സൂര്യ കേന്ദ്രപ്രപഞ്ചമാതൃക അവതരിപ്പിച്ചത്. അദ്ദേഹം ജനിച്ചത് പൈഥഗോറ സിന്റെ ജന്മസ്ഥലമായ സമോസിലായിരുന്നു. മറ്റ് ഗ്രീക്ക് പണ്ഡിതന്മാരെ പ്പോലെതന്നെ അരിസ്റ്റാർക്കസും ജ്യാമിതിയിൽ അഗാധമായ പാണ്ഡിത്യം നേടി. ആകാശത്തിലൂടെ ഭൂമി ചലിക്കുക മാത്രമല്ല അത് സ്വന്തം അച്ചുതണ്ടി ന്മേൽ തിരിയുന്നുണ്ടെന്നും അതിന്റെ യഥാർത്ഥ ഭ്രമണത്തിന്റെ പ്രതി ഫലനം മാത്രമാണ് നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും ആകാശഗോളങ്ങളുടെയും ദൈനിക ഭ്രമണമെന്നും അരിസ്റ്റാർക്കസ് അവകാശപ്പെട്ടു. ചെറുപ്പത്തിൽതന്നെ അദ്ദേഹം ആകാശഗോളങ്ങളുടെ ചലനം സംബന്ധിച്ച ഒരു പുസ്തകം പ്രസിദ്ധീ കരിക്കുകയുണ്ടായി. ഭൂമിയിൽനിന്നും ചന്ദ്രനിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന്റെ പത്തൊൻപതിരട്ടി ദൂരെയാണ് സൂര്യനെന്നും സൂര്യൻ ചന്ദ്രന്റെ പത്തൊൻ പതിരട്ടി വലിപ്പമുള്ളതാണെന്നും അദ്ദേഹം ഈ പുസ്തകത്തിൽ എഴുതി. എന്നാൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ നിഗമനത്തിൽ അളവുപരമായി തെറ്റുണ്ടായി രുന്നു. യഥാർത്ഥത്തിൽ സൂര്യൻ ചന്ദ്രന്റെ നാനൂറ് മടങ്ങ് വലിപ്പമുള്ളതും ഭൂമിയിൽനിന്ന് സൂര്യനിലേക്കുള്ള അകലം ഭൂമിയിൽനിന്ന് ചന്ദ്രനിലേക്കുള്ള അകലത്തിന്റെ നാനൂറ് ഇരട്ടിയുമാണെന്ന് ഇന്ന് നമുക്കറിയാം. സൂര്യന്റെ വലിപ്പവും ദൂരവും കണക്കുകൂട്ടുന്നതിന് അരിസ്റ്റാർക്കസ് ഉപയോഗിച്ച രീതി അന്ന് വിപ്ലവകരമായൊരു മാർഗ്ഗമായിരുന്നു. സൂര്യൻ ഭൂമിയെക്കാൾ വലുതാണെങ്കിൽ അത് ഭൂമിയെ ചുറ്റുന്ന പ്രശ്നമില്ലെന്ന് അദ്ദേഹം അഭിപ്രായ പ്പെട്ടു. അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ഭൂകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തം തെറ്റാണെന്നതിന് അദ്ദേഹം തെളിവുകൾ നിരത്തി. അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ ദൂരനിർണ്ണയത്തിൽ അപാകത കളുണ്ടായിരുന്നെങ്കിലും നക്ഷത്രങ്ങൾ അതിവിദൂരമാണെന്ന വസ്തുതകളി ലേക്ക് അത് വിരൽ ചൂണ്ടി. പിന്നീട് നാലു നൂറ്റാണ്ടുകൾക്കു ശേഷം അവത രിപ്പിക്കപ്പെട്ട ടോളമിയുടെ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധ ത്തെക്കാൾ ഒരു ലക്ഷം ഇരട്ടി വലിപ്പം ഉള്ളതായിരുന്നു അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ സൂര്യകേന്ദ്ര പ്രപഞ്ചത്തിന്റേത്. അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളടങ്ങിയ പുസ്തകം എങ്ങനെയോ നഷ്ടപ്പെട്ടുപോയി. പ്രസിദ്ധ ഗ്രീക്ക് ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ആർക്കിമി ഡീസ് (Archimides) ക്രി. മു. 212-ൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ച 'മണലെണ്ണി' (The Sand Reckoner)എന്ന പ്രശസ്ത പുസ്തകത്തിൽനിന്നാണ് അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ പ്രപഞ്ചമാതൃക നമുക്ക് ലഭിച്ചത്.

അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ലോകത്തിന്റെ ശ്രദ്ധയിൽ കൊണ്ടുവന്നത് ആർക്കിമിഡീസായിരുന്നു. ആർക്കിമിഡീസ് ക്രി. മു. 287-ൽ സിറാക്യൂസിലെ സിസിലിയിൽ ജനിച്ചു. അദ്ദേഹം തത്ത്വചിന്തകനും ഭൗതിക ജ്ഞനും ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനുമായിരുന്നു. നമ്മൾ ഹൈസ്കൂൾ ക്ലാസ്സുകളിൽ പഠിക്കുന്ന ആർക്കിമിഡീസ് തത്ത്വം അദ്ദേഹത്തിന്റെ സംഭാവനയാണ്. മഹാനായ ഈ ഗ്രീക്ക്പണ്ഡിതൻ ക്രി. മു. 212-ൽ റോമൻ സൈന്യത്താൽ കൊല്ലപ്പെട്ടു.

പ്രപഞ്ചം മുഴുവൻ ഒരു വലിയ സ്ഫടികഗോളത്തിനുള്ളിൽ അടങ്ങി

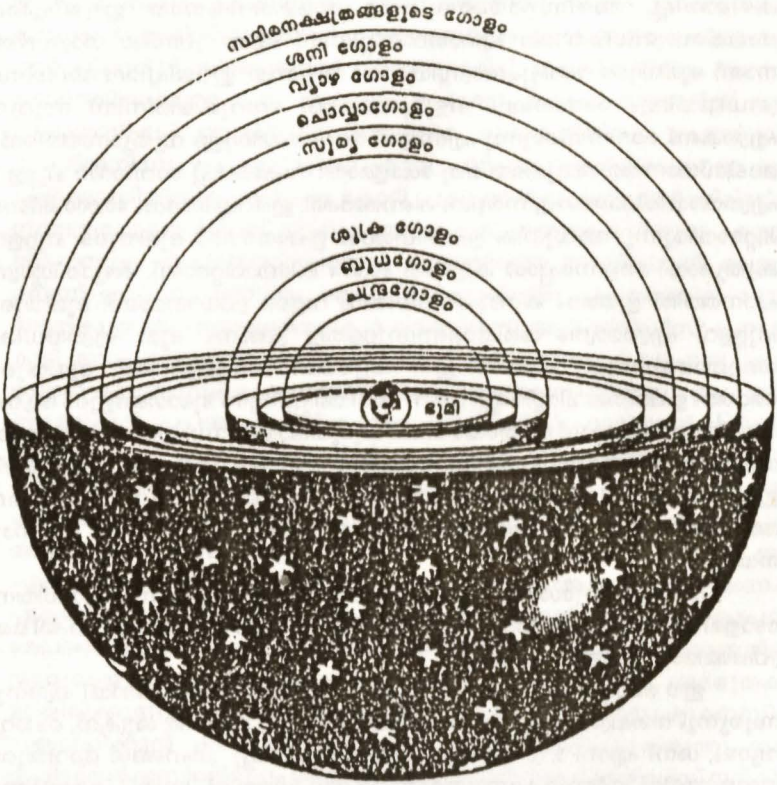
യിരിക്കുകയാണെന്നും അതിന്റെ മുകൾപരപ്പിൽ നക്ഷത്രങ്ങളെ പിടിപ്പിച്ചിരിക്കുകയാണെന്നുമായിരുന്നു അക്കാലത്തെ വിശ്വാസം. ഈ കാഴ്ചപ്പാടായിരുന്നു അരിസ്റ്റാർക്കസിനും ഉണ്ടായിരുന്നത്. അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ മാതൃകയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഗോളങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരം ആർക്കിമിഡീസ് തിട്ടപ്പെടുത്തി. അതനുസരിച്ച് ഭൂമിയിൽനിന്നും നക്ഷത്രഗോളത്തിലേക്കുള്ള ദൂരം ഏതാണ്ട് 10 ലക്ഷം കോടി കിലോമീറ്റർ (ഒരു പ്രകാശവർഷം) ആയിരുന്നു. ആധുനിക ദൂരദർശിനികൾ ഉപയോഗിച്ച് ഭൂമിയിൽനിന്നും പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഏറ്റവും വിദൂരവസ്തുക്കളിലേക്കുള്ള ദൂരം കണക്കാക്കിയിരിക്കുന്നത് 1500 കോടി പ്രകാശവർഷമാണ്. ആർക്കിമിഡീസ് നക്ഷത്രഗോളത്തിലേക്ക് തിട്ടപ്പെടുത്തിയ ദൂരം നമ്മുടെ ഭൂമിയുടെ ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള നക്ഷത്രത്തിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന്റെ നാലിലൊന്ന് മാത്രമാണെന്ന് ഇന്ന് നമുക്കറിയാം. അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ പ്രപഞ്ചത്തിൽ മണ്ണിട്ട് നിറയ്ക്കുവാൻ എത്ര മൺതരികൾ വേണമെന്ന് ആർക്കിമിഡീസ് കണക്കുകൂട്ടി. അദ്ദേഹത്തിന്റെ കണക്കനുസരിച്ച് 10^{63} (ഒന്നിനോട് 63 പൂജ്യം കൂട്ടുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന സംഖ്യ) മണൽത്തരികൾ വേണമെന്നായിരുന്നു. ആധുനിക അമേരിക്കൻ പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രജ്ഞനായ എഡ്വേർഡ് ഹാരിസൺ (Edward Harrison) 10^{63} മണൽത്തരികൾക്ക് തുല്യമാണ് 10^{80} അണുകേന്ദ്രങ്ങളെന്ന് കണക്കാക്കിയിരിക്കുന്നു. 1930-ൽ പ്രശസ്ത ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികജ്ഞനായ എഡിങ്ടൺ പ്രപഞ്ചത്തിലാകെയുള്ള ദ്രവ്യത്തിന്റെ അളവ് 10^{80} അണുകേന്ദ്രങ്ങൾക്ക് തുല്യമാണെന്ന് കണക്കുകൂട്ടുകയുണ്ടായി. ഇത് 'എഡിങ്ടൺ നമ്പർ' എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഏറ്റവും ആധുനികമായ കണക്ക് ഏകദേശം 10^{80} കണങ്ങൾ നമുക്ക് നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയുന്ന പ്രപഞ്ചമേഖലയിലുണ്ടെന്നാണ്. ആർക്കിമിഡീസിന്റെയും ആധുനിക ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെയും ഈ കണക്കുകൾ തമ്മിലുള്ള പൊരുത്തം അദ്ഭുതകരമായിരിക്കുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ച് അക്കാലത്ത് മനുഷ്യമനസ്സിന് സങ്കല്പിക്കാൻ കഴിയുന്നതിനെക്കാൾ വലിയ വലിപ്പമായിരുന്നു ഇത്. അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ പ്രപഞ്ചമാതൃകയും അതിന് ആർക്കിമിഡീസ് നല്കിയ വ്യാഖ്യാനവും അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടിരുന്നെങ്കിൽ 2300 വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പുതന്നെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിലൊരു വിപ്ലവം നടക്കുമായിരുന്നു. നമുക്ക് കോപ്പർനിക്കസിനെ കാത്തിരിക്കേണ്ട ആവശ്യം ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രം മിഥ്യാധാരണകളിൽനിന്നും മോചിക്കപ്പെടുമായിരുന്നു. അക്കാലത്തെ ഭരണാധികാരികളും മതപുരോഹിതന്മാരും അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെയും ആർക്കിമിഡീസിന്റെയും പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനത്തെ എതിർത്ത് പരാജയപ്പെടുത്തി. അരിസ്റ്റാർക്കസിനുശേഷം ഒരു നൂറ്റാണ്ട് കഴിഞ്ഞപ്പോൾ ബാബിലോണിയയിലെ സെലിയൂക്കസ് (Seleucus) അദ്ദേഹത്തിന്റെ സൂര്യകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തം പ്രചരിപ്പിച്ചെങ്കിലും അതിനും അംഗീകാരം ലഭിച്ചില്ല. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിലെ ദുരന്തങ്ങളിലൊന്നായിരുന്നു അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ സൂര്യകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തം പുറന്തള്ളപ്പെട്ടത്. കോപ്പർനിക്കസ് സൂര്യകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിക്കുന്നതുവരെ അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ പ്രപഞ്ചമാതൃക വിസ്മൃതിയിലാണ്ടുകിടന്നു.

ഭൂമി ഒരു ബൃഹദ്ഗോളത്തിന്റെ ആകൃതിയിലാണെന്ന് ഗ്രീക്കുകാർക്ക് മനസ്സിലായെങ്കിലും അതിന്റെ വലിപ്പം അളക്കാൻ അവർക്ക് ആദ്യകാലത്ത് കഴിഞ്ഞില്ല. അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ സമകാലീനനായ ഈജിപ്തിലെ അലക്സാണ്ഡ്രിയയിലെ എറാത്തോസ്തനീസ് എന്ന പ്രസിദ്ധ ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് ഭൂമിയുടെ വലിപ്പം ശാസ്ത്രീയമായി അളന്നത്. ഈജിപ്തിലെ അലക്സാണ്ഡ്രിയയിലും സൈനിലും നട്ടുച്ചസമയത്ത് നെറുകയിൽനിന്ന് സൂര്യൻ എത്രകണ്ട് മാറിനില്ക്കുന്നു എന്നളന്ന് അവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമിയെ ഒരു ഗോളമായി സങ്കല്പിച്ച് അതിന്റെ ചുറ്റളവ് എത്രയായിരിക്കണം എന്നദ്ദേഹം കണക്കാക്കി. ഇത് ഏകദേശം 40,000 കിലോമീറ്ററായിരുന്നു. ആധുനിക ഉപഗ്രഹങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ഭൂമിയുടെ ചുറ്റളവ് കൃത്യമായി അളന്നപ്പോൾ കിട്ടിയത് 40,074 കിലോമീറ്ററാണ്. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര പഠനത്തിൽ ഇത്തരം കണ്ടുപിടിത്തങ്ങൾ വളരെ പ്രധാനമാണ്. ഭൂമിയുടെ ചുറ്റളവ് എത്രമാത്രം ശരിയാണെന്നുള്ളതല്ല പ്രശ്നം. ഭൂമി എത്രയധികം വലുതാണെന്നുള്ള ധാരണ ഇത് വളർത്തിയെന്നുള്ളതാണ്. ഭൂമിയുടെ മൊത്തം ഉപരിതലവിസ്തീർണ്ണം അന്ന് അറിയപ്പെട്ടിരുന്ന ഭൂഭാഗങ്ങളുടെ ആകെ വിസ്തീർണ്ണത്തെക്കാൾ എത്രയോ മടങ്ങ് കൂടുതലായിരുന്നു! ഇത് ശരിയാണോ? ആണെങ്കിൽ അറിയപ്പെട്ടിരുന്ന അതിർത്തികൾക്കപ്പുറം എന്താണു ള്ളത്? ഈ വഴിക്ക് ജിജ്ഞാസ പടർന്നു. ഈ ജിജ്ഞാസയാണ് ഭൂമിയിലെ അറിയപ്പെടാത്ത പ്രദേശങ്ങൾ കണ്ടെത്തുന്നതിന് മനുഷ്യനെ മുന്നോട്ട് നയിച്ചത്.

ക്രിസ്തുവിനുശേഷം രണ്ടാംശതകത്തിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന ക്ലോഡിയസ് ടോളമി അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ഭൂകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഒരു പ്രപഞ്ചമാതൃക അവതരിപ്പിച്ചു.

ഈ മാതൃകയിൽ ഭൂമി നടുവിലും ചുറ്റും 8 ഗോളങ്ങളിലായി ചന്ദ്രനും സൂര്യനും നക്ഷത്രങ്ങളും അന്ന് അറിയപ്പെട്ടിരുന്ന ബുധൻ, ശുക്രൻ, ചൊവ്വ, വ്യാഴം, ശനി എന്നീ 5 ഗ്രഹങ്ങളും സ്ഥാനം പിടിച്ചു. ഗ്രഹങ്ങൾ അവയുടെ ഗോളങ്ങളിൽ നിന്നുകൊണ്ടുതന്നെ വൃത്തപഥത്തിൽ സ്വയം കറങ്ങുന്നു. ഏറ്റവും പുറത്തുള്ള ഗോളത്തിലാണ് നക്ഷത്രങ്ങൾ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. അവ ഭൂമിയെ സംബന്ധിച്ച് സ്ഥിരമാണ്. അത് ഓരോന്നിനും ആപേക്ഷികമായി സ്ഥിരമായി നില്ക്കുമ്പോൾതന്നെ അത് ഒന്നിച്ച് കറങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. 8-ാമത്തെ ഗോളത്തിനപ്പുറത്തെ ലോകത്തെക്കുറിച്ച് ടോളമി ഒന്നും പറയുന്നില്ല. സമ്പൂർണ്ണമായ ജ്യാമിതീയരൂപം ഗോളമായതുകൊണ്ട് പ്രപഞ്ചം ഗോളരൂപത്തിലായിരിക്കുമെന്ന് ടോളമി ഉറച്ച് വിശ്വസിച്ചു.

ടോളമി ആവിഷ്കരിച്ച പ്രപഞ്ചമാതൃക അക്കാലത്തെ ഏറ്റവും പരിഷ്കൃതമായിരുന്നു. ടോളമിക്ക് ആകാശത്തിലെ ഈ വസ്തുക്കളുടെ ഏകസമാനമല്ലാത്ത ദൃശ്യചലനങ്ങൾ മാത്രമല്ല, ഗ്രഹങ്ങളുടെ പഞ്ചഗതികചലനത്തെയും വിശദീകരിക്കാൻ സാധിച്ചു. സൂര്യൻ, ചന്ദ്രൻ, ഗ്രഹങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ആകാശപഥങ്ങളെ വളരെ കൃത്യമായി നിർണ്ണയിക്കാനും അദ്ദേഹത്തിന് കഴിഞ്ഞു. സൂര്യനിലേക്കും ചന്ദ്രനിലേക്കുമുള്ള ദൂരങ്ങൾ ടോളമി ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തിന്റെ തോതിൽ കണക്കാക്കി. ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തിന്റെ



സ്ഥിരനക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഗോളം

020,000 മടങ്ങാണ് പ്രപഞ്ചത്തിനേറതെന്ന് ടോളമി കണക്കാക്കി. ഇത് ഏകദേശം 8കോടി കിലോമീറ്ററാണ്. ടോളമിയുടെ ഭൂകേന്ദ്രപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വലിപ്പം ഇന്ന് നാം അളന്ന് തിട്ടപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള പ്രപഞ്ചവലിപ്പത്തെക്കാൾ വളരെ ചെറുതായിരുന്നു.

ടോളമിയുടെ ഏറ്റവും പ്രസിദ്ധമായ കൃതിയാണ് 'ആൽമജെസ്റ്റ്' (Almagest). ആൽമജെസ്റ്റ് എന്ന പദത്തിന്റെ അർത്ഥം ഏറ്റവും മഹത്തായത് എന്നാണ്. ഈ പുസ്തകത്തിലാണ് അദ്ദേഹം ഭൂകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിച്ചത്. ടോളമിയുടെ പ്രപഞ്ചമാതൃക ദീർഘകാലം ലോകത്തെ സ്വാധീനിച്ചു. ഈ സ്വാധീനത്തിന് കാരണം ഈ കാലഘട്ടത്തിലെ ശാസ്ത്രത്തിന്റെ താണ നിലവാരം മാത്രമായിരുന്നില്ല. ഭൂകേന്ദ്രമായ ഒരു പ്രപഞ്ചമായിരുന്നു മത ചിന്തയ്ക്ക് ഏറ്റവും അനുയോജ്യം. മനുഷ്യൻ ദൈവപുത്രനായതുകൊണ്ട്

അവന്റെ വാസസ്ഥലമായ ഭൂമിക്ക് കേന്ദ്രസ്ഥാനം ഉണ്ടെന്നായിരുന്നു വിശ്വാസം. എട്ടാമത്തെ ഗോളമായ നക്ഷത്രഗോളത്തിനപ്പുറം നരകത്തിനും സ്വർഗ്ഗത്തിനും ധാരാളം സ്ഥലം ഉണ്ടായിരുന്നു. അതുകൊണ്ടായിരുന്നു ക്രിസ്തുമതം ടോളമിയുടെ പ്രപഞ്ചത്തെ യഥാർത്ഥപ്രപഞ്ചമായി അംഗീകരിച്ചത്. നവോത്ഥാനകാലഘട്ടമായപ്പോഴേക്കും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രം വികസിക്കാൻ തുടങ്ങി. അതോടെ ടോളമിയുടെ സിദ്ധാന്തം നിരീക്ഷണവുമായി പൊരുത്തപ്പെടാതെയായി. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അത് ഉപേക്ഷിക്കാൻ നിർബന്ധിതമായി.

റോമാസാമ്രാജ്യത്തിന്റെ കാലഘട്ടത്തിൽ പൊതുവെ ശാസ്ത്രത്തിന് പുരോഗതി ഉണ്ടായില്ല. ക്രി. പി. 400-ൽ ആരംഭിച്ച് 1000 വർഷക്കാലം യൂറോപ്പിൽ നീണ്ടുനിന്ന ഇരുണ്ട യുഗത്തിൽ ശാസ്ത്രത്തിന് പിന്നോട്ടടി ഉണ്ടായി. ഈ കാലഘട്ടത്തിൽ മതം കൊടികുത്തി വാണു. പാപം, പുണ്യം, നരകം, സ്വർഗ്ഗം തുടങ്ങിയ സങ്കല്പങ്ങൾക്കായിരുന്നു പ്രാമുഖ്യം. തോമസ് അക്വിനാസിനെപ്പോലുള്ള മതപണ്ഡിതന്മാർ ബൈബിൾ വചനങ്ങൾ ദൈവവചനങ്ങളായി ചിത്രീകരിക്കുകയും അത് മനുഷ്യന്റെ യുക്തിചിന്തയെക്കാൾ വിജ്ഞാനപ്രദമാണെന്ന് പ്രചരിപ്പിക്കുകയുംചെയ്തു.

ശാസ്ത്രത്തിന്റെയും ദർശനത്തിന്റെയും ജ്ഞാനസ്രോതസ്സുകളായിരുന്ന പുരാതന വൈജ്ഞാനികകേന്ദ്രങ്ങൾ നശിപ്പിക്കപ്പെട്ടു. ക്രി. പി. 529-ൽ പ്ലേറ്റോയുടെ അക്കാഡമി ജസ്റ്റിനീയൻ (Justinian) ചക്രവർത്തി അടച്ചുപൂട്ടി. ക്രി.പി. 391-ൽ ക്രിസ്ത്യൻ മതഭ്രാന്തന്മാർ അലക്സാണ്ട്രിയയിലെ മ്യൂസിയത്തിലുണ്ടായിരുന്ന അമൂല്യഗ്രന്ഥശേഖരങ്ങൾ കത്തിച്ചുകളഞ്ഞു. അലക്സാണ്ട്രിയയിലെയും റോമിലെയും പണ്ഡിതന്മാർ മറ്റ് രാജ്യങ്ങളിലേക്കു പലായനം ചെയ്തു. വിജ്ഞാനവിരോധപരമായിരുന്നു യൂറോപ്പിലെ ഈ അന്ധകാരയുഗം. ഈ കാലഘട്ടത്തിൽ ശാസ്ത്രവിജ്ഞാനത്തിന്റെ കൈത്തിരി കെട്ടടങ്ങാതെ കാത്തുസൂക്ഷിച്ചത് ചൈനക്കാരും ഭാരതീയരും അറബികളുമായിരുന്നു.

യൂറോപ്പിലാകെ പടർന്ന് പരന്ന ഇരുട്ടിന്റെ കാലഘട്ടത്തിൽ ഭാരതത്തിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരായിരുന്നു ആര്യഭടനും വരാഹമിഹിരനും ഭാസ്കരനും ബ്രഹ്മഗുപ്തനും. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ദീപശിഖ ഉയർത്തിപ്പിടിച്ച് ലോകത്തിനാകെ ജ്യോതിഷ്പ്രകാശം ചൊരിഞ്ഞ അവർ ഗണിതശാസ്ത്രപ്രതിഭകൾകൂടിയായിരുന്നു. ആര്യഭടീയത്തിൽ സംഖ്യയ്ക്കു പകരം അക്ഷരങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് എഴുതുന്ന രീതിയും സമവാക്യങ്ങൾ നിർദ്ധാരണം ചെയ്യുന്ന മാർഗ്ഗങ്ങളും വിവരിക്കുന്നു. ആര്യഭടീയത്തിന്റെ കാലം ക്രി. പി. 500 ആണെന്ന് ചരിത്രകാരന്മാർ അവകാശപ്പെടുന്നു. അക്കാലത്ത് വാനനിരീക്ഷണത്തിന് ഉപയോഗിച്ചിരുന്ന ചില ഉപകരണങ്ങളെപ്പറ്റിയുള്ള വിവരണം അടങ്ങിയ ആര്യഭടന്റെ 34 ശ്ലോകങ്ങൾ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രചരിത്രഗവേഷകർ ഇന്ന് കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിൽ ആര്യഭടൻ എഴുതിയ ഗവേഷണഗ്രന്ഥങ്ങൾ നഷ്ടപ്പെട്ടുപോയി. ആര്യഭടീയം ഉൾപ്പെടെയുള്ള ഗ്രന്ഥങ്ങളെക്കുറിച്ച് നമ്മൾ മനസ്സിലാക്കുന്നത് മറ്റുള്ളവരുടെ കൃതികളിൽനിന്നാണ്. ഭൂമി തന്റെ അച്ചുതണ്ടിൽ തിരിയുന്നതുകൊണ്ടാണ്

രാപകലുകൾ ഉണ്ടാകുന്നതെന്നും അല്ലാതെ സൂര്യൻ ഭൂമിക്കു ചുറ്റും സഞ്ചരിക്കുന്നതുകൊണ്ടല്ല എന്നും ആര്യഭടൻ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. സൂര്യനും ചന്ദ്രനും മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളും പടിഞ്ഞാറുനിന്ന് കിഴക്കോട്ട് സഞ്ചരിക്കുന്നതായും നക്ഷത്രഗോളങ്ങൾ കിഴക്കുനിന്ന് പടിഞ്ഞാറോട്ട് സഞ്ചരിക്കുന്നതായും അദ്ദേഹം സങ്കല്പിച്ചു.

ഭാരതീയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന് മഹത്തായ സംഭാവനകൾ നല്കിയ മറ്റൊരു പ്രമുഖ ജ്യോതിഷിയായിരുന്നു ക്രി. പി. 600-ൽ ജീവിച്ചിരുന്ന വരാഹമിഹിരൻ. പേർഷ്യൻ കൃതികളിൽനിന്നാണ് വരാഹമിഹിരനെക്കുറിച്ച് നമ്മൾ അറിയുന്നത്. അന്നുവരെയുള്ള ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തങ്ങളെ ക്രോഡീകരിച്ച് പഞ്ചസിദ്ധാന്തിക എന്ന ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രഗ്രന്ഥം വരാഹമിഹിരൻ എഴുതി. സൂര്യസിദ്ധാന്തം, പൈതാമഹസിദ്ധാന്തം, രോമകസിദ്ധാന്തം, പൗലിശസിദ്ധാന്തം, വസിഷ്ഠസിദ്ധാന്തം എന്നീ അഞ്ച് പുരാതന ഭാരതീയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തങ്ങളാണ് ഈ ഗ്രന്ഥത്തിന്റെ ഉള്ളടക്കം. നമ്മെ അമ്പരപ്പിക്കുന്ന പല വെളിപ്പെടുത്തലുകളും ഈ ഗ്രന്ഥത്തിലുണ്ട്. വസിഷ്ഠനും പൗലിശനും ഗൃഹസ്ഥാനനിർണ്ണയം നടത്തിയത് ഗുരുത്വാകർഷണനിയമത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയായിരുന്നു. 16-ാം ശതകത്തിൽ കെപ്ലർ നിയമം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ആയിരം വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പുതന്നെ ഈ നിയമങ്ങൾ പഞ്ചസിദ്ധാന്തികയിൽ ഉപയോഗിച്ചതായി കാണുന്നത് അദ്ഭുതകരമായിരിക്കുന്നു. വരാഹമിഹിരന്റെ ഏറ്റവും വലിയ സംഭാവന 43,20,000 വർഷം ദൈർഘ്യമുള്ള കാലചക്രത്തെ (മഹായുഗത്തെ)ക്കുറിച്ചുള്ള സങ്കല്പമായിരുന്നു. വരാഹമിഹിരന്റെ പ്രപഞ്ചം അതിവിസ്മൃതമായിരുന്നു എന്നാണ് വസ്തുതകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഏഴാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന മറ്റ് രണ്ട് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരാണ് ഭാസ്കരനും ബ്രഹ്മഗുപ്തനും. ഭാസ്കരൻ ഗ്രഹങ്ങളെയും നക്ഷത്രങ്ങളെയുംകുറിച്ച് ഗഹനമായ പഠനങ്ങൾ നടത്തി. ബ്രഹ്മഗുപ്തൻ ത്രികോണമിതി ഉപയോഗിച്ച് ആകാശപഠനം നടത്തിയെന്നതിന് തെളിവുകളുണ്ട്. പുരാതന ഭാരതീയരുടെ കാലസങ്കല്പത്തിനും പ്രപഞ്ചവലിപ്പത്തിനും ആധുനിക പ്രപഞ്ചമാതൃകയുമായി അതിശയകരമായ പൊരുത്തം കാണുന്നു. ഭാരതീയ കാലസങ്കല്പമനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചചക്രം വളരെ നീണ്ടതാണ്. സൃഷ്ടിമുതൽ നാശംവരെ. ഈ കാലയളവിനെ കല്പം (Kalpa) അല്ലെങ്കിൽ ബ്രഹ്മദിനം (പകൽ) എന്ന് പറയുന്നു. ആയിരം മഹായുഗങ്ങൾ ചേർന്നതാണ് ഒരു കല്പം. ഇതിന്റെ ദൈർഘ്യം 432 കോടി വർഷമാണ്. ബ്രഹ്മവർഷം, ബ്രഹ്മായുസ്സ് തുടങ്ങിയ ഇതിലും വലിയ കാലയളവുകൾ ഭാരതീയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രഗ്രന്ഥങ്ങളിലും പുരാണങ്ങളിലുമുണ്ട്.

ഗാർഗ്യയനന്റെ പ്രണവവാദത്തിൽ അവകാശപ്പെടുന്ന പ്രപഞ്ചവലിപ്പം ആധുനിക കാഴ്ചപ്പാടുമായി യോജിക്കുന്നതുമാണ്. സൂര്യനും ഏഴ് ഗ്രഹങ്ങളും ചേർന്ന് ബ്രഹ്മാണ്ഡം, ഏഴ് ബ്രഹ്മാണ്ഡങ്ങൾ ചേർന്ന് ജഗത്, ആയിരം ജഗത് ചേർന്ന് വിശ്വം, ഒന്നരക്കോടി വിശ്വം ചേർന്ന് മഹാവിശ്വം, ഇരുപതുലക്ഷം കോടി മഹാവിശ്വം ചേർന്ന് ലോകം, കോടികോടി ലോകം ചേർന്ന് മഹാലോകം, പത്തുകോടി കോടി മഹാലോകം ചേർന്ന് പ്രപഞ്ചം.

അങ്ങനെ ഗാർഗ്യയനന്റെ പ്രപഞ്ചം കോടിക്കണക്കിന് ഗാലക്സികൾ ചേർന്നതാണ്. ഗാലക്സികളിൽ കോടിക്കണക്കിനു നക്ഷത്രങ്ങളും. നിരീക്ഷണതെളിവുകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ളതല്ല ഗാർഗ്യയനന്റെ പ്രപഞ്ചം. ഇത് ഭാവനയിൽനിന്നും രൂപംകൊണ്ടതാണ്. എന്നാൽ ആധുനിക പ്രപഞ്ചചിത്രം നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും സൈദ്ധാന്തികപ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിന്റെ മുന്നേറ്റത്തിന്റെയും ഫലമായി രൂപപ്പെട്ടതാണ്. പുരാതന ഭാരതീയ ഋഷികളുടെയും ഇതിഹാസകർത്താക്കളുടെയും ഉജ്ജ്വലമായ സങ്കല്പങ്ങളെയും ഭാവനകളെയും ശാസ്ത്രസത്യങ്ങളായി വ്യാഖ്യാനിക്കുന്ന രീതി ചില പണ്ഡിതന്മാർ ഇന്ന് സ്വീകരിക്കുന്നുണ്ട്. ഇത്തരം വ്യാഖ്യാനങ്ങൾ ആധുനിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ നേട്ടങ്ങളെ നിഷേധിക്കലാണ്. ആധുനിക ശാസ്ത്രത്തോട് കാട്ടുന്ന അനീതിയാണിത്.

ഖാലിഫാമാരുടെ കാലത്ത് ബാഗ്ദാദ്, ബഡ്രാ, കൂഫാ എന്നീ നഗരങ്ങൾ ശാസ്ത്രത്തിന്റെയും കലയുടെയും വിജ്ഞാനകേന്ദ്രങ്ങളായിരുന്നു. പേഴ്സ്യ, ഇന്ത്യ, കോൺസ്റ്റാൻറിനോപ്പിൾ എന്നിവിടങ്ങളിൽനിന്നും അറിവിന്റെ ഉറവകൾ ഇവിടേക്കൊഴുകി. ഭാരതീയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തങ്ങൾ അറബിഭാഷയിലേക്കു വിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെട്ടു. ഭാരതീയ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അവിടേക്ക് ക്ഷണിക്കപ്പെട്ടു. പടിഞ്ഞാറൻ രാജ്യങ്ങളിൽ വിസ്മരിക്കപ്പെട്ടുകിടന്നിരുന്ന ഗ്രീക്ക് ദർശനവുമായും ശാസ്ത്രവുമായും ഇസ്ലാമികപണ്ഡിതന്മാർ ബന്ധപ്പെട്ടു. ടോളമിയുടെ ഗ്രന്ഥങ്ങളും അറബിയിലേക്ക് വിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുകയുണ്ടായി. പാശ്ചാത്യവും പൗരസ്ത്യവുമായ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തങ്ങളെ സംയോജിപ്പിച്ച് അവർ അറബി ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന് രൂപം നല്കി. ക്രി. പി. 9-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന അൽഫർഘാനി (Al-Farghani) സൗരയൂഥത്തിലെ ഗ്രഹചലനങ്ങൾ സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണത്തിന് വിധേയമാക്കി. അദ്ദേഹം ടോളമിയുടെ പ്രപഞ്ചവ്യാപ്തം കണക്കുകൂട്ടി. ഏറ്റവും പുറത്തുള്ള ഗ്രഹമായ ശനിയിലേക്കുള്ള ദൂരം 12.8 കോടി കിലോമീറ്ററാണെന്ന് ഫർഘാനി തിട്ടപ്പെടുത്തി. ഈ ദൂരത്തിന്റെ 10 ഇരട്ടിയാണ് ആധുനികമായി കണക്കാക്കിയിട്ടുള്ള ദൂരം. മറ്റൊരു പ്രശസ്ത അറബി ജ്യോതിഷിയായിരുന്ന അൽസുഫി (Al-Sufi) ക്രി. പി. 963-ൽ 'സ്ഥിരനക്ഷത്രങ്ങളുടെ പുസ്തകം' (Book of the Fixed Stars) എന്ന പുസ്തകം എഴുതി. ഈ പുസ്തകത്തിൽ നിഹാരികകളെ(Nebulea)പ്പറ്റി സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. ക്രി. പി. 10-ാം നൂറ്റാണ്ടിന് ശേഷം ഭാരതീയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിനും അറബി ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിനും പറയത്തക്ക പുരോഗതി ഒന്നും ഉണ്ടായില്ല.

യൂറോപ്പിലെ ഇരുണ്ട യുഗത്തിന്റെ കരിനിഴൽ ലോകത്ത് എല്ലാ രാജ്യത്തും പടർന്നു. ശാസ്ത്രപുരോഗതി എല്ലായിടത്തും പിന്നോട്ടടിക്കപ്പെട്ടു. നാടുവാഴിത്തം കൊടികുത്തി വാണു. കത്തോലിക്കപ്പള്ളിയുടെയും മറ്റ് മതങ്ങളുടെയും അധീശത്വത്തിന്റെ കാലമായിരുന്നു അത്. ബൗദ്ധികമായ പുരോഗതിക്ക് യാതൊരു സാധ്യതയും ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. അക്കാലത്തെ മുഖ്യപഠനവിഷയം ദൈവശാസ്ത്രമായിരുന്നു. അതുതന്നെയും അശാസ്ത്രീയമായ രീതിയിലായിരുന്നു പഠിപ്പിച്ചത്. സ്വതന്ത്രചിന്തയും ശാസ്ത്രീയവിമർശനവും നിരുത്സാഹപ്പെടുത്തപ്പെട്ടു. ശാസ്ത്രസത്യങ്ങൾ പ്രചരിപ്പിക്കാൻ ശ്രമിച്ച

ചിന്തകന്മാരെ ദുർമന്ത്രവാദികളെന്ന് മുദ്രകുത്തി പീഡിപ്പിക്കുകയോ, പരസ്യമായി ചുട്ടുകരിക്കുകയോ ചെയ്തു. ആംഗല പുരോഹിതനായ റോജർ ബേക്കൻ (ക്രി. പി. 1214-1294) വളരെ പുരോഗമനപരമായ ചിന്താഗതിയുള്ള ഒരു ശാസ്ത്രജ്ഞനും ദാർശനികനുമായിരുന്നു. അദ്ദേഹമായിരുന്നു ദൂരദർശിനിക്കുള്ള ലെൻസ് ആദ്യമായി ഉരച്ച് ഉണ്ടാക്കിയത്. ഭൂമിയിൽനിന്നും ചന്ദ്രനിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന്റെ 500 മടങ്ങാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വ്യാസമെന്ന് അദ്ദേഹം കണക്കാക്കി. എന്നാൽ ബേക്കനെ പള്ളിമേധാവികൾ വെറുതെ വിട്ടില്ല. നിരവധി പ്രാവശ്യം അദ്ദേഹത്തെ അവർ കൽത്തുറുങ്കിലടച്ചു. മതമേധാവികളുടെ പ്രപഞ്ചവീക്ഷണം സങ്കുചിതവും മതാന്ധപരവുമായിരുന്നു. മാലാഖമാരാണ് ഗ്രഹങ്ങളെ ഭൂമിക്ക് ചുറ്റും ചലിപ്പിക്കുന്നതെന്ന് അവർ അനുയായികളെ പഠിപ്പിച്ചു. ആകാശത്തിനു പിന്നിലെ അനശ്വരവും അനന്തവുമായ സ്വർഗ്ഗരാജ്യം പ്രാപിക്കുവാൻ മരണാനന്തരമേ സാധ്യമാകൂ എന്ന് അവർ ജനങ്ങളെ പറഞ്ഞ് വിശ്വസിപ്പിച്ചു. അവർതന്നെ മനുഷ്യന് സ്വർഗ്ഗവും നരകവും പണിതുയർത്തി. അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെയും ടോളമിയുടെയും പ്രപഞ്ചസിദ്ധാന്തങ്ങളാണ് അവർക്ക് പിൻബലം നല്കിയത്.

സൂര്യാരാധകരുടെ ലോകം

പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിന്റെ പുനർജന്മം 15-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ മദ്ധ്യത്തിൽ ആരംഭിച്ച നവോത്ഥാനകാലത്തായിരുന്നു. അജ്ഞാതമായ ഭൂവിഭാഗങ്ങൾ കണ്ടെത്താൻ വേണ്ടി ഈ കാലത്ത് നടന്ന ധീരവും സാഹസികവുമായ സമുദ്രയാത്രകൾ പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനത്തിന്റെ വളർച്ചയ്ക്കും വികാസത്തിനും ഇടയാക്കി. ഭൂമിയിലെ അറിയപ്പെടാത്ത സ്ഥലങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനു വേണ്ടി മഹാസമുദ്രങ്ങൾ താണ്ടി യാത്ര നടത്തിയ ആദ്യത്തെ യൂറോപ്യൻ സഞ്ചാരി വെനീസുകാരനായ മാർക്കോപോളോ (Marco Polo — ക്രി.പി. 1254-1324) ആയിരുന്നു. അച്ഛനോടും അമ്മാവനോടും ഒപ്പമാണ് മാർക്കോപോളോ യാത്ര തിരിച്ചത്. അവരുടെ പ്രധാനമായ ഉദ്ദേശ്യം കച്ചവടമായിരുന്നു. അവർ ഇറാൻ, അഫ്ഗാനിസ്ഥാൻ, തിബറ്റ്, ഇന്ത്യ എന്നീ രാജ്യങ്ങൾ വഴി ക്രി.പി.1276-ൽ ചൈനയിലെത്തി. യാത്രാമദ്ധ്യേ ചക്രവർത്തിയായിരുന്ന കുബ്ലെഖാന്റെ അതിഥിയായി താമസിച്ചു. വെനീസിൽ തിരിച്ചെത്തിയപ്പോൾ 24 വർഷം കഴിഞ്ഞിരുന്നു. വെനീസും ജനോവയും തമ്മിൽ നടന്ന കടൽയുദ്ധത്തിൽ മാർക്കോപോളോ തടവുകാരനായി. കൂടെ ഉണ്ടായിരുന്ന തടവുകാരനോട് എല്ലാം പറഞ്ഞുകൊടുത്ത് 'മാർക്കോപോളോയുടെ യാത്രകൾ' എന്ന പുസ്തകം എഴുതിച്ചു. യാത്രയ്ക്കിടയിൽ കേരളവും മാർക്കോപോളോ സന്ദർശിച്ചു എന്ന് ഇതിൽ നിന്നറിയാം. കേരളത്തിൽ അദ്ദേഹം സന്ദർശിച്ച ഏക പട്ടണം കൊല്ലമായിരുന്നു. മാർക്കോപോളോയുടെ ഈ പുസ്തകമാണ് പിന്നീട് യൂറോപ്പിലെ നാവികർക്ക് മാർഗ്ഗദർശനമായത്. പോർട്ടുഗീസ് രാജകുമാരനായിരുന്ന ഹെൻട്രി മാർക്കോപോളോയുടെ യാത്രകൾ വായിക്കാനിടയായി. ഇത് അദ്ദേഹത്തിന് ഏഷ്യയിലേക്കുള്ള കടൽമാർഗ്ഗം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് പ്രേരണ നല്കി. ഹെൻട്രി രാജകുമാരനായിരുന്നു ആഫ്രിക്കൻ തീരത്ത് ആദ്യമായി പര്യവേക്ഷണം നടത്തിയത്. ക്രി.പി 1442-ൽ ആഫ്രിക്കയിലെ ഗിനീയാ തീരത്ത് സാഗ്രെസിൽ (Sagres) ഒരു നക്ഷത്രബംഗ്ലാവും ഒരു നാവിക പഠനകേന്ദ്രവും അദ്ദേഹം സ്ഥാപിച്ചു. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതല വിസ്തീർണ്ണം കണക്കുകൂട്ടുന്നതിന് വിവിധ രാജ്യങ്ങളിൽനിന്നുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെ വിളിച്ചുകൂട്ടി. നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ച് സമുദ്ര സഞ്ചാരം നടത്തുന്നതിന് അദ്ദേഹം തുടക്കമിട്ടു. ഭൂമിയുടെ പരിഷ്കരിച്ച മാപ്പ് തയ്യാറാക്കി. 15-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാന വർഷങ്ങളിലും 16-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആദ്യദശകങ്ങളിലും സമുദ്രസഞ്ചാരികൾക്ക് മാർഗ്ഗദീപമായി ഹെൻട്രി രാജകുമാരന്റെ സംഭാവനകൾ. ഹെൻട്രി രാജകുമാരന്റെ

മരണത്തിന് ശേഷം 28 വർഷം കഴിഞ്ഞ് 1488-ൽ ബാർത്തലോമിയ ഡയസ് (Bartholomeu Diaz) ആഫ്രിക്കയുടെ തെക്കേ അറ്റത്തുള്ള ഗുഡ്ഹോപ്പ് മുനമ്പ് ചുറ്റി. അതിന് ശേഷം 10 വർഷം കഴിഞ്ഞപ്പോൾ വാസ്കോ ഡ ഗാമ (ക്രി.പി. 1460-1525) ഗുഡ്ഹോപ്പ് മുനമ്പ് ചുറ്റി 1498 മേയ് 27-ന് കോഴിക്കോട്ടെത്തി. കോഴിക്കോട്ടും കൊച്ചിയിലും അദ്ദേഹം കച്ചവടബന്ധങ്ങൾ സ്ഥാപിച്ചു. രണ്ട് പ്രാവശ്യംകൂടി ഗാമ ഇന്ത്യ സന്ദർശിച്ചു. കേരളത്തിൽ വച്ചാണ് വാസ്കോ ഡ ഗാമ അന്തരിച്ചത്. ലോകചരിത്രത്തിൽ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട സമുദ്രയാത്ര നടത്തിയത് ക്രിസ്റ്റഫർ കൊളംബസായിരുന്നു. കൊളംബസ് ഇറ്റലിയിൽ ജനോവാ നഗരത്തിൽ ജനിച്ചു. യൂറോപ്പിൽനിന്ന് ഇന്ത്യയിലേക്ക് നേരിട്ട് ഒരു കടൽമാർഗ്ഗം കണ്ടുപിടിക്കുക എന്നതായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ ജീവിതത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ അഭിലാഷം. ഭൂമി ഉരുണ്ടതായതുകൊണ്ട് ഭൂമിയുടെ ഏതു ഭാഗത്തും ഏതു വഴിക്കും എത്തിച്ചേരാമെന്ന് കൊളംബസിനറിയാമായിരുന്നു. അദ്ദേഹത്തിന് സമുദ്രം ഭൂമിയെ ചുറ്റി ഒഴുകുന്ന നദിയായിരുന്നു. ക്രി.പി 1492-ൽ 100 ടൺ കേവ്ഭാരമുള്ള സാന്തമാറിയ (Santha Maria) എന്ന കപ്പലിൽ കൊളംബസ് പര്യടനത്തിനിറങ്ങിത്തിരിച്ചു. ശാന്തമഹാസമുദ്രം കടന്ന് ക്രി.പി. 1492 ഒക്ടോബർ 12-ന് വെസ്റ്റിൻഡീസിലെത്തി. മൂന്നാമത്തെ യാത്രയിലാണ് കൊളംബസ് തെക്കേ അമേരിക്ക കണ്ടുപിടിച്ചത്. പോർട്ടുഗീസുകാരനായ ഫെർഡിനാൻറ് മെഗല്ലൻ (Ferdinand Megellan) ആണ് ലോകം ചുറ്റിയ ആദ്യത്തെ നാവികൻ. 1519-ൽ മെഗല്ലൻ സ്പെയിനിൽനിന്ന് തിരിച്ചു. മെഗല്ലന്റെ പര്യടനമാണ് ഭൂമി ഉരുണ്ടതാണെന്ന് അസന്ദിഗ്ദ്ധമായി തെളിയിച്ചത്. സാഹസികരായ നാവികരുടെ സുദീർഘമായ സമുദ്രയാത്രകളിൽ അവർക്ക് ദിക്കും സമയവും അറിയുന്നതിന് തുണയായിരുന്നത് ആകാശത്തെ നക്ഷത്രങ്ങളും സൂര്യചന്ദ്രന്മാരുമായിരുന്നു. 16-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആരംഭമായതോടെ ഭൂമിയുടെ വിസ്തൃതി 15-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ അറിയപ്പെട്ടതിനെക്കാൾ വളരെയേറെ ഉണ്ടെന്ന് മനസ്സിലായി. ഗ്രഹചലനങ്ങളും നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനവും പഠിക്കേണ്ടത് സമുദ്രസഞ്ചാരത്തിന് ഒഴിച്ചുകൂടാൻ പറ്റാത്ത ആവശ്യമായി. സമുദ്രസഞ്ചാരത്തിന് പുതിയ നാവിക ഉപകരണങ്ങളും ഭൂമിയുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും ആകാശത്തിന്റെയും മെച്ചപ്പെട്ട ചാർട്ടുകളും നിർമ്മിക്കുവാനുള്ള ശ്രമം ആരംഭിച്ചു. ഇത് ഭൂമിശാസ്ത്രത്തിന്റെയും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന്റെയും വികാസത്തെ പ്രോത്സാഹിപ്പിച്ചു.

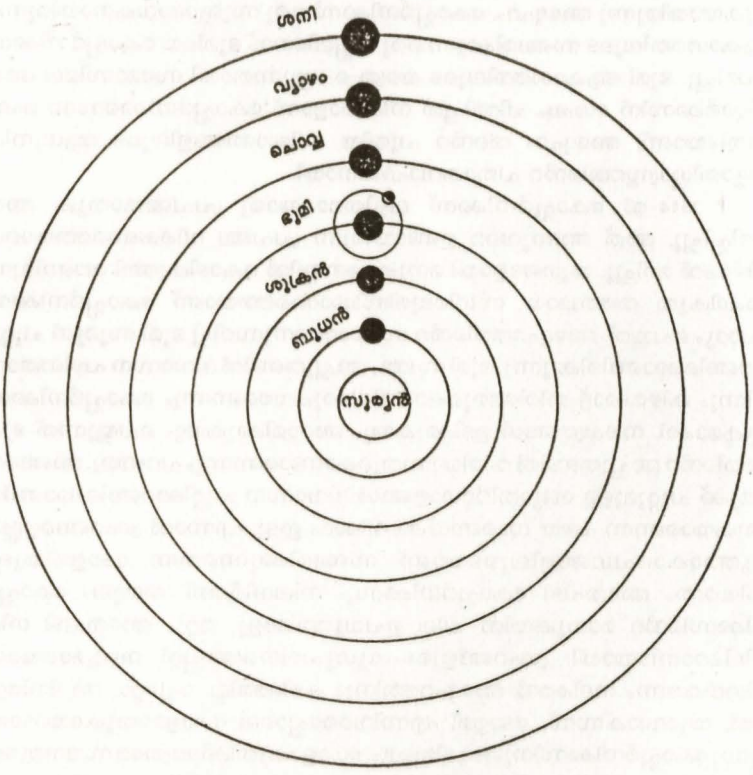
പോർട്ടുഗൽ, സ്പെയിൻ, ഇംഗ്ലണ്ട്, ഹോളണ്ട്, ഫ്രാൻസ് എന്നീ രാജ്യങ്ങളിൽ നാവിക അക്കാഡമികൾ സ്ഥാപിക്കപ്പെട്ടു. ഈ സ്ഥാപനങ്ങളിലെ പണ്ഡിതന്മാരും വിദ്യാർത്ഥികളും ഗണിതത്തിലും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിലുമുള്ള ഗവേഷണങ്ങളിൽ മുഴുകി. അവർ നടത്തിയ നിരീക്ഷണങ്ങൾ ടോളമിയുടെ പ്രപഞ്ചമാതൃകയുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നില്ല. ടോളമി പറഞ്ഞതിന് വിരുദ്ധമായ വസ്തുതകളാണ് നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിഞ്ഞത്. ഭൂമിയിലെ അജ്ഞാതഭാഗങ്ങളിലേക്ക് നടത്തിയ മഹത്തും സാഹസികവും ആയ അന്വേഷണങ്ങൾ മനുഷ്യഭാവനയെ വിടർത്തി. പുതിയ പുതിയ മേഖലകളിലേക്ക് അവന്റെ ഭാവന പറന്നുയർന്നു. നാം ജീവിക്കുന്ന

ഭൂമിയെക്കുറിച്ചും നമുക്ക് ചുറ്റുമുള്ള ആകാശത്തെക്കുറിച്ചും വിശാലമായൊരു കാഴ്ചപ്പാടുണ്ടായി. പുതിയൊരു പ്രപഞ്ചവീക്ഷണം രൂപംകൊണ്ടു. ഭൂകേന്ദ്ര പ്രപഞ്ചത്തിന് പകരം സൂര്യകേന്ദ്രപ്രപഞ്ചം.

കൊളംബസ് വെസ്റ്റിൻഡീസ് കണ്ടുപിടിക്കുമ്പോൾ പോളണ്ടുകാരനായ നിക്കോളാസ് കോപ്പർനിക്കസ് ക്രാകോവ് (Cracow) സർവ്വകലാശാലയിലെ വിദ്യാർത്ഥിയായിരുന്നു. വിദ്യാഭ്യാസത്തിന് ശേഷം പുരോഹിതവൃത്തി സ്വീകരിച്ചു. എന്നാൽ ദൈവശാസ്ത്രത്തെക്കാൾ അദ്ദേഹമിഷ്ടപ്പെട്ടത് ശാസ്ത്രത്തെയായിരുന്നു. അക്കാലത്തെ എല്ലാ ശാസ്ത്രശാഖകളിലും കോപ്പർനിക്കസ് അവഗാഹം നേടി. മെഗല്ലന്റെ കപ്പൽ ഭൂഗോളത്തിന് ചുറ്റും പ്രദക്ഷിണം പൂർത്തീകരിച്ചപ്പോൾ അദ്ദേഹത്തിന് 49 വയസ്സായിരുന്നു. ഈ സമയം സൂര്യന് ചുറ്റും ഉള്ള ഗ്രഹചലനങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കുന്നതിൽ മുഴുകിക്കഴിയുകയായിരുന്നു അദ്ദേഹം. കോപ്പർനിക്കസ് ഒരു സൂര്യാരാധകനായിരുന്നു. ആകാശത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു കപ്പലിനോട് ഭൂമിയെ കോപ്പർനിക്കസ് ഉപമിച്ചു. ഭൂമി ആകാശത്തിലൂടെ യാത്ര ചെയ്യുന്നതായി സമോസിലെ അരിസ്റ്റാർക്കസിന് ശേഷം ചിന്തിച്ചത് നിക്കോളാസ് കോപ്പർനിക്കസെന്ന മഹാപ്രതിഭയാണ്. അദ്ദേഹം തന്റെ പുതിയ സിദ്ധാന്തങ്ങളിലൂടെ ആധുനിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പതാകവാഹകനായി.

1514-ൽ കോപ്പർനിക്കസ് ലളിതമായൊരു പ്രപഞ്ചമാതൃക അവതരിപ്പിച്ചു. അത് അന്നുവരെ ഉണ്ടായിരുന്ന പ്രപഞ്ച വീക്ഷണത്തെയാകെ കീഴ്മേൽ മറിച്ചു. യുഗങ്ങളായി മനുഷ്യമനസ്സിൽ കൊടികുത്തി വാണിരുന്ന അംഗീകൃത തത്ത്വമായ സ്ഥിരഭൂമിസിദ്ധാന്തത്തെയാണ് കോപ്പർനിക്കസ് ചോദ്യം ചെയ്തത്. അദ്ദേഹത്തിന്റെ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ഭൂമി സൂര്യന് ചുറ്റും കറങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഭൂമി സ്വന്തം അച്ചുതണ്ടിൽ ദിവസേന പടിഞ്ഞാറു നിന്നും കിഴക്കോട്ട് തിരിഞ്ഞുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്നും കോപ്പർനിക്കസ് വ്യക്തമാക്കി. നക്ഷത്രങ്ങൾ ഉദിക്കുകയും അസ്തമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നത് ഭൂമി അതിന്റെ അച്ചുതണ്ടിൽ തിരിയുന്നതുകൊണ്ടാണെന്നും പറഞ്ഞു. അങ്ങനെ നമുക്ക് ചുറ്റുമുള്ള ജ്യോതിർഗോളങ്ങൾ ദിവസേന ചുറ്റിക്കറങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്ന പഴയ ധാരണയ്ക്ക് വിരാമം ഇട്ടു. എന്നാൽ ഗ്രഹങ്ങളെല്ലാം വൃത്താകാരപഥങ്ങളിലൂടെയാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന ടോളമിയുടെ സിദ്ധാന്തം അതേപടി കോപ്പർനിക്കസും നിലനിർത്തി. തന്മൂലം കോപ്പർനിക്കസിന്റെ മാതൃകയിൽ ചില ഉപവൃത്തങ്ങളും മറ്റും അതേപടി നിലനില്ക്കാനിടയായി. ഗ്രഹങ്ങളുടെ ദൃശ്യചലനത്തെപ്പറ്റി വ്യക്തമായൊരു വിശദീകരണം നല്കാൻ അദ്ദേഹത്തിനും കഴിഞ്ഞില്ല. പ്ലേറ്റോ, അരിസ്റ്റോട്ടിൽ, യുഡോക്സസ്, ടോളമി എന്നിവരെപ്പോലെ ഗോളമാതൃകയോടായിരുന്നു കോപ്പർനിക്കസിനും ആഭിമുഖ്യം. ഗോളാകൃതിക്ക് മാത്രമേ സൗന്ദര്യവും സമമിതിയും ഉള്ളുവെന്ന് കോപ്പർനിക്കസും വിശ്വസിച്ചു. ഭൂമിയും മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളും സൂര്യനെ ചുറ്റുന്നത് വൃത്തപഥത്തിലാണെന്ന് കോപ്പർനിക്കസ് പറഞ്ഞതിന് കാരണം വൃത്തമെന്ന ജ്യാമിതീയരൂപത്തോട് അദ്ദേഹത്തിന് പ്രത്യേക താത്പര്യം ഉണ്ടായിരുന്നതുകൊണ്ടായിരുന്നു. പ്ലാറ്റോണിക് സൗന്ദര്യസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ആരാധകൻകൂടിയായിരുന്നു കോപ്പർനിക്കസ്.

സൗരയൂഥത്തിന്റെ കൃത്യമായ സംവിധാനക്രമം നല്കിയ ആദ്യത്തെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് കോപ്പർനിക്കസ്. സൂര്യനിൽനിന്നുള്ള ഗ്രഹങ്ങളുടെ ആപേക്ഷികദൂരവും സൂര്യനെ ആസ്പദമാക്കിയുള്ള ഭ്രമണകാലങ്ങളും അദ്ദേഹം തിട്ടപ്പെടുത്തി. നക്ഷത്രങ്ങൾ അതിവിദൂരസ്ഥമാണെന്ന് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. കോപ്പർനിക്കസിന്റെ പ്രപഞ്ചമാതൃകയിൽ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഗോളത്തിന്റെ ഏറ്റവും ചുരുങ്ങിയ വ്യാസാർദ്ധം ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തിന്റെ 15 ലക്ഷം ഇരട്ടിയാണ്. അൽഫർഗാനി കണക്കുകൂട്ടിയ ടോളമിയുടെ പ്രപഞ്ചവ്യാപ്തത്തിന്റെ നാല് ലക്ഷം ഇരട്ടിയായിരുന്നു കോപ്പർനിക്കസിന്റേത്.



കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സൗരയൂഥം (സൂര്യകേന്ദ്ര പ്രപഞ്ചം)

കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തം ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രപുരോഗതിയിൽ ഒരു പുതിയ കാൽവയ്പായിരുന്നു. അതോടൊപ്പംതന്നെ മതപുരോഹിതന്മാരുടെ സങ്കുചിത പ്രപഞ്ചവീക്ഷണത്തിനും അത് കടുത്ത പ്രഹരമേല്പിച്ചു.

അന്നുവരെ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ എല്ലാം കേന്ദ്രബിന്ദു ഭൂമിയും അതിലെ മനുഷ്യനുമായിരുന്നു. എന്നാൽ കോപ്പർനിക്കസ് മനുഷ്യനെ ഈ അസൂയാവഹമായ സ്ഥാനത്തുനിന്നും പിടിച്ച് താഴെ ഇട്ടു. കേന്ദ്രസ്ഥാനത്ത് സൂര്യനെ അവരോധിച്ചു. എല്ലാ മതനേതാക്കളും കോപ്പർനിക്കസിനെതിരെ കുരിശുയുദ്ധം പ്രഖ്യാപിച്ചു. ബൈബിളിൽ പ്രസ്താവിക്കുന്നതിന് വ്യത്യസ്തമായി ഭൂമി പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ കേന്ദ്രമല്ലാതായിത്തീരുന്നത് അവർക്ക് സങ്കല്പിക്കാൻ പോലും കഴിഞ്ഞില്ല. കത്തോലിക്കാപള്ളിയും പ്രൊട്ടസ്റ്റൻറ് വിഭാഗത്തിലെ പ്രമാണിമാരും മത്സരിച്ചാണ് കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ എതിർത്തത്. ഈ വസ്തുത നല്ലതുപോലെ മനസ്സിലാക്കിയ കോപ്പർനിക്കസ് താൻ അവിശ്വാസി എന്ന് മുദ്രയടിക്കപ്പെടുമെന്നുള്ള ഭയംകൊണ്ട് സ്വന്തം സിദ്ധാന്തങ്ങളും പ്രപഞ്ചമാതൃകയും വളരെ രഹസ്യമായിട്ടാണ് പ്രചരിപ്പിച്ചത്. മതഭ്രാന്തന്മാരുടെ ക്രൂരമായ ആക്രമണത്തെ ഭയന്ന് അദ്ദേഹം എഴുതിയ ഡി റെവലൂഷ്യനിബസ് ഓർബിയം സെലസ്റ്റിയം (De Revolutionibus Orbium Celestium) എന്ന പുസ്തകം പ്രസിദ്ധീകരിച്ചത് 1543-ൽ അദ്ദേഹം മരണശയ്യയിൽ കിടക്കുമ്പോഴായിരുന്നു. അദ്ദേഹം ജീവിതകാലം മുഴുവൻ നടത്തിയ വാനനിരീക്ഷണങ്ങൾ ഇതിലുണ്ട്. അദ്ദേഹത്തിന്റെ മരണശേഷവും പള്ളിമേധാവികൾ അദ്ദേഹത്തിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ വേട്ടയാടി. 1616-ൽ റോമൻ കത്തോലിക്കാസഭ കോപ്പർനിക്കസ് സിദ്ധാന്തത്തെ മതവിരുദ്ധമായി പ്രഖ്യാപിക്കുകയും അതിനെ നിരോധിക്കുകയും ചെയ്തു.

പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിലെ ആദ്യത്തെ രക്തസാക്ഷിയും ആധുനിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന് അടിത്തറപാകുന്നതിൽ മഹത്തായ പങ്ക് വഹിച്ച ചിന്തകനുമായിരുന്ന ഗിയോർഡാനോ ബ്രൂണോ ക്രി.പി. 1548-ൽ ഇറ്റലിയിൽ ജനിച്ചു. അദ്ദേഹം അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ഭൗതികത്തെയും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തെയും വെല്ലുവിളിച്ചു. പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഭൂമിയെപ്പോലെ അനവധി ലോകങ്ങളുണ്ടെന്ന് ബ്രൂണോ പറഞ്ഞു. പ്രപഞ്ചത്തിൽ അനവധി സൂര്യന്മാരുണ്ടെന്നും ഓരോ സൂര്യന് ചുറ്റും അനേകം ലോകങ്ങളും. ഇതായിരുന്നു ബ്രൂണോയുടെ വീക്ഷണം. നക്ഷത്രങ്ങൾ സൂര്യന്മാരാണെന്ന് ആദ്യമായി പറഞ്ഞതും ബ്രൂണോയായിരുന്നു. മതമേധാവികൾ അദ്ദേഹത്തെ എതിർത്തു. 1593 മുതൽ 7 വർഷക്കാലം അവർ അദ്ദേഹത്തെ ജയിലിലടച്ച് പീഡിപ്പിച്ചു. അന്ധവിശ്വാസികളായ മതമേധാവികളുടെ മുന്നിൽ കീഴടങ്ങാൻ ബ്രൂണോ തയ്യാറായില്ല. ഒടുവിൽ 1600 ഫെബ്രുവരി 16-ാം തീയതി മത കോടതിയുടെ വിധിയനുസരിച്ച് ബ്രൂണോയെ പരസ്യമായി ജീവനോടെ ദഹിപ്പിച്ചു. ബ്രൂണോയുടെ പ്രപഞ്ചം അതിവിശാലമായിരുന്നു. അത് നിരവധി സൗരയൂഥങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതുമായിരുന്നു.

അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പ്രപഞ്ചവീക്ഷണത്തിന് മാരകമായ പ്രഹരമേല്പിച്ച മറ്റൊരു ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് 16-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന ഹോളണ്ടുകാരനായ ടൈകോ ബ്രാഹെ (Tycho Brahe). നിരീക്ഷണാധിഷ്ഠിത ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പിതാവായിട്ടാണ് ബ്രാഹെ കണക്കാക്കപ്പെടുന്നത്. അക്കാലത്തെ ഏറ്റവും വൈദഗ്ദ്ധ്യമുള്ള വാനനിരീക്ഷകനായിരുന്നു അദ്ദേഹം. സൂക്ഷ്മമായ ആകാശനിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ അദ്ദേഹം അരി

സ്റ്റോട്ടിലിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്കെതിരെ നിരവധി നിരീക്ഷണതെളിവുകൾ നിരത്തിവച്ചു. ക്രി.പി.1577-ൽ ധൂമകേതുക്കളുടെ (comet) ദൂരം അളന്നു. അക്കാലത്തെ യൂറോപ്പിലെ മറ്റ് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ധൂമകേതുക്കളിലേക്ക് അളന്ന ദൂരവുമായി താരതമ്യപഠനം നടത്തി. ബ്രാഹെയുടെ ധൂമകേതു പഠനത്തിൽനിന്നും വ്യക്തമായത് അത് ചന്ദ്രനിൽനിന്നും വളരെ ദൂരെയാണെന്നായിരുന്നു. ചന്ദ്രന് മുകളിലുള്ളതിനൊന്നും മാറ്റം ഇല്ലെന്നുള്ള അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പരികല്പന ഇതോടെ തെറ്റാണെന്ന് സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെട്ടു. അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പ്രപഞ്ചശാസ്ത്ര മേധാവിത്വത്തിനെതിരായുള്ള മറ്റൊരു അനുഭവാത്മക വെല്ലുവിളിയായിരുന്നു 16-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ഉണ്ടായ നക്ഷത്രസ്ഫോടനം. ഇന്ന് നക്ഷത്രസ്ഫോടനത്തിന് നമ്മൾ സൂപ്പർ നോവ സ്ഫോടനം എന്നാണ് പറയുന്നത്. 1572 നവംബർ 11-ാം തീയതി സന്ധ്യയ്ക്ക് അത്താഴത്തിന് മുൻപ് സായാഹ്നനടത്തത്തിനിടയ്ക്ക് ആകാശത്ത് ഒരു നക്ഷത്രം പൊട്ടിത്തെറിക്കുന്നത് ബ്രാഹെയുടെ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെട്ടു. ഈ സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനം അദ്ദേഹം സസൂക്ഷ്മം നിരീക്ഷിക്കുകയും അതിന്റെ സ്ഥാനം നിർണ്ണയിക്കുകയും ചെയ്തു. ഈ നക്ഷത്രസ്ഫോടനത്തെപ്പറ്റി ഒരു ചെറിയ പുസ്തകം 1573-ൽ അദ്ദേഹം പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. ഈ സൂപ്പർനോവാസ്ഫോടനത്തിന്റെ അവശിഷ്ടങ്ങൾ ആധുനിക റേഡിയോ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നിരീക്ഷിച്ചിട്ടുണ്ട്. ബ്രാഹെയുടെ സൂപ്പർനോവയെ 3c10 എന്നാണ് റേഡിയോ സ്രോതസ്സുകളെ സംബന്ധിച്ച കേംബ്രിഡ്ജ് കാറ്റലോഗിൽ പേരിട്ടിരിക്കുന്നത്. യാതൊരു മാറ്റവുമില്ലെന്ന് അരിസ്റ്റോട്ടിൽ അവകാശപ്പെട്ട നക്ഷത്രലോകത്തുള്ളതായിരുന്നു ബ്രാഹെ കണ്ട നക്ഷത്ര സ്ഫോടനം. നക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് പൊട്ടിത്തെറിക്കാമെങ്കിൽ നക്ഷത്ര ലോകത്തിന് മാറ്റം ഉണ്ടാകാമെന്നാണർത്ഥം. ടൈകോ ബ്രാഹെ നിരീക്ഷിച്ച സൂപ്പർനോവാ സ്ഫോടനം അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പ്രപഞ്ചവീക്ഷണത്തിനേറ്റ ആഘാതമായിരുന്നു. സൂര്യന് താഴെയല്ല സൂര്യനപ്പുറവും പുതിയ സംഭവങ്ങളുണ്ടാകാമെന്ന് ബ്രാഹെയുടെ നിരീക്ഷണം തെളിയിച്ചു.

ടൈകോ ബ്രാഹെ കോപ്പർനിക്കസിന്റെ ആശയങ്ങളോട് ആഭിമുഖ്യം ഉള്ള ആൾ ആയിരുന്നില്ല. ടോളമിയുടെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തങ്ങളോടായിരുന്നു കൂടുതൽ അടുപ്പം. ടോളമിയുടെ ഗ്രഹചലനപട്ടിക നോക്കിയായിരുന്നു ബ്രാഹെ സൂര്യഗ്രഹണങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ചത്. നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ ലഭിച്ച അറിവ് ടോളമിയുടെ ഗ്രഹചലന പട്ടികയുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നില്ലെന്ന് പിന്നീട് അദ്ദേഹത്തിന് ബോദ്ധ്യമായി. 1563 ആഗസ്റ്റ് 24-ന് ശനിയുടെയും വ്യാഴത്തിന്റെയും സംയോജനം (conjunction) നിരീക്ഷിച്ചപ്പോൾ ടോളമിയുടെ ഗ്രഹചലനപട്ടികയിലെ തെറ്റ് വ്യക്തമായി. ബ്രാഹെയുടെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ സൗരയൂഥത്തിന്റെ രഹസ്യങ്ങൾ പുറത്തുകൊണ്ടുവരുന്നതിന് സഹായകമായി. സൈദ്ധാന്തിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന് അദ്ദേഹം നല്കിയ ഏറ്റവും വലിയ സംഭാവന സൂര്യകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തവും ഭൂകേന്ദ്ര സിദ്ധാന്തവും തമ്മിൽ സമന്വയിപ്പിച്ചതായിരുന്നു.

പ്രപഞ്ചത്തെപ്പറ്റിയുള്ള ടൈകോയുടെ സങ്കല്പം ഭൂമിയെ ചുറ്റി സൂര്യൻ സഞ്ചരിക്കുന്നു എന്നും സൂര്യനെ ചുറ്റി മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നു

എന്നുമായിരുന്നു. 1601 ഒക്ടോബർ 21-ാം തീയതി ടൈകോ അന്തരിച്ചു. അദ്ദേഹം തയ്യാറാക്കിയ ലേഖനങ്ങളും റുഡോൾഫിൻ പട്ടിക എന്ന പേരിൽ തയ്യാറാക്കിയ ഗ്രഹചലനപട്ടികയും തന്റെ സഹപ്രവർത്തകനായ കെപ്ലറെ ഏല്പിച്ചു. ടൈകോയുടെ മരണത്തിന് 28 വർഷങ്ങൾക്കു ശേഷമാണ് റുഡോൾഫിൻ പട്ടിക കെപ്ലർ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചത്.

ജോവാൻ കെപ്ലർ (Johann Kepler) 1571 ഡിസംബർ 27-ന് ജർമ്മനിയിൽ ജനിച്ചു. അദ്ദേഹം ബ്രാഹെയുടെ സഹപ്രവർത്തകനായിരുന്നു. കെപ്ലറാണ് സൗരയൂഥത്തിന്റെ തച്ചുശാസ്ത്രം മനസ്സിലാക്കിയ ആദ്യത്തെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞൻ. അദ്ദേഹം ഗ്രഹചലനങ്ങളുടെ നിയമങ്ങൾ കണ്ടുപിടിച്ചു. കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളുടെ തെറ്റുകളിൽനിന്നും സൗരയൂഥത്തെ മോചിപ്പിച്ചു. സൗരയൂഥത്തിനപ്പുറം അടഞ്ഞുകിടന്ന വാതിലുകൾ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് തുറന്നുകൊടുത്തത് കെപ്ലറായിരുന്നു. പ്രശസ്ത തത്ത്വചിന്തകനായ ഇമ്മാനുവൽ കാൻറ് ലോകംകണ്ട ഏറ്റവും വലിയ ചിന്തകനാണ് കെപ്ലറെന്ന് അഭിപ്രായപ്പെടുകയുണ്ടായി. ഗ്രീക്ക് ദാർശനികരായ പൈഥഗോറസിന്റെയും പ്ലേറ്റോയുടെയും സിദ്ധാന്തങ്ങൾ കെപ്ലറെ വളരെയേറെ സ്വാധീനിച്ചിരുന്നു. പൈഥഗോറസിന്റെ 'ഖഗോളിയ ഹാർമോണിക' സിദ്ധാന്തമായിരുന്നു കെപ്ലറുടെ സിദ്ധാന്തങ്ങളുടെ സ്രോതസ്. ഖഗോളചലനങ്ങൾ താളാത്മകമാണെന്ന പ്ലേറ്റോയുടെ സങ്കല്പനങ്ങളോടും കെപ്ലർക്ക് വിശ്വാസമുണ്ടായിരുന്നു. ഗ്രഹങ്ങളുടെ ചലനം സംഗീതാത്മകമാണെന്നും അത് മനുഷ്യ ശ്രവണേന്ദ്രിയത്തിന് അഗോചരവുമാണെന്നും പൈഥഗോറസ് അഭിപ്രായപ്പെടുകയുണ്ടായി. ഇതിന്റെ ചുവടുപിടിച്ച് ഖഗോളങ്ങളുടെ സംഗീതത്തെക്കുറിച്ചും താളാത്മകതയെ സംബന്ധിച്ചും കെപ്ലർ ഒരു സിദ്ധാന്തംതന്നെ ആവിഷ്കരിച്ചു. 1980-ലും 1981-ലും വോയേജർ ശനിഗ്രഹത്തിൽ നടത്തിയ നിരീക്ഷണങ്ങൾ കെപ്ലറുടെ നിഗമനങ്ങളെ ശരിവയ്ക്കുന്നതായിരുന്നു. ശനിയുടെ ചലനം സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഖഗോള സംഗീതം വോയേജറിലെ കമ്പ്യൂട്ടർ റിക്കാർഡ് ചെയ്തു. ഗ്രഹങ്ങളുടെ സ്വർഗ്ഗീയ സംഗീതത്തെയും താളാത്മകതയെയും സംബന്ധിച്ച കെപ്ലറുടെ വീക്ഷണങ്ങൾ അക്കാലത്തെ കവികളെ സ്വാധീനിക്കുകയുണ്ടായി.

എ.ഡി 1604-ൽ നടന്ന സൂപ്പർനോവ സ്ഫോടനം കെപ്ലർ നിരീക്ഷിക്കുകയുണ്ടായി. ഗലീലിയോ ഈ സ്ഫോടനത്തെക്കുറിച്ച് പ്രസംഗിച്ചതായി രേഖകളുണ്ട്. കെപ്ലറുടെ സൂപ്പർനോവയെ 3 C 354 എന്നാണ് കേംബ്രിജ് കാറ്റലോഗിൽ പേരിട്ടിരിക്കുന്നത്. കെപ്ലർ കണ്ട സൂപ്പർനോവ സ്ഫോടനത്തിനുശേഷം സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനം ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ദർശിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞത് 1987-ലാണ്. നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സിയുടെ അയൽപക്കത്തുള്ള മെഗല്ലനിക് മേഘങ്ങൾക്കിടയിൽ ഒരു ഭീമൻ നീല നക്ഷത്രം പൊട്ടിത്തെറിച്ചതായിരുന്നു ഇത്. ആസ്ട്രേലിയയിലെയും ചിലിയിലെയും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ദൃഷ്ടിയിൽപ്പെട്ടു ഈ സ്ഫോടനം. നക്ഷത്രലോകത്ത് ഇതിനൊന്നും മാറ്റമില്ലെന്നുള്ള പഴഞ്ചൻ ധാരണ തിരുത്തിക്കുറിക്കാൻ കെപ്ലറുടെ നിരീക്ഷണത്തിന് വിധേയമായ സൂപ്പർനോവ സ്ഫോടനം സഹായകമായി.

കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തെ ആസ്പദമാക്കിയുള്ള ഗ്രഹചലന പട്ടികകളിൽ ഗ്രഹചലനങ്ങളുടെ സ്ഥാനത്തെ ദീർഘദർശനം ചെയ്തതിൽ 4° മുതൽ 5° വരെ പിശക് വന്നിരുന്നു. കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തം പരിപൂർണ്ണമല്ലെന്ന് ഈ തെറ്റുകൾ സ്ഥിരീകരിച്ചു. കോപ്പർ നിക്കസിന്റെ അടിസ്ഥാനതത്ത്വങ്ങൾ ഉപേക്ഷിക്കുവാൻ കെപ്ലർ തയ്യാറല്ലായിരുന്നു. കോപ്പർനിക്കസിന്റെ ശക്തനായ പിൻഗാമിയായിരുന്നു കെപ്ലർ. കോപ്പർ നിക്കസ് ടോളമി വ്യവസ്ഥയിലുള്ള 'അതിചക്രസങ്കല്പ'ത്തിന്റെ കൃത്യതയെ മാത്രമാണ് കെപ്ലർ ചോദ്യം ചെയ്തത്. ടൈകോ ബ്രാഹെ അദ്ദേഹത്തെ ഏല്പിച്ചിരുന്ന അപൂർണ്ണമായ ഗ്രഹചലനപട്ടിക കെപ്ലറുടെ നിരീക്ഷണങ്ങൾക്ക് വഴികാട്ടിയായിരുന്നു. ചൊവ്വയുടെ ചലനങ്ങൾ നിരന്തരം കെപ്ലർ നിരീക്ഷിച്ചു. ചൊവ്വയുടെ ദൃശ്യചലനം ചൊവ്വയുടെതന്നെയും ഭൂമിയുടെയും ചലനം കൊണ്ടുമാകയാൽ, ആദ്യമായി ഭൂഭ്രമണ പഥത്തെ കൃത്യമായി നിർവചിക്കാൻ കെപ്ലർ തീരുമാനിച്ചു. ഇതിനദ്ദേഹം ഒരു നൂതനമാർഗ്ഗം പ്രയോഗിച്ചു. ഈ മാർഗ്ഗമാകട്ടെ ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണപഥത്തിലെ ക്രമരാഹിത്യങ്ങളെപ്പറ്റി പഠിക്കാൻ അദ്ദേഹത്തെ സഹായിക്കുകയും ചെയ്തു. നൂറ്റാണ്ടുകളായി കൊടികുത്തിവാണ സങ്കല്പമായിരുന്നു ഗ്രഹങ്ങൾ ചലിക്കുന്നത് വൃത്തപഥത്തിലാണെന്നത്. ഇത് തെറ്റാണെന്ന് കെപ്ലർ സമർത്ഥിച്ചു. ഗ്രഹങ്ങളുടെ ഭ്രമണപഥം ദീർഘ വൃത്തം (എലിപ്സ്) ആണെന്ന് കെപ്ലർ തെളിയിച്ചു. അക്കാലത്തെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര പണ്ഡിതന്മാർ കെപ്ലറുടെ കണ്ടുപിടിത്തം അംഗീകരിക്കാൻ തയ്യാറായില്ല. പൈഥഗോറസിന്റെ സമവൃത്തന്യായം ഉപേക്ഷിക്കുന്നത് ചിന്തിക്കാൻ പോലും അക്കാലത്തെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് കഴിയുമായിരുന്നില്ല. ദീർഘവൃത്തം സമമിതമല്ലാത്തതുകൊണ്ട് അത് സ്വർഗ്ഗത്തിന്റെ ശില്പചാതുരിക്ക് അനുയോജ്യമല്ലെന്നവർ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. തന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളടങ്ങുന്ന 'ദി ഹാർമൊണീസ് ഓഫ് ദി വേൾഡ്' (The Harmonies of the World) എന്ന പുസ്തകം 1619-ൽ കെപ്ലർ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു.

പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനചരിത്രത്തിലെ മഹത്തായ സംഭാവനകളിലൊന്നായിരുന്നു കെപ്ലർനിയമങ്ങൾ. ഇത് കെപ്ലർക്ക് ശാശ്വതപ്രസിദ്ധി നേടിക്കൊടുത്തു. കെപ്ലർനിയമങ്ങൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന മൂന്ന് നിയമങ്ങളാണുള്ളത്. ഒന്ന്: ദീർഘവൃത്തങ്ങളിലൂടെയാണ് ഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യനെ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നത്. എല്ലാ ദീർഘവൃത്തങ്ങൾക്കുമുള്ള ഒരു പൊതുവായ നാഭിയിലാണ് (focus) സൂര്യൻ. രണ്ട്: ഗ്രഹത്തെ സൂര്യനുമായി യോജിപ്പിക്കുന്ന രേഖയുടെ ക്ഷേത്രീയപ്രവേഗം (areal velocity) സ്ഥിരമാണ്.

മൂന്ന്: ഗ്രഹങ്ങളുടെ ഭ്രമണകാലത്തിന്റെ വർഗ്ഗം അവയ്ക്കു സൂര്യനിൽനിന്നുള്ള ശരാശരി ദൂരത്തിന്റെ മൂന്നാംഘാതത്തിന് ആനുപാതികമാണ്. അനേക വർഷത്തെ നിരന്തരവും ക്ലേശകരവുമായ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും സൂക്ഷ്മമായ നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും കണ്ടെത്തിയ ഈ നിയമങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കെപ്ലർ ഒരു നിശ്ചിത നിമിഷത്തിൽ ആകാശത്തിലെ ഓരോ ഗ്രഹങ്ങളുടെയും സ്ഥാനം കുറിക്കുന്ന പട്ടികകൾ തയ്യാറാക്കി. ഈ പട്ടികകൾ 1627-ലാണ് പ്രസിദ്ധീകരിച്ചത്. അതിന് മുൻപ് പ്രചാരത്തി

ലുണ്ടായിരുന്ന എല്ലാ ഖഗോളിയ പട്ടികകളേക്കാളും മേന്മ ഏറിയതായിരുന്നു ഇത്. ഇത് അദ്ദേഹത്തിന്റെ നിയമങ്ങളുടെ കൃത്യത തെളിയിച്ചു. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിൽ 'ആകാശത്തിന്റെ നിയമദായകൻ' എന്ന് അദ്ദേഹത്തിനുള്ള സ്ഥാനം ലോകം അംഗീകരിച്ചു.

എങ്ങനെയാണ് ഗ്രഹങ്ങൾ നീങ്ങുന്നതെന്ന് കെപ്ലർ മനസ്സിലാക്കുകയും വിശദാംശപൂർണ്ണവും ഏകദേശം കൃത്യവുമായ ഗ്രഹചലന പട്ടികകൾ തയ്യാറാക്കുകയും ചെയ്തു. എന്നാൽ കെപ്ലർക്ക് സ്പഷ്ടമാകാത്ത ഒരു കാര്യമുണ്ടായിരുന്നു. ഗ്രഹങ്ങൾ ചലിക്കുന്നത് കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങൾ അനുസരിച്ചായിരിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്? സൂര്യന് ചുറ്റും ഗ്രഹങ്ങളും വ്യാഴത്തിന്റെ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ അതിന് ചുറ്റുമായും, ഭൂമിക്ക് ചുറ്റും ചന്ദ്രനും എന്തുകൊണ്ട് ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നു? കെപ്ലറെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ഗ്രഹങ്ങളുടെ ദീർഘവൃത്ത പഥചലനം വെറുമൊരു അനുമാനംമാത്രമായിരുന്നു. പക്ഷേ, അത് നിരീക്ഷണവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നു. ഗ്രഹങ്ങളെ സൂര്യൻ ഒരു കാന്തമെന്നോണം ആകർഷിക്കുന്നുവെന്നും അതിന്റെ ഭ്രമണത്തിൽ ഗ്രഹങ്ങളെ ചുറ്റുമായി വലിച്ച് നീക്കുന്നുവെന്നും അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. ഈ വിശ്വാസം ദീർഘവൃത്താകൃതിയുള്ള സഞ്ചാരപഥങ്ങൾക്കെതിരുമായിരുന്നു. ഇതിനുള്ള വിശദീകരണം വളരെ താമസിച്ച് 1687-ൽ ഐസക് ന്യൂട്ടൺ പ്രിൻസിപ്പിയാ മാത്തമാറ്റിക്ക പ്രസിദ്ധീകരിച്ചതിനുശേഷമാണ് ഉണ്ടായത്. ഗുരുത്വാകർഷണമാണ് ഗ്രഹചലനങ്ങൾക്ക് കാരണമെന്ന് കെപ്ലർക്കറിയില്ലായിരുന്നു.

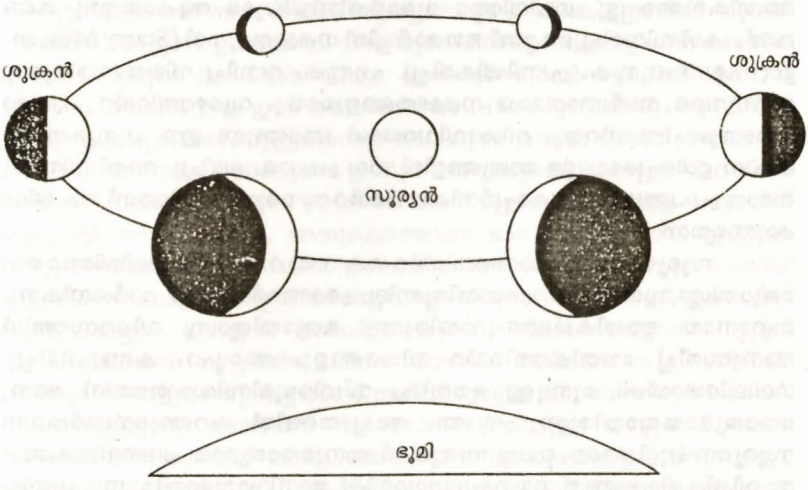
ചില കാര്യങ്ങളിൽ ഗലീലിയോയെക്കാൾ മുന്നിലായിരുന്നു കെപ്ലർ. ചന്ദ്രന്റെ ആകർഷണമാണ് വേലിയേറ്റത്തിന് കാരണമെന്ന് കെപ്ലർ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. എന്നാൽ ഇക്കാര്യം ഗലീലിയോ അംഗീകരിച്ചിരുന്നില്ല. കെപ്ലർക്ക് വാനനിരീക്ഷണത്തിന് ദൂരദർശിനി ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. ഗലീലിയോയ്ക്ക് വാനനിരീക്ഷണത്തിന് ദൂരദർശിനി ഉണ്ടായിരുന്നു. കെപ്ലർ നിരവധി പ്രാവശ്യം ദൂരദർശിനി നല്കി തന്നെ സഹായിക്കണമെന്ന് ഗലീലിയോയോട് അഭ്യർത്ഥിക്കുകയുണ്ടായി. ആ അഭ്യർത്ഥനകളെല്ലാം നിരസിക്കപ്പെടുകയാണുണ്ടായത്. ഒരുപക്ഷേ, കെപ്ലർക്ക് വാനനിരീക്ഷണത്തിന് ദൂരദർശിനിയുടെ സഹായം കൂടി ഉണ്ടായിരുന്നെങ്കിൽ ഗലീലിയോയുടെ നിരീക്ഷണങ്ങളേക്കാൾ മെച്ചപ്പെട്ടതാകുമായിരുന്നു കെപ്ലറുടേത്. കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങൾ ഇരട്ട നക്ഷത്രങ്ങൾ (binary stars) മുതൽ ഗാലക്സികളുടെ ഭ്രമണങ്ങൾവരെ തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നതിനുള്ള സൂത്രവാക്യങ്ങളാണ്. സൗരയൂഥത്തിന്റെയും അതിനപ്പുറവുമുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും ദൂരം അളക്കുന്നതിനുള്ള സമീകരണം നല്കി കെപ്ലറുടെ മൂന്നാം നിയമം.

ഗലീലിയോയുടെ കണ്ണുകൾ

അനുഭവങ്ങളാണ് ജ്ഞാനസ്രോതസ്സുകൾ. ഗലീലിയോ ഗലീലി സ്വന്തം കണ്ണുകൾകൊണ്ടു നടത്തിയ നിരീക്ഷണങ്ങൾ പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഭാവനാതീത മായ മേഖലകൾ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രപരീക്ഷണത്തിന് തുറന്നിട്ടു. ദൂരദർശിനിയി ലൂടെ മനുഷ്യരാശിക്ക് പ്രപഞ്ചജാലകം ആദ്യം തുറന്നുകൊടുത്തത് ഗലീലി യോ ആയിരുന്നു. പ്രപഞ്ച സത്യങ്ങൾ കണ്ടെത്തുന്നതിന് ഗലീലിയോ അനു ഭവങ്ങൾക്കാണ് പ്രാധാന്യം നല്കിയത്. പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും നിരീക്ഷ ണങ്ങളിലൂടെയും ആധുനിക ശാസ്ത്രത്തിന് യുക്തിഭദ്രമായൊരടിത്തറ നല്കി യത് ഗലീലിയോ ആയിരുന്നു. മതവും ശാസ്ത്രവും തമ്മിൽ നടന്ന ഏറ്റുമുട്ടലിൽ ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പ്രതീകമായിരുന്നു ഗലീലിയോ. കോപ്പർനിക്കസ് 'ഓൺ ദി റെവലൂഷൻ' പ്രസിദ്ധീകരിച്ചതിനു ശേഷം 20 വർഷം കഴിഞ്ഞ് 1564 ഫെബ്രുവരി 15-ാം തീയതി ഗലീലിയോ ഗലീലി ഇറ്റലിയിലെ പിസാ നഗര ത്തിൽ ജനിച്ചു. 25-ാമത്തെ വയസ്സിൽ പിസാ സർവ്വകലാശാലയിലെ ഗണിത ശാസ്ത്ര അദ്ധ്യാപകനായി. അവിടെ അദ്ദേഹം ഗണിതവും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രവും പഠിപ്പിച്ചു. അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ കളിയാക്കി പ്രസംഗിച്ച തിന്റെ പേരിൽ അദ്ദേഹത്തിന് പ്രൊഫസർ ഉദ്യോഗം നഷ്ടപ്പെട്ടു. പിന്നീട് അദ്ദേഹം വെനീസിൽ പദുവ (Padua) സർവ്വകലാശാലയിൽ ഗണിതശാസ്ത്ര വിഭാഗം അദ്ധ്യക്ഷനായി. ഗലീലിയോയുടെ സ്വതന്ത്രചിന്തയ്ക്ക് അനു കൂലമായ സാഹചര്യമായിരുന്നു അന്ന് വെനീസിൽ ഉണ്ടായിരുന്നത്. എഴുതിയും പ്രസംഗിച്ചും പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തിയും ശാസ്ത്രീയോപക രണങ്ങൾ നിർമ്മിച്ചും അദ്ദേഹം അവിടെ 18 വർഷം ചെലവഴിച്ചു. അവിടെ വച്ചാണ് ഗലീലിയോ തെർമ്മോമീറ്റർ കണ്ടുപിടിച്ചത്. ഗലീലിയോയാണ് ദൂരദർശിനി കണ്ടുപിടിച്ചതെന്നത് ചരിത്രപരമായി ശരിയല്ല. എന്നാൽ ലോകത്ത് ആദ്യമായി ഗ്രഹങ്ങളെയും നക്ഷത്രങ്ങളെയും നിരീക്ഷിക്കുന്നതിന് ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ചത് ഗലീലിയോയായിരുന്നു. ഗലീലിയോ ദൂരദർശിനി നിർമ്മി ക്കുന്നതിനു മുൻപ് ഹോളണ്ടിൽ ദൂരദർശിനികൾ കണ്ടുപിടിച്ചിരുന്നു. ഹോളണ്ടുകാരിൽനിന്നും ദൂരദർശിനിനിർമ്മാണത്തിന്റെ സാങ്കേതികവിദ്യ കരസ്ഥമാക്കി 1609ൽ ഗലീലിയോ സ്വന്തം ദൂരദർശിനി നിർമ്മിച്ചു. ഈ ദൂര ദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് ആകാശസീമകൾക്കപ്പുറം ഉള്ളതിനെയെല്ലാം ഗലീലിയോ നിരീക്ഷിക്കാൻ ശ്രമിച്ചു. ആദ്യമായി അദ്ദേഹം സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണം നട ത്തിയത് ചന്ദ്രനെ ആയിരുന്നു. ദൂരദർശിനിയിലൂടെ ചന്ദ്രനിലെ പർവ്വത ങ്ങളും അഗാധഗർത്തങ്ങളും ഗലീലിയോ സ്വന്തം കണ്ണുകൊണ്ട് കണ്ടു. പാറകളും പൊടിപടലങ്ങളുംകൊണ്ട് നിർമ്മിതമാണ് ചന്ദ്രനെന്ന് അദ്ദേഹം

മനസ്സിലാക്കി. വീണ്ടും വീണ്ടും നടത്തിയ സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണങ്ങളാൽ ഭൗമോപരിതലംപോലെയാണ് ചന്ദ്രോപരിതലം എന്ന് അദ്ദേഹത്തിന് വ്യക്തമായി. സ്വർഗ്ഗീയ ഈഥർകൊണ്ട് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടതാണ് ചന്ദ്രനെന്നും അതിന്റെ ഉപരിതലം സ്നിഗ്ദ്ധവും മിനുസമുള്ളതാണെന്നുമുള്ള അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ വിശ്വാസത്തിന് ആഘാതമേല്പിച്ചു ഗലീലിയോയുടെ നിരീക്ഷണം. ഗലീലിയോ വിവരിച്ച ചന്ദ്രന്റെ 'ഭൂമിശാസ്ത്രം' 1969 ജൂലൈ 21-ന് നീൽ ആംസ്ട്രോങ് അവിടെ നേരിട്ടിറങ്ങി പരിശോധിച്ചപ്പോൾ ശരിയാണെന്ന് തെളിഞ്ഞു. ചന്ദ്രന്റെ രാസഘടന അടിസ്ഥാനപരമായി ഭൂമിയുടേതിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമല്ലെന്ന് ഇന്ന് നമുക്കറിയാം. ഭൂമിയെ എന്തുകൊണ്ടാണോ നിർമ്മിച്ചിട്ടുള്ളത് അതുകൊണ്ടുതന്നെയാണ് ചന്ദ്രനെയും നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത്.

വ്യാഴത്തിലേക്ക് (Jupiter) ദൂരദർശിനി തിരിച്ചപ്പോൾ നാല് ചന്ദ്രന്മാർ അതിനെ ചുറ്റുന്നതായി ഗലീലിയോ കണ്ടു. അവ ഗലീലിയൻ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന പേരിലാണ് ഇന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഭൂമിക്ക് മാത്രമല്ല മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങൾക്കും ചന്ദ്രന്മാരുണ്ടാകാമെന്ന നിഗമനത്തിലെത്തി അദ്ദേഹം. ഗലീലിയോ കണ്ടുപിടിച്ച വ്യാഴത്തിന്റെ ഈ ചന്ദ്രന്മാർ സൗരയൂഥത്തിലെ ഗ്രഹങ്ങളുടെ ചെറിയ രൂപത്തിലുള്ള പകർപ്പ് മാത്രമായിരുന്നു. ഈ പുതിയ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ നിശ്ചലമായ ഭൂമിയെ കേന്ദ്രമാക്കിയുള്ള ചലനത്തെ സംബന്ധിച്ച പഴയ വിശ്വാസം തെറ്റാണെന്നു തെളിയിച്ചു.



ഗലീലിയോ ദൂരദർശിനിയിലൂടെ നിരീക്ഷിച്ച ശുക്രന്റെ വിവിധ അവസ്ഥകൾ

അടുത്തതായി ഗലീലിയോയുടെ കണ്ണുകൾ തിരിഞ്ഞത് വെളുത്ത ശുക്രന്റെ (Venus) നേർക്കായിരുന്നു. ശുക്രൻ എല്ലായ്പോഴും ഒരു പൂർണ്ണ

ഫലകമായി പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നില്ലെന്നും ചന്ദ്രനെപ്പോലെ ഇതും ചില സമയത്ത് ഭാഗികമായും പിന്നീട് പൂർണ്ണമായും കാണപ്പെടുന്നു എന്നും ചിലപ്പോൾ തീരെ അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നുവെന്നും ഗലീലിയോ കണ്ടു. ചന്ദ്രനെപ്പോലെ സൂര്യനിൽനിന്നും വെളിച്ചം കിട്ടുന്ന ഒരു ഇരുണ്ട ഗോളമാണ് ശുക്രനെന്നും അത് സൂര്യനെ ചുറ്റി ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നുവെന്നും അദ്ദേഹം പ്രവചിച്ചു. ശുക്രൻ ഭൂമിയേക്കാൾ സൂര്യനടുത്താണെന്നും ദൂരദർശിനിയിലൂടെ അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി.

പിന്നീട് ഗലീലിയോയുടെ ശ്രദ്ധ തിരിഞ്ഞത് ആകാശത്തിന്റെ അഗാധതയിൽ മിന്നിത്തിളങ്ങിക്കൊണ്ടിരുന്ന നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്കായിരുന്നു. നഗ്നനേത്രങ്ങൾക്ക് കാണാൻ കഴിയാത്തത് ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ചപ്പോൾ ഗലീലിയോയ്ക്ക് കാണാൻ കഴിഞ്ഞു. ഗലീലിയോയുടെ ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് നക്ഷത്രങ്ങളെ സൂക്ഷ്മമായി നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയുമായിരുന്നില്ല. നക്ഷത്രങ്ങൾ ഒരു മഹാദ്ഭുതമായിത്തന്നെ തുടർന്നു. ഗലീലിയോയുടെ വാനനിരീക്ഷണങ്ങൾ നക്ഷത്രങ്ങൾ അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ഗോളത്തിന്റെ അന്തർ ഉപരിതലത്തിൽ പതിച്ചിട്ടുള്ളവയല്ലെന്നും അത് ആകാശത്തിന്റെ അത്യഗാധതയിലേക്ക് വ്യാപിച്ച് കിടക്കുകയാണെന്നും വ്യക്തമായ സൂചനകൾ നല്കി. നക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് വ്യക്തമായ ഘടന ഉണ്ടെന്നും അവ സംഘടിതമായ രൂപത്തിലാണ് ആകാശത്ത് കാണുന്നതെന്നും ഗലീലിയോ ദീർഘദർശനം ചെയ്തു. നിലാവില്ലാത്ത തെളിഞ്ഞ രാത്രികളിൽ ആകാശത്ത് വ്യക്തമായി കാണാവുന്ന ക്ഷീരപഥം അസംഖ്യം നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഒരു സഞ്ചയമാണെന്ന അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രവചനം പിന്നീട് യാഥാർത്ഥ്യമായി അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടു. ഗലീലിയോ ദൂരദർശിനിയിലൂടെ ആകാശത്തു കണ്ട കാഴ്ചകൾ വിവരിച്ചുകൊണ്ട് 1610 മാർച്ചിൽ നക്ഷത്രദൂതൻ (Starry Messenger) എന്ന പുസ്തകം പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. പുസ്തകം വമ്പിച്ച വിജയമായിരുന്നു. അന്നുവരെ അജ്ഞാതമായ നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും വ്യാഴത്തിന്റെ ചന്ദ്രന്മാരുടെയും ചന്ദ്രന്റെയും വിശദവിവരങ്ങൾ അടങ്ങുന്ന ഈ പുസ്തകത്തിന് ചൈന ഉൾപ്പെടെയുള്ള രാജ്യങ്ങളിൽ നല്ല പ്രചാരം ലഭിച്ചു. അതി വിസ്തൃതമായ പ്രപഞ്ചത്തിൽ കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സൗരയൂഥത്തിലാണ് നാം ജീവിക്കുന്നതെന്ന് തെളിഞ്ഞു.

സൂര്യകേന്ദ്ര സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ശക്തനായ വക്താവായ ഗലീലിയോ ഒരു ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞൻ മാത്രമായിരുന്നില്ല; ക്രാന്തദർശിയായ ദാർശനികനും മഹാനായ ഭൗതികജ്ഞനുമായിരുന്നു. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര വികാസത്തിന് അനുസരിച്ച് ഭൗതികത്തിന്റെ നിയമങ്ങളും അദ്ദേഹം കണ്ടുപിടിച്ചു. ഗലീലിയോയ്ക്ക് മുമ്പുള്ള ഭൗതികം സ്ഥിരഭൂമിസിദ്ധാന്തത്തിന് അനുയോജ്യമായതായിരുന്നു. സ്വന്തം അച്ചുതണ്ടിൽ കറങ്ങുമ്പോൾതന്നെ സൂര്യനെ ചുറ്റി ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഭൂമിക്ക് അനുയോജ്യമായ ചലനനിയമങ്ങൾ ആവിഷ്കരിക്കേണ്ടത് ശാസ്ത്രപുരോഗതിക്ക് അനിവാര്യമായിരുന്നു. പുതിയ ചലനനിയമങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കുവാനുള്ള ചരിത്രനിയോഗം ഗലീലിയോയ്ക്കായിരുന്നു. പുതിയ ഭൗതികനിയമങ്ങൾക്ക് തുടക്കം കുറിച്ചത് ഗലീലിയോ ആയതുകൊണ്ടാണ് അദ്ദേഹത്തെ ആധുനിക ഭൗതികത്തിന്റെ പിതാവെന്ന്

വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. ഗലീലിയോ ആണ് ലോകത്താദ്യമായി അനുഭവാത്മക ജ്ഞാനത്തെയും ഗണിതത്തെയും സംയോജിപ്പിച്ച ശാസ്ത്രജ്ഞൻ. അദ്ദേഹം അനുഭവത്തെയും പരീക്ഷണ നിരീക്ഷണങ്ങളെയും ആധാരമാക്കി ഗണിത സൂത്രങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കി.

അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ഭൗതികമനുസരിച്ച് ഭാരമുള്ള വസ്തുക്കൾ ഭാരമില്ലാത്തവയേക്കാൾ വേഗത്തിൽ നിപതിക്കുന്നു. തെറ്റായതും എന്നാൽ ശരിയാണെന്ന് എളുപ്പത്തിൽ നാം തെറ്റിദ്ധരിക്കുന്നതുമായ അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ വാദത്തെ തകർത്ത് സത്യം പുറത്തു കൊണ്ടുവന്നത് ഗലീലിയോ ആയിരുന്നു. വായുപ്രതിരോധമില്ലെങ്കിൽ ഉയരത്തിൽനിന്ന് ഇടുന്ന പീരങ്കി ഉണ്ടയും തൂവലും ഒരേ വേഗതയിൽ നിപതിക്കുമെന്ന് ഗലീലിയോ മനസ്സിലാക്കി. ഒരു പീരങ്കിഉണ്ട തൂവലിനേക്കാൾ വേഗത്തിൽ നിപതിക്കുന്നതിനുള്ള കാരണം വായുപ്രതിരോധംകൊണ്ട് തൂവലിന്റെ വേഗത കുറയുന്നു എന്നു മാത്രമാണ്. അധികം വായുപ്രതിരോധം ഏല്ക്കാത്ത വ്യത്യസ്തഭാരമുള്ള രണ്ട് വസ്തുക്കൾ താഴോട്ട് ഇട്ടാൽ അവ ഒരേ വേഗതയിൽ നിപതിക്കുന്നു. ഇത് തെളിയിക്കാൻ വ്യത്യസ്തഭാരമുള്ള വസ്തുക്കൾ ഇറ്റലിയിലെ പിസാ ഗോപുരത്തിൽനിന്നും താഴേക്ക് ഇട്ട് പരീക്ഷണം നടത്തിയെന്ന് ഒരു കഥയുണ്ട്. ഇതു സത്യമല്ല. എന്നാൽ ഇതിന് സമാനമായ പരീക്ഷണങ്ങൾ അദ്ദേഹം നടത്തിയിട്ടുണ്ട്. അതാണ് ചരിവുപലകയിലെ പരീക്ഷണങ്ങൾ.

കോപ്പർനിക്കസിന് ശേഷം ഉള്ള ഭൗതികത്തിന് അഭിമുഖീകരിക്കേണ്ടി വന്ന ഏറ്റവും മുഖ്യമായ പ്രശ്നമായിരുന്നു ജഡത്വം (inertia). പീരങ്കിഉണ്ടയും തൂവലും ഒരേ വേഗതയിൽ വീഴുമെങ്കിലും അവ തമ്മിൽ എന്തെങ്കിലും വ്യത്യാസമുണ്ടോ? അവ തമ്മിൽ വ്യത്യാസമുണ്ട്. പീരങ്കിഉണ്ടയ്ക്ക് തൂവലിനേക്കാൾ ഭാരമുണ്ട്. ഉയരത്തിൽ നിന്നിടുന്ന പീരങ്കിഉണ്ട ഒരാളിന്റെ തലയിൽ വീണാൽ പരുക്ക് മാരകമായിരിക്കും. എന്നാൽ തൂവൽ തലയിൽ വീണാൽ ഒന്നും സംഭവിക്കാനില്ല. ഇന്ന് നമ്മൾക്കറിയാം, പീരങ്കിഉണ്ടയ്ക്കും തൂവലിനും വ്യത്യസ്ത ദ്രവ്യമാനമാണുള്ളതെന്നും അവയുടെ ദ്രവ്യമാനമാണ് അവയുടെ ജഡത്വത്തെ നിശ്ചയിക്കുന്നതെന്നും. അവയുടെ ചലനാവസ്ഥയിലെ മാറ്റത്തെ പ്രതിരോധിക്കുന്ന പ്രവണതയാണ് ജഡത്വം. ഭാരമുള്ള വസ്തുവിന് കൂടുതൽ ജഡത്വം ഉണ്ട്. അതുകൊണ്ടാണ് ഭാരം ഉള്ളത് ഭാരം ഇല്ലാത്ത വസ്തുവിനേക്കാൾ വേഗത്തിൽ നിപതിക്കാത്തത്. ഈ വസ്തുത ഗലീലിയോയ്ക്കുപോലും പൂർണ്ണമായി അറിയില്ലായിരുന്നു. ന്യൂട്ടനാണ് ഈ സത്യം കണ്ടുപിടിച്ചത്. എന്നാൽ ഗലീലിയോയുടെ പരീക്ഷണങ്ങളാണ് ന്യൂട്ടന് വഴികാട്ടിയായത്. ന്യൂട്ടന്റെ ചലനനിയമങ്ങൾ ഗലീലിയോയുടെ നിരീക്ഷണാനുമാനങ്ങളുടെ തുടർച്ചയാണ്. അരിസ്റ്റോട്ടിൽ ജഡത്വത്തിന്റെ പകുതി നിർവചിച്ചിരുന്നു. അതായത് ''വിരാമാവസ്ഥയിലുള്ള വസ്തുക്കൾ അതേ അവസ്ഥയിൽ തുടരും.'' നിശ്ചലമായ ഭൂമിക്ക് അനുയോജ്യമായിരുന്നു ഈ നിർവചനം. എന്നാൽ ഇത് കോപ്പർനിക്കസിന്റെ പ്രപഞ്ചത്തിലെ ചലിക്കുന്ന ഭൂമിക്ക് യോജിച്ചതായിരുന്നില്ല. ചലിക്കുന്ന ഭൂമിക്ക് അനുയോജ്യമായി 'ജഡത്വ'ത്തിന്റെ മറ്റേ പകുതി ഗലീലിയോ നിർവചിച്ചു. ''ചലനാവസ്ഥയിലുള്ളത് ചലനാവസ്ഥയിൽ തുടരും.''

ഗലീലിയോയ്ക്ക് മുൻപ് അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ഭൗതികത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി നിലനിന്നിരുന്ന പ്രബലമായ ധാരണ വസ്തുക്കൾ ചലിക്കുന്നത് ഒരു ബലം അവയ്ക്കുമേൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന കാലത്തോളം മാത്രമായിരിക്കുമെന്നും ബലങ്ങളുടെ അസാന്നിദ്ധ്യത്തിൽ വസ്തുക്കൾ നിശ്ചലമായി നിലകൊള്ളുമെന്നും ആയിരുന്നു. ഈ വീക്ഷണഗതി നിത്യജീവിതത്തിലെ വസ്തുതകളുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായി തോന്നിയതുകൊണ്ട് യുഗങ്ങളോളം അത് അവിതർക്കിതമായി നിലകൊണ്ടു. അത് തെറ്റാണെന്ന് കണ്ടെത്തിയതാണ് ഗലീലിയോയുടെ ബുദ്ധിവൈഭവം. പഴയ ധാരണകളെ തിരുത്തിക്കുറിക്കുവാൻ അദ്ദേഹം നിരവധി പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി. ചരിവുപലകയിൽ നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങളാണ് 'ജഡത്വനിയമം' കണ്ടെത്തുന്നതിന് ഗലീലിയോയെ സഹായിച്ചത്. ചരിവുപലകയിൽ ഗോളം മേല്പോട്ട് ഉന്തിയാൽ അത് ക്രമേണ മന്ദീകൃതമായി നിശ്ചലാവസ്ഥയിലെത്തുകയും പിന്നീട് ത്വരണത്തിന് വിധേയമായി കീഴ്പ്പോട്ട് ഇറങ്ങുവാൻ തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. പലകയുടെ ചരിവ് അല്പം കുറഞ്ഞാൽ ഗോളത്തിന്റെ ആരോഹണത്തിലുള്ള മന്ദീകരണത്തോത് കുറയുമെന്നും അവരോഹണത്തിൽ ത്വരണം കുറയുമെന്നും ഗലീലിയോ കണ്ടെത്തി. ഈ പലക കൃത്യമായി വിലങ്ങനെ നിർത്തിയാലോ? തീർച്ചയായും ഗോളത്തിന് അപ്പോൾ മന്ദീകരണമോ ത്വരണമോ ഉണ്ടാവുകയില്ല. ചലനത്തിന് മന്ദീകരണമോ ത്വരണമോ ഇല്ലാതെ അത് അനിശ്ചിതകാലത്തോളം ഉരുളും. യാതൊരു പ്രതിരോധവും ഇല്ലാതെ ഒരു വിലങ്ങൽതലത്തിൽ വസ്തു നീങ്ങുകയാണെങ്കിൽ ചലനം ഏകസമാനമായിരിക്കും. വിലങ്ങൽ പ്രതലം സ്ഥലത്തിൽ അനന്തമായി വ്യാപിച്ചിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ചലനം അവസാനമില്ലാത്തതായിരിക്കും. സുപ്രസിദ്ധമായ ഈ പരീക്ഷണത്തിലൂടെ ഗലീലിയോ ജഡത്വനിയമം കണ്ടുപിടിച്ചു. ഗലീലിയോ ചരിവുതലത്തിലെ പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തുമ്പോൾ കൃത്യതയുള്ള ഘടികാരങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നില്ലെന്ന് നാം ഓർക്കണം. സമയം അളക്കുന്നതിന് അദ്ദേഹം ആശ്രയിച്ചത് സ്വന്തം ഹൃദയസ്പന്ദനത്തെയായിരുന്നു. ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റിന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ മനഃപരീക്ഷണങ്ങളുടെ എക്കാലത്തെയും പ്രതിഭയായിരുന്നു ഗലീലിയോ. എന്നാൽ അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളുടെ സ്വാധീനത്തിൽനിന്ന് പൂർണ്ണമായി മോചിതനാകാൻ ഗലീലിയോയ്ക്ക് കഴിഞ്ഞില്ല. വസ്തുക്കൾ താഴേക്ക് വീഴുന്നത് ആ വസ്തുക്കളുടെ ആന്തരികവും നൈസർഗ്ഗികവുമായ സ്വഭാവഗുണംകൊണ്ടാണെന്ന് അരിസ്റ്റോട്ടിൽ കരുതിയിരുന്നു. അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ഈ പരികല്പനകൾ പൂർണ്ണമായും തള്ളിക്കളഞ്ഞത് ഐസക് ന്യൂട്ടനായിരുന്നു.

ജഡത്വത്തെയും ഗുരുത്വാകർഷണത്തെയുംകുറിച്ചുള്ള ഗലീലിയോയുടെ ധാരണകൾ കെപ്ലറുമായി അദ്ദേഹം സഹകരിച്ചിരുന്നെങ്കിൽ മെച്ചപ്പെടുത്താൻ കഴിയുമായിരുന്നു. കെപ്ലറുടെ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളോട് ഗലീലിയോ അസഹിഷ്ണുത പുലർത്തിയിരുന്നു. ചന്ദ്രന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണമാണ് വേലിയേറ്റത്തിന് കാരണമെന്ന കെപ്ലറുടെ നിർദ്ദേശത്തെ ഗലീലിയോ പുച്ഛിച്ചു തള്ളി. കെപ്ലറുടെ ഗുരുത്വാകർഷണസിദ്ധാന്തത്തെ വെറും മിസ്റ്റിസിസമാണെന്നു പറഞ്ഞ് ആക്ഷേപിച്ചു.

കത്തോലിക്കാസഭയും ഗലീലിയോയും തമ്മിലുണ്ടായ സംവാദങ്ങൾ ദർശനത്തിന്റെ വളർച്ചയിൽ സുപ്രധാനമാണ്. കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ അദ്ദേഹം അനുകൂലിച്ചത് സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണങ്ങളുടെ ഫലമായി ഉണ്ടായ തെളിവുകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. ഗലീലിയോയുടെ കാലത്ത് ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തങ്ങളും ദർശനങ്ങളും എഴുതിയിരുന്നത് ലത്തീൻ ഭാഷയിലായിരുന്നു. അത് സാധാരണക്കാർക്ക് ദുർഗ്രാഹ്യവുമായിരുന്നു. എന്നാൽ ഗലീലിയോ കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ പ്രചരിപ്പിച്ചത് ഇറ്റാലിയൻ ഭാഷയിലായിരുന്നു. അതുകൊണ്ട് സർവ്വകലാശാലകൾക്ക് പുറത്ത് അദ്ദേഹത്തിന് ജനങ്ങളുടെ പിന്തുണ ലഭിച്ചു. അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ അന്ധമായി പിന്തുടർന്നിരുന്ന പണ്ഡിതന്മാർക്ക് ഇത് ഇഷ്ടപ്പെട്ടില്ല. അവരും കത്തോലിക്കാസഭയും ചേർന്ന് കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തെ നിരോധിച്ചു. സഭയുടെയും പണ്ഡിതന്മാരുടെയും നടപടികൾ അദ്ദേഹത്തെ ദുഃഖിതനാക്കി. താൻ ആവിഷ്കരിച്ച സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ചർച്ച ചെയ്ത് കത്തോലിക്കാസഭയെ ബോധ്യപ്പെടുത്തുന്നതിന് അദ്ദേഹം റോമിൽ പോയി. ബൈബിളിന്റെ ലക്ഷ്യം മനുഷ്യനെ ശാസ്ത്രം പഠിപ്പിക്കുകയല്ലെന്ന് അദ്ദേഹം വാദിച്ചു. സഭ ഇത് അംഗീകരിക്കാൻ തയ്യാറായില്ല. കോപ്പർനിക്കസ് സിദ്ധാന്തം അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടാൽ കത്തോലിക്കാസഭയും പ്രൊട്ടസ്റ്റന്റ് വിഭാഗവും തമ്മിൽ അന്ന് നടന്നുകൊണ്ടിരുന്ന ആശയ സംഘട്ടനത്തിൽ സഭ പരാജയപ്പെട്ടു പോകുമെന്ന് ഭയന്നു. ഈ രണ്ടു കൂട്ടരും മത്സരിച്ചാണ് ഗലീലിയോയുടെ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ എതിർത്തിരുന്നത്. കോപ്പർനിക്കസ് സിദ്ധാന്തങ്ങളുടെ പ്രചാരണം തടയുന്നതിന് എല്ലാവിധ മർദ്ദന സംവിധാനങ്ങളും സഭ ഏർപ്പെടുത്തി. 1616-ൽ കോപ്പർനിക്കസ്സിദ്ധാന്തം തെറ്റും സത്യവിരുദ്ധവുമാണെന്ന് പ്രഖ്യാപിക്കപ്പെട്ടു. ഗലീലിയോ കോപ്പർനിക്കസ് സിദ്ധാന്തം സംരക്ഷിക്കുകയോ പ്രചരിപ്പിക്കുകയോ പാടില്ലെന്ന് സഭ ഉത്തരവിട്ടു.

1623-ൽ ഗലീലിയോയുടെ ദീർഘകാല സുഹൃത്തായിരുന്ന മാഫിയോ ബാർബെറിനി (Maffeo Barberini) പോപ്പ് ആയി സ്ഥാനാരോഹണം ചെയ്തു. ബാർബെറിനിയെക്കൊണ്ട് നിരോധന ഉത്തരവ് പിൻവലിപ്പിക്കുന്നതിനു വേണ്ടി ഗലീലിയോ ശ്രമം ആരംഭിച്ചു. ഉത്തരവ് പിൻവലിപ്പിക്കുന്നതിൽ അദ്ദേഹം പരാജയപ്പെട്ടെങ്കിലും അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെയും കോപ്പർനിക്കസിന്റെയും സിദ്ധാന്തങ്ങളെപ്പറ്റി ഒരു പുസ്തകം എഴുതുന്നതിന് അനുമതി നേടി. രണ്ട് വ്യവസ്ഥകൾക്ക് വിധേയമായിട്ടായിരുന്നു പോപ്പ് ഗലീലിയോയ്ക്ക് പുസ്തകരചനയ്ക്ക് അനുമതി നല്കിയത്. ഇതിലൊന്ന് ആരുടെയും പക്ഷം ചേരരുതെന്നുള്ളതായിരുന്നു. രണ്ടാമത്തെ വ്യവസ്ഥ മനുഷ്യന് ചിന്തിക്കാൻ പോലും പറ്റാത്ത വിധത്തിൽ ദൈവം സൃഷ്ടിച്ച ഈ ലോകം എങ്ങനെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്ന് നിർണ്ണയിക്കാൻ പറ്റില്ല എന്നതുകൊണ്ട് നാം സർവ്വശക്തനായ ദൈവത്തിന് നിയന്ത്രണം വച്ചുകൂടാ എന്നായിരിക്കണം പുസ്തകത്തിന്റെ പരിസമാപ്തി. ഈ അടിസ്ഥാനത്തിൽ 'രണ്ട് മുഖ്യലോക വ്യവസ്ഥകളെപ്പറ്റി—ടോളമിയുടേതും കോപ്പർനിക്കസിന്റേതും—ഒരു സംവാദം' (Dialogues Concerning the Two Chief World Systems — Ptolemaic and Copernican) എന്ന പുസ്തകം 1632-ൽ ഗലീലിയോ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു.

ദാർശനികവും സാഹിത്യപരവും ശാസ്ത്രസത്യങ്ങൾ അനാവരണം ചെയ്യുന്നതുമായ ഈ കൃതിക്ക് യൂറോപ്പിൽ മുഴുവൻ വമ്പിച്ച പ്രചാരം ലഭിച്ചു. യൂറോപ്പിലെ ജനങ്ങൾക്കിടയിൽ ഇത് ഒരു ചിന്താവിപ്ലവം അഴിച്ചുവിടുമെന്ന് മതമേധാവികൾ ഭയപ്പെട്ടു. കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ അംഗീകരിക്കുന്ന പുസ്തകമായിട്ടാണ് ഇതിനെ പോപ്പ് കണ്ടത്. ക്ഷുഭിതനായ പോപ്പ് 1632 ആഗസ്റ്റിൽ പുസ്തകത്തെക്കുറിച്ചന്വേഷിക്കാനും അതിന്റെ കച്ചവടം നിരോധിക്കാനും കോപ്പികൾ കണ്ടുകെട്ടുവാനും ഉത്തരവിട്ടു. ഗലീലിയോ സഭയുടെ അംഗീകാരത്തോടുകൂടിയാണ് എഴുതിയതെങ്കിലും പുസ്തകത്തിന്റെ ഉള്ളടക്കം സഭയുടെ വിശ്വാസപ്രമാണങ്ങൾക്ക് എതിരാണെന്ന് വിധിച്ചു. മത കോടതിയിൽ ഗലീലിയോ വിചാരണ ചെയ്യപ്പെട്ടു. കോടതി ഗലീലിയോയെ വീട്ടുതടങ്കലിൽ ജീവപര്യന്തം ശിക്ഷ വിധിച്ചു. പരസ്യമായി ഗലീലിയോ കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തം തള്ളിപ്പറയണമെന്നും ആവശ്യപ്പെട്ടു.

ഗലീലിയോ കത്തോലിക്കാ വിശ്വാസിയായി തുടർന്നെങ്കിലും ശാസ്ത്രത്തിന്റെ സ്വാതന്ത്ര്യത്തിനുവേണ്ടിയുള്ള അദ്ദേഹത്തിന്റെ നിലപാട് ഉറച്ചതായിരുന്നു. ശാസ്ത്രത്തിൽ അദ്ദേഹത്തിനുണ്ടായിരുന്ന ദൃഢവിശ്വാസം തകർക്കപ്പെടാൻ കഴിയുമായിരുന്നില്ല. പീഡനങ്ങളും ഭീഷണികളും അദ്ദേഹത്തെ ശക്തനാക്കി. ജീവപര്യന്തം വീട്ടുതടങ്കലിൽ കഴിയുമ്പോൾ, അദ്ദേഹത്തിന്റെ മരണത്തിന് നാല് വർഷങ്ങൾക്ക് മുൻപ്, 'രണ്ടു പുതിയ ശാസ്ത്രങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച സംവാദം' (Dialogues Concerning Two New Sciences) എന്ന പ്രസിദ്ധമായ പുസ്തകം എഴുതി. ഇതിന്റെ കൈയെഴുത്തുപ്രതി ഒരു സുഹൃത്തുവഴി കടത്തിക്കൊണ്ടുപോയി ഹോളണ്ടിൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. ഗലീലിയോയുടെ ഏറ്റവും നല്ല പുസ്തകമായിട്ടാണ് ഇത് കരുതപ്പെടുന്നത്. ഈ പുസ്തകത്തിലെ മുഖ്യവിഷയങ്ങൾ ചലനവും ജഡത്വവുമാണ്. ഈ പുസ്തകമാണ് ആധുനിക ഭൗതികത്തിന് തുടക്കം കുറിച്ചത്. കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്ക് അദ്ദേഹം നല്കിയ പിന്തുണയേക്കാൾ മഹത്തരമായിരുന്നു അദ്ദേഹം ആധുനിക ഭൗതികത്തിന്റെ അടിത്തറ പാകുന്നതിന് നല്കിയ സംഭാവന.

ഗലീലിയോയുടെ അടിയുറച്ച ശാസ്ത്രബോധത്തിന് മുന്നിൽ പിന്നീട് ശാസ്ത്രവിരോധികളായിരുന്ന മതമേധാവികൾക്ക് മുട്ട് മടക്കേണ്ടി വന്നു. മൂന്ന് നൂറ്റാണ്ടുകൾക്കുശേഷം 1980-ൽ പോപ്പ് ജോൺപോൾ രണ്ടാമൻ ഗലീലിയോയ്ക്ക് എതിരെയുള്ള കേസ് പുനഃപരിശോധന നടത്തുവാൻ ഉത്തരവിട്ടു. ഐൻസ്റ്റിന്റെ നൂറാമത് ജന്മദിനാഘോഷവേളയിൽ പോപ്പ് പ്രഖ്യാപിച്ചു, "ഗലീലിയോ സഭയുടെ പീഡനത്തിന് ഇരയായി, ഗലീലിയോ നടത്തിയ ഗവേഷണങ്ങൾ സഭയുടെ വിശ്വാസപ്രമാണങ്ങൾക്കെതിരായിരുന്നില്ല. ശാസ്ത്രനിയമങ്ങളും മതതത്ത്വങ്ങളും ഒരേ ദൈവത്തിൽനിന്നാണ് ഉത്ഭവിക്കുന്നത്." 1994 മേയ് 31-ന് ഗലീലിയോയുടെ ബഹുമാനാർത്ഥം രണ്ട് സ്റ്റാമ്പുകൾ വത്തിക്കാൻ പുറത്തിറക്കി.

ഗലീലിയോയുടെ പ്രപഞ്ചം അതിവിശാലമായിരുന്നു. ഗലീലിയോ വീട്ടുതടങ്കലിൽ കിടക്കുമ്പോൾ സുപ്രസിദ്ധ ആംഗലേയ കവി മിൽട്ടൺ അദ്ദേഹത്തെ സന്ദർശിച്ചിരുന്നു. മിൽട്ടന്റെ പറുദീസയുടെ നഷ്ടം (Para-

dise Lost) എന്ന മഹാകാവ്യത്തിലെ സ്വർഗ്ഗത്തിന്റെ അതിവിശാലതയും വ്യാപ്തിയും ഗലീലിയോയിൽനിന്ന് ഉൾക്കൊണ്ടതായിരുന്നു. എന്നാൽ പറുദീസ നഷ്ടപ്പെടാതിരിക്കാൻ മിൽട്ടൺ ഭൂകേന്ദ്രപ്രപഞ്ചസിദ്ധാന്തത്തിൽ തന്നെ ഉറച്ചു നിന്നു. സത്യാന്വേഷണ പരീക്ഷകനായ ഗലീലിയോയ്ക്ക് നരകമാണ് ലഭിച്ചത്. അതിർത്തിയില്ലാത്ത സ്ഥലത്തിലൂടെ ഗ്രഹങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നതായിരുന്നു ഗലീലിയോ അവതരിപ്പിച്ച പ്രപഞ്ചചിത്രം. ഗലീലിയോയുടെ കണ്ണുകളുടെ കാഴ്ച നഷ്ടപ്പെടുന്നതുവരെ (1637 വരെ) അദ്ദേഹം സ്വയം വികസിപ്പിച്ചെടുത്ത ദൂരദർശിനിയിലൂടെ ആകാശത്തിന്റെ അഗാധതകൾ അളക്കുന്നതിലേർപ്പെട്ടു. ആധുനിക ഭൗതികത്തിനും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിനും തുടക്കം കുറിച്ച ഗലീലിയോ ഗലീലി 1642-ൽ അന്തരിച്ചു.

ന്യൂട്ടന്റെ ലോകം

പ്രപഞ്ചത്തെപ്പറ്റിയുള്ള മനുഷ്യധാരണയെ തിരുത്തിക്കുറിച്ച മഹാന്മാരായ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരിൽ ഒരാളായിരുന്നു സർ ഐസക് ന്യൂട്ടൺ. ഗലീലിയോ അന്തരിച്ച അതേ വർഷത്തിലെ ക്രിസ്മസ് ദിനത്തിൽ വൂൾസ്ത്രോപ്പിൽ ലിങ്കൺ ഷെയറിൽ ഐസക് ന്യൂട്ടൺ ജനിച്ചു. ശാസ്ത്രപഠനം അദ്ദേഹത്തിന് ജീവിതവ്രതമായിരുന്നു. അദ്ദേഹമാണ് ഗുരുത്വാകർഷണ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ഉപജ്ഞാതാവ്. ഭൂമിയിലെയും സ്വർഗ്ഗത്തിലെയും ഭൗതികനിയമങ്ങൾ ഒന്നു തന്നെയാണെന്ന് ആദ്യമായി സ്ഥാപിച്ചത് ന്യൂട്ടണായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തെ രണ്ടു തട്ടുകളായി, ചന്ദ്രന് മുകളിൽ ഒരു ലോകവും താഴെ വേറൊരു ലോകവുമെന്ന് വേർതിരിച്ചുള്ള അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ പ്രപഞ്ചവീക്ഷണത്തെ ന്യൂട്ടന്റെ സാർവ്വത്രിക ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം തകർത്തു. അത് കോപ്പർനിക്കസിന്റെ പ്രപഞ്ചത്തിനാവശ്യമായ ഭൗതികാടിത്തറപാകുകയും ചെയ്തു. ഏതാണ്ട് രണ്ട് നൂറ്റാണ്ടുകാലം ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം ദൈവവചനമായി കരുതപ്പെട്ടു. ഐൻസ്റ്റിന്റെ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം വരച്ചു കാട്ടിയ വിശാലമായ പ്രപഞ്ചചിത്രത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗമാണിന്നും ന്യൂട്ടന്റെ ചലനനിയമങ്ങൾ. ചന്ദ്രനിലേക്കും മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളിലേക്കും നാം അയയ്ക്കുന്ന ബഹിരാകാശവാഹനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് ന്യൂട്ടൺ നിയമങ്ങളാണ്. ചന്ദ്രനിലേക്ക് വിക്ഷേപിച്ച അപ്പോളോ 8-ലെ ബഹിരാകാശസഞ്ചാരിയായ ബിൽ അൻഡേഴ്സിനോട് (Bill Anders) ആരാണ് അപ്പോളോവാഹനം ഓടിക്കുന്നതെന്ന് അദ്ദേഹത്തിന്റെ മകൻ താഴെനിന്നു ചോദിച്ചപ്പോൾ അൻഡേഴ്സൺ ബഹിരാകാശത്തുനിന്ന് മറുപടി പറഞ്ഞു: ''ഐസക് ന്യൂട്ടൺ, ഐസക് ന്യൂട്ടൺ.''

ഭൂമിയിലെ ചലനനിയമങ്ങളല്ല ആകാശഗോളങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് എന്നായിരുന്നുവല്ലൊ ഗ്രീക്ക് ദാർശനികനായ അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ധാരണ. മുകളിൽനിന്നും ഇട്ടാൽ താഴെ വീഴുന്ന ആന്തരികമായ ഒരു സ്വഭാവം വസ്തുക്കൾക്ക് ഉണ്ടെന്ന് 17-ാം നൂറ്റാണ്ടുവരെ എല്ലാവരും വിശ്വസിച്ചു. അത് വിശദീകരണം ആവശ്യമില്ലാത്ത ഒരു സത്യമാണെന്നായിരുന്നു ധാരണ. താഴെ വീഴുന്ന വസ്തുവിനും ഭൂമിക്കും ഇടയിലുള്ള ആകർഷണബലമാണ് ഇതിന് കാരണമെന്ന് ആദ്യം കണ്ടെത്തിയത് ന്യൂട്ടണായിരുന്നു.

ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം കണ്ടുപിടിച്ചതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ഒരു കഥയുണ്ട്. 1665-ൽ കേംബ്രിജ് സർവകലാശാലയിലെ ബിരുദപഠനം പൂർത്തിയാക്കിയതിനു ശേഷം ന്യൂട്ടൺ അല്പകാലം അമ്മയുടെ വീട്ടിൽ ചെലവഴിച്ചു. അന്ന് അദ്ദേഹത്തിന് 22 വയസ്സായിരുന്നു. ന്യൂട്ടന്റെ അമ്മയുടെ വീടിന്റെ മുന്നിൽ ഒരു ആപ്പിൾതോട്ടം ഉണ്ടായിരുന്നു. ഒരു ദിവസം ന്യൂട്ടൺ

ആപ്പിൾമരങ്ങളിൽ കണ്ണുംനട്ടിരുന്നപ്പോൾ ഒരു ആപ്പിൾ താഴേക്ക് പതിക്കുന്നത് ശ്രദ്ധയിൽപെട്ടു. ആപ്പിൾ വീഴുന്നത് ന്യൂട്ടന്റെ മനസ്സിനെ തട്ടിഉണർത്തി. ആപ്പിൾ താഴേക്ക് വീഴുന്നത് എന്തുകൊണ്ട് എന്ന മനസ്സിലുയർന്ന ചോദ്യമാണ് ഗുരുത്വാകർഷണനിയമത്തിലേക്ക് നയിച്ചത്. ഈ നിരീക്ഷണമാണ് ഭൂമിയുടെയും സ്വർഗ്ഗത്തിന്റെയും നിയമമായ സാർവ്വത്രിക ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം ആവിഷ്കരിക്കുന്നതിനിടയാക്കിയത്. ആപ്പിളിനെ ഭൂമിയിലേക്ക് പിടിച്ചു വലിക്കുന്ന അതേ ബലംതന്നെയാണ് ചന്ദ്രനെ ഭൂമിയിലേക്ക് വീഴാതെ, ആവശ്യമായ അഭികേന്ദ്രബലം നല്കി പിടിച്ചു നിർത്തുന്നതെന്ന് ന്യൂട്ടൺ മനസ്സിലാക്കി. ചന്ദ്രന്റെ ഭ്രമണകാലത്തിൽ നിന്നും അതിന്റെ പരിപഥത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധത്തിൽനിന്നും ആവശ്യമായ അഭികേന്ദ്രത്വരണം എത്രയെന്ന് അദ്ദേഹം കണക്കുകൂട്ടി. 0.00267 മീ/സെ^{2} എന്ന വളരെ ചെറിയ വിലയാണ് അദ്ദേഹത്തിന് കിട്ടിയത്. ഭൂമിയിലെ ഗുരുത്വാകർഷണത്വരണവും ചന്ദ്രനിലെ അഭികേന്ദ്രത്വരണവും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം വിശദീകരിക്കുവാൻ ആകർഷണബലം വസ്തുവിനും ഭൂമിക്കും ഇടയിലുള്ള ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതികമാണെന്ന് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു. ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനം അതിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നതായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ മഹത്തായ നിർവചനം. വസ്തുക്കളിലെ ബലം അവയുടെ ദ്രവ്യമാനത്തെ ആശ്രയിച്ച് നില്ക്കുന്നതിനാൽ (ബലം = ദ്രവ്യമാനം x ത്വരണം) ചന്ദ്രന്റെ മേലുള്ള ഭൂമിയുടെ ആകർഷണം ചന്ദ്രന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെക്കൂടി ആശ്രയിച്ചായിരിക്കണം എന്നദ്ദേഹം വാദിച്ചു. അതേപോലെ ചന്ദ്രൻ ഭൂമിയിൽ ചെലുത്തുന്ന ബലം ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കണം. അതായത് ഭൂമിക്കും ചന്ദ്രനും ഇടയിലെ ആകർഷണം അവയ്ക്കിടയിലെ ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതികമാണെന്നതിനുപുറമേ അവയുടെ ദ്രവ്യമാനത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അതുപോലെ ആപ്പിളിന്മേലുള്ള ആകർഷണബലം ഭൂമിയുടെയും ആപ്പിളിന്റെയും ദ്രവ്യമാനത്തിന് നേരിട്ടും അവയ്ക്കിടയിലെ ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതികവും ആയിരിക്കണം.

ഈ നിയമങ്ങളെ അദ്ദേഹം സാമാന്യവത്കരിച്ചു. ഈ പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കൾക്കിടയിലും ഇപ്രകാരം ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ ഗുണിതങ്ങൾക്ക് ആനുപാതികവും അവയ്ക്കിടയിലെ ദൂരത്തിന് വിപരീതാനുപാതികവുമായ ഒരു ബലം ഉണ്ടാകും എന്നദ്ദേഹം കരുതി. ഈ ആശയങ്ങൾ അദ്ദേഹത്തിന് ലബോറട്ടറിയിലെ പരീക്ഷണംമൂലം തെളിയിക്കുവാൻ കഴിയുമായിരുന്നില്ല. കാരണം ഈ ആകർഷണബലം വളരെ ചെറുതായിരുന്നു. ഗ്രഹചലനങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ ഈ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ശരിയാണോ എന്നും അതുവഴി കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങൾ വ്യുൽപാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയുമോ എന്നും പരിശോധിക്കാൻ അദ്ദേഹം ശ്രമിച്ചു. എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളും സൂര്യനിലേക്ക് പിടിച്ചു വലിക്കുന്നതായി അദ്ദേഹം സങ്കല്പിച്ചു. ഈ ബലം ഗ്രഹത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തിനും സൂര്യന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തിനും നേരിട്ട് ആനുപാതികവും അവയ്ക്കിടയിലെ ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതികവുമാണ്. ഈ സങ്കല്പങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ന്യൂട്ടൺ കെപ്ലറുടെ നിയമങ്ങൾ ശരിയാണെന്ന് തെളിയിച്ചു. സൂര്യന്

ചുറ്റും ഗ്രഹങ്ങൾ ദീർഘവൃത്താകൃതിയിൽ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നതിനുള്ള വിശദീകരണവും അദ്ദേഹം നല്കി. ന്യൂട്ടന്റെ സാർവ്വത്രിക ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം ഇങ്ങനെ നിർവചിക്കാം. "ഈ പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കളും പരസ്പരം ആകർഷിക്കുന്നു. ഈ ആകർഷണബലം വസ്തുക്കളുടെ ദ്രവ്യമാനങ്ങളുടെ ഗുണിതത്തിന് ആനുപാതികവും അവയ്ക്കിടയിലെ ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതികവുമാണ്. ഗണിതപ്രതീകങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം ഇങ്ങനെ എഴുതാം.

$$F = \frac{G\, m_1\, m_2}{r^2}$$

m_1, m_2 വസ്തുക്കളുടെ ദ്രവ്യമാനവും 'r' അവയ്ക്കിടയിലെ ദൂരവും. 'G' ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിരാങ്കവുമാണ്.

കെപ്ലറുടെ ഗ്രഹചലനനിയമങ്ങൾ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെയും ചലനത്തിന്റെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞത് ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണനിയമത്തിനും അടിത്തറയായി. ഗ്രഹങ്ങളുടെ ഉപരിതലത്തിൽ വീഴുന്ന വസ്തുക്കളുടെ ചലനം ഒരേ നിയമങ്ങൾകൊണ്ട് വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞു എന്നതാണ് മഹത്തായ കാര്യം. ഭൂമിയിലെ വസ്തുക്കളുടെ ചലനത്തെ ഭരിക്കുന്ന നിയമങ്ങളല്ല ഖഗോളവസ്തുക്കളെ ഭരിക്കുന്നത് എന്ന മാമൂൽ വിശ്വാസത്തിന് ഇതൊരു കനത്ത പ്രഹരമായിരുന്നു. കൂടാതെ കോപ്പർനിക്കസിന്റെ സൂര്യകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തം ന്യൂട്ടന്റെ സംഭാവനകളിലൂടെ അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടു. സൂര്യനെ ആസ്പദമാക്കി ഒരു ജഡത്വപദ്ധതി ആവിഷ്കരിക്കപ്പെട്ടു. നക്ഷത്രങ്ങളും സൂര്യനെപ്പോലുള്ള വസ്തുക്കളാണെന്ന് ചിന്തിക്കുവാൻ തുടങ്ങി. അത് വളരെ അകലെയാണെന്ന് ബോധ്യപ്പെട്ടു.

പ്രാപഞ്ചികഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യം വസ്തുക്കളുടെ സ്വഭാവത്തെയോ അവയ്ക്കിടയിലെ മാധ്യമത്തെയോ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. അതിനാലാണ് ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം സാർവ്വത്രികമാകുന്നത്. r ദൂരത്തിലിരിക്കുന്ന m_1, m_2 ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുക്കളുടെ ഇടയിലുള്ള ബലം അറിയാമെങ്കിൽ ഗുരുത്വാകർഷണസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ വില കണ്ടെത്താം. എന്നാൽ പരീക്ഷണശാലയിൽവച്ച് ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യം കണ്ടുപിടിക്കാൻ ന്യൂട്ടന്റെ കാലത്ത് പ്രയാസമായിരുന്നു. ന്യൂട്ടന്റെ കാലശേഷം 1798-ൽ G-യുടെ വില നിർണ്ണയിക്കുന്നതിൽ ഹെൻട്രി കാവൻഡിഷ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ വിജയിച്ചു. പിന്നീട് പരീക്ഷണം നടത്തിയവരെല്ലാം G-യുടെ വില കണ്ടെത്താൻ കൂടുതൽ പരിഷ്കൃതമായ മാർഗ്ഗങ്ങളെ അവലംബിച്ചു. G-യുടെ ഇപ്പോഴത്തെ അംഗീകരിക്കപ്പെട്ട മൂല്യം 6.67×10^{-11} ന്യൂട്ടൺ മീ^{2}/കി ഗ്രാം^{2} ആണ്.

കാന്തത്തിന് ചുറ്റും കാന്തക്ഷേത്രം (field) ഉണ്ട്. അതുപോലെ ഒരു വൈദ്യുതചാർജിന് ചുറ്റും വൈദ്യുതക്ഷേത്രം ഉണ്ട്. ഈ ക്ഷേത്രത്തിലേക്ക് ഒരു ചാർജ് കൊണ്ടുവന്നാൽ അതിന്മേൽ ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു. സമാനമായി ഭൂമിക്ക് ചുറ്റും ഒരു ഗുരുത്വാകർഷണക്ഷേത്രം ഉണ്ട്. ഒരു വസ്തുവിനെ

ഈ ക്ഷേത്രത്തിൽ കൊണ്ടുവന്നാൽ അതിന്മേൽ ഒരു ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഈ ബലത്തിന്റെ ദിശ ഭൂകേന്ദ്രത്തിലേക്കായിരിക്കും. വൈദ്യുത ക്ഷേത്രത്തിന്റെയും കാന്തക്ഷേത്രത്തിന്റെയും കാര്യത്തിലെന്നപോലെ ഗുരുത്വക്ഷേത്രത്തിന്റെയും തീവ്രത നിർണ്ണയിക്കാം.

ബ്രിട്ടീഷ് ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന എഡ്മണ്ട് ഹാലി (Edmond Halley) ന്യൂട്ടന്റെ സമകാലികനും ആത്മസുഹൃത്തുമായിരുന്നു. ന്യൂട്ടന്റെ മഹത്തായ ശാസ്ത്രസംഭാവനകൾ മനസ്സിലാക്കിയ അദ്ദേഹം ഗുരുത്വാകർഷണത്തെയും സൗരയൂഥത്തിന്റെ ഗതികത്തെയുംപറ്റി ഒരു പുസ്തകമെഴുതാൻ ന്യൂട്ടനോട് അഭ്യർത്ഥിച്ചു. ഹാലിയുടെ അഭ്യർത്ഥന മാനിച്ച് ന്യൂട്ടൺ 1687-ൽ 'പ്രകൃതി തത്ത്വശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഗണിതതത്ത്വങ്ങൾ' (Philosophia Naturalis Principia Mathematica) എന്ന പുസ്തകമെഴുതി. ന്യൂട്ടന്റെ ഗവേഷണ ഫലങ്ങളാണ് അതിലെ ഉള്ളടക്കം. ഭൗതികശാസ്ത്രങ്ങളുടെ ചരിത്രത്തിൽ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട കൃതികളിലൊന്നാണിത്. ന്യൂട്ടന്റെ 'പ്രിൻസിപ്പിയ മാത്തമാറ്റിക്ക'യ്ക്ക് തുല്യമായി ശാസ്ത്രലോകത്ത് മറ്റ് രണ്ട് കൃതികളേ ഉള്ളൂ. അത് യൂക്ലിഡിന്റെ എലമെന്റും (Element) ഡാർവിന്റെ ജീവിവംശത്തിന്റെ ഉത്പത്തി (Origin of Species)യും ആണ്. അത്യന്തം ശ്രദ്ധേയമായ ഈ പുസ്തകത്തിൽ ഭൗമ ഖഗോള ചലനത്തിന്റെ മണ്ഡലത്തിൽ നേരത്തേ ഉണ്ടായ എല്ലാ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളെയും ഒരു സംഗ്രഹീതരൂപത്തിൽ വിശദീകരിക്കുവാൻ ന്യൂട്ടന് സാധിച്ചു. ഗ്രഹചലനങ്ങളെക്കുറിച്ച് വളരെ ശാസ്ത്രീയമായി ഈ പുസ്തകത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നുണ്ട്. സ്ഥലത്തിലും കാലത്തിലും വസ്തുക്കൾ എങ്ങനെ ചലിക്കുന്നു എന്ന് വിശദീകരിക്കുക മാത്രമല്ല ന്യൂട്ടൺ ചെയ്തത്. വസ്തുക്കളുടെ ചലനത്തെ വിശകലനം ചെയ്യുന്നതിനാവശ്യമായ ഗണിതം വികസിപ്പിച്ചെടുക്കുകയും ചെയ്തു. ന്യൂട്ടന്റെ പ്രസിദ്ധമായ ചലന നിയമങ്ങളാണ് ബലതന്ത്രത്തിന് (Mechanics) അടിത്തറപാകിയതും സാങ്കേതികശാസ്ത്രത്തിന് (technology) സൈദ്ധാന്തിക അടിസ്ഥാനമായതും.

വസ്തുക്കളുടെ ചലനം അവ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഭൂതത്തെ (element) ആശ്രയിച്ചിരിക്കുമെന്നും വെള്ളത്തിന്റെ ചലനനിയമങ്ങൾ അഗ്നിയുടേതിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമാണെന്നുമുള്ള അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ തെറ്റായ ധാരണകൾക്ക് ന്യൂട്ടന്റെ നിയമങ്ങൾ അന്ത്യംകുറിച്ചു. ന്യൂട്ടന്റെ പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കളെയും ദ്രവ്യമാനം (mass) എന്ന ഒരേ ഒരു രാശികൊണ്ട് വിവരിക്കാമെന്നു വന്നു. ദ്രവ്യമാനത്തിന് ജഡത്വം ഉണ്ടെന്ന് കണ്ടുപിടിച്ചത് ന്യൂട്ടനാണ്. ഒരു വസ്തുവിന് സ്വയം അതിന്റെ അവസ്ഥയിൽനിന്നും മാറുവാനുള്ള കഴിവില്ലായ്മയാണ് ജഡത്വം. അങ്ങനെ ദ്രവ്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനഗുണധർമ്മമായ ജഡത്വം ന്യൂട്ടൺ നിർവചിച്ചു. ഗലീലിയോയുടെ പരീക്ഷണങ്ങളും ഗണിതപരമായ കണക്കുകൂട്ടലുമാണ് ന്യൂട്ടൺ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ചലനനിയമങ്ങൾക്ക് ആധാരമായി എടുത്തത്. ന്യൂട്ടൺ ചലനത്തെ യുക്തിപൂർവ്വം ചിന്തിച്ച് പഠിച്ച് മൂന്ന് ചലനനിയമങ്ങൾ കണ്ടെത്തി. ഈ നിയമങ്ങൾ ന്യൂട്ടന്റെ ചലനനിയമങ്ങൾ എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഈ നിയമങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രപഠനത്തിന്

അനിവാര്യമാണ്. അതുകൊണ്ട് ഈ നിയമങ്ങളെ സാമാന്യം വിശദമായി നമുക്ക് പരിശോധിക്കാം. ന്യൂട്ടന്റെ ഒന്നാം ചലന നിയമം. ''നേർരേഖയിൽ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതോ, വിരാമാവസ്ഥയിൽ ഇരിക്കുന്നതോ ആയ ഒരു വസ്തു ഒരു ബാഹ്യബലം അതിൽ പ്രയോഗിക്കുന്നതുവരെ അതേ അവസ്ഥയിൽ തുടരുന്നു.'' ഗലീലിയോയുടെ ജഡത്വനിയമം മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞിരിക്കുന്നതു മാത്രമാണിത്. നിത്യജീവിതത്തിൽ ജഡത്വത്തിന് ധാരാളം ഉദാഹരണങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഓടിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ബസ്സ് പെട്ടെന്ന് നിർത്തുമ്പോൾ യാത്രക്കാർ മുന്നോട്ട് ആയുന്നത് ഇതുകൊണ്ടാണ്. നില്ക്കുന്ന യാത്രക്കാർ ഒരുപക്ഷേ, വീഴുകതന്നെ ചെയ്യാം. പാദം നിശ്ചലമാകുമ്പോഴും അവരുടെ ശരീരം മുന്നോട്ട് സഞ്ചരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും. ഇതേ കാരണംകൊണ്ടുതന്നെയാണ് ഓടിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന വണ്ടിയിൽനിന്നും ചാടി ഇറങ്ങുമ്പോൾ ഒരാൾ വണ്ടിയുടെ ദിശയിൽത്തന്നെ മുന്നോട്ട് വീഴുന്നത്. ന്യൂട്ടന്റെ ഒന്നാം ചലനനിയമത്തെ രണ്ടു ഭാഗങ്ങളായി വേർതിരിച്ച് വിശകലനം ചെയ്യാം. നിയമത്തിന്റെ ആദ്യഭാഗം കാണിക്കുന്നത് ഒരു വസ്തു ബാഹ്യബലത്തിന്റെ പ്രേരണയില്ലാതെ വിരാമാവസ്ഥയിൽ ആണെങ്കിൽ അങ്ങനെതന്നെയും ഏകസമാനചലനത്തിലെങ്കിൽ അങ്ങനെയും തുടരും. അതായത് വിരാമാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വസ്തുവിനെ ചലിപ്പിക്കുവാനും ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനെ വിരാമാവസ്ഥയിലേക്ക് കൊണ്ടുവരുന്നതിനും 'ബലം' ആവശ്യമാണ്. ഈ ആശയം ഉൾക്കൊണ്ടുകൊണ്ട് ബലം എന്ന ഭൗതികരാശിയെ നിർവചിക്കാം. ഒരു വസ്തുവിന്റെ അവസ്ഥയ്ക്ക് വ്യത്യാസം വരുത്തുന്നതോ വ്യത്യാസം വരുത്താൻ ശ്രമിക്കുന്നതോ ആയ ഒന്നാണ് ബലം. ഒന്നാം നിയമത്തിന്റെ രണ്ടാം ഭാഗം അനുശാസിക്കുന്നത് ബാഹ്യബലം ഇല്ലെങ്കിൽ ഒരു വസ്തു അതിന്റെ അവസ്ഥയ്ക്ക് മാറ്റം ഇല്ലാതെ നിലകൊള്ളുന്നു എന്നാണ്. ഇതിൽനിന്നും ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന് സ്വയം സ്ഥിരാവസ്ഥയെ പ്രാപിക്കുവാനും, സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ നിന്നും സ്വയം ചലിക്കുവാനും സാധ്യമല്ലെന്ന് വ്യക്തമാകും. അതായത് ഒരു വസ്തുവിന് സ്വയം അതിന്റെ അവസ്ഥ മാറ്റുവാനുള്ള കഴിവില്ല. ഈ കഴിവില്ലായ്മയാണ് ജഡത്വം. ന്യൂട്ടന്റെ ഒന്നാം നിയമത്തിൽനിന്നും ബലത്തിന്റെയും ജഡത്വത്തിന്റെയും നിർവചനങ്ങൾ ലഭിക്കുന്നു.

ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമം ബലം അളക്കാനുള്ള അടിസ്ഥാനമാർഗ്ഗം വ്യക്തമാക്കുന്നു. ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന വസ്തുവിന് സംവേഗം (momentum) ഉണ്ട്. പ്രവേഗത്തിന്റെയും ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെയും ഗുണിതമാണിത്. ന്യൂട്ടന്റെ രണ്ടാം നിയമമനുസരിച്ച് ഒരു വസ്തുവിനുണ്ടാകുന്ന സംവേഗ വ്യത്യാസനിരക്ക് അതിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന ബലത്തിന് ക്രമാനുപാതികമായിരിക്കും. അത് ബലത്തിന്റെ ദിശയിലായിരിക്കുകയും ചെയ്യും. ഇതിനെ ന്യൂട്ടന്റെ ത്വരണനിയമം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ നിയമം അനുശാസിക്കുന്നത് സംവേഗവർദ്ധന ഉണ്ടാക്കാൻ ബലം ആവശ്യമുണ്ടെന്നാണ്. ഒരു വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനവും അതിനുണ്ടാകുന്ന ത്വരണവും തമ്മിലുള്ള ഗുണനഫലമാണ് അതിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലം. ബലത്തിന്റെ യഥാർത്ഥ ഫലം മുൻപ് വിചാരിച്ചിരുന്നതുപോലെ വസ്തുവിനെ ചലിപ്പിക്കലല്ല

മറിച്ച് വസ്തുവിന്റെ വേഗത മാറ്റലാണ്. ബലത്തിന്റെ ആനുപാതികനിരക്കിൽ വസ്തുവിന്റെ വേഗത മാറുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ വസ്തുവിന് ത്വരണം കിട്ടുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് ബലം ഇരട്ടിയാകുമ്പോൾ ത്വരണം ഇരട്ടിയാകുന്നു. ദ്രവ്യമാനം കൂടുമ്പോൾ ആ വസ്തുവിന്റെ ത്വരണം കുറയുന്നു. ഒരു വസ്തുവിലും അതിന്റെ ഇരട്ടി ദ്രവ്യമാനമുള്ള മറ്റൊരു വസ്തുവിലും ഒരേ ബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ രണ്ടാമത്തേതിന്റെ ത്വരണം പകുതിയാണ്. ഒരു കാർ എൻജിന്റെ ശക്തി കൂടുമ്പോൾ അതിന്റെ ത്വരണം വർദ്ധിക്കുന്നു. എന്നാൽ കാറിന്റെ ഭാരം കൂടുമ്പോൾ അതേ എൻജിന് ത്വരണം കുറയുന്നു. വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം എന്ന സങ്കല്പത്തെയാണ് രണ്ടാം നിയമത്തിൽ നാം അഭിമുഖീകരിക്കുന്നത്. വസ്തുവിനകത്തുള്ള ദ്രവ്യത്തിന്റെ അളവാണ് ദ്രവ്യമാനമെന്ന് ന്യൂട്ടൺ നിർവചിച്ചു.

ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം നിയമം അനുസരിച്ച് ഏതു ക്രിയയ്ക്കും തുല്യ പ്രതിക്രിയ ഉണ്ട്. A എന്ന കാർ വടക്കുനിന്ന് തെക്കോട്ടും B എന്ന കാർ നേരേ തെക്കുനിന്ന് വടക്കോട്ടും അഭിമുഖമായി കൂട്ടി ഇടിക്കുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. കൂട്ടി ഇടിക്കുക എന്ന പ്രവൃത്തിയുടെ ഫലമായി B അല്പം തെക്കോട്ടും A വടക്കോട്ടും തള്ളപ്പെടുന്നു. ഈ പിന്നോക്കമുള്ള തള്ളൽ പ്രതിക്രിയയാൽ ഉണ്ടാകുന്നതാണ്. ഈ നിയമം സാമാന്യവത്കരിക്കുമ്പോൾ സംവേഗ സംരക്ഷണ നിയമം ലഭ്യമാകുന്നു. രണ്ടോ അതിലധികമോ വസ്തുക്കൾ തമ്മിൽ സംഘട്ടനം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ അതിനു മുമ്പുള്ള സംവേഗത്തിന്റെ തുക, സംഘട്ടനത്തിന് ശേഷമുള്ള സംവേഗത്തിന്റെ തുകയ്ക്ക് തുല്യമായിരിക്കും. അതായത് മൊത്തം സംവേഗം യാതൊരു വ്യത്യാസവും കൂടാതെ സംരക്ഷിതമായിരിക്കും.

ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം നിയമമാണ് റോക്കറ്റ് വിക്ഷേപണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനതത്ത്വം.

ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്ന് നിയമങ്ങളും ഗതികത്തിന്റെ (Dynamics) ആധാരശിലകളാണ്. ഐഹികവും സ്വർഗ്ഗീയവുമായ ചലനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നതും ഈ നിയമങ്ങൾതന്നെയാണ്. ഭൂമിയിലെ നിയമങ്ങൾതന്നെയാണ് ഗ്രഹങ്ങളിലെയും നക്ഷത്രങ്ങളിലെയും ഗാലക്സികളിലെയും നിയമങ്ങൾ. ന്യൂട്ടന്റെ മൂന്നാം നിയമത്തിലൂടെയാണ് ഗുരുത്വാകർഷണം പരസ്പരം ഉള്ളതാണെന്ന് ബോധ്യമായത്. ഭൂമി ചന്ദ്രനെ ആകർഷിക്കുക മാത്രമല്ല ചന്ദ്രൻ ഭൂമിയെയും ആകർഷിക്കുന്നുണ്ട്. ഗ്രഹങ്ങളുടെയും സൂര്യന്റെയും അന്യോന്യ ഗുരുത്വാകർഷണം ഗ്രഹചലനങ്ങളിൽ സങ്കീർണ്ണതകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഇന്ന് ഇത് അറിയപ്പെടുന്നത് വിവിധ വസ്തുപ്രശ്നം (manybody problem) എന്നാണ്. സൗരയൂഥത്തിലെ ഗ്രഹങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അന്യോന്യ ക്രിയകൾ കൃത്യമായി കണക്ക് കൂട്ടാൻ സാധ്യമല്ലെന്ന് ന്യൂട്ടൺ പ്രവചിച്ചിരുന്നു. സൂപ്പർ കമ്പ്യൂട്ടറുകൾക്കുപോലും ഇത് ഇന്നു കൃത്യമായി കണക്കു കൂട്ടാൻ കഴിയുന്നില്ല.

ന്യൂട്ടന്റെ 'പ്രിൻസിപ്പിയ' പല ചോദ്യങ്ങൾക്കും മറുപടി നല്കാതെയാണ് അവസാനിച്ചത്. ഇതിൽ ഏറ്റവും അദ്ഭുതകരം ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ നിഗൂഢതതന്നെയായിരുന്നു. പ്രകൃതി കാര്യകാരണബന്ധിയാണ്. ഓരോ ഖഗോളീയവസ്തുക്കൾക്കും ഇടയിലുള്ള അതിവിശാലമായ

ശൂന്യസ്ഥലത്തിലൂടെ, യാതൊരു മാധ്യമത്തിന്റെയും സാന്നിധ്യം ഇല്ലാതെ എങ്ങനെയാണ് അവയ്ക്ക് ഗുരുത്വം അനുഭവപ്പെടുന്നത്. ഗുരുത്വത്തിന്റെ കാരണം ന്യൂട്ടന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്ക് വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. ഇത് വിമർശനത്തിന് ഇടയാക്കി. ലെബ്നീസ് (Leibniz) ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വ സങ്കല്പത്തെ മാന്ത്രികവിദ്യയെന്ന് വിശേഷിപ്പിച്ചു. ഹെയ്ജിൻ (Huygens) ഇത് അസംബന്ധമാണെന്നു പറഞ്ഞ് ആക്ഷേപിച്ചു. എന്നാൽ ഈ വിമർശനങ്ങൾക്ക് മറുപടി നല്കിക്കൊണ്ട് ന്യൂട്ടൺ സത്യസന്ധമായി പറഞ്ഞു: "ഗുരുത്വത്തിന്റെ ഗുണധർമ്മങ്ങളുടെ കാരണമെന്തെന്ന് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല."

അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെയും ഗലീലിയോ, ന്യൂട്ടൺ എന്നിവരുടെയും ആശയങ്ങൾ തമ്മിലുണ്ടായിരുന്ന അന്തരം അരിസ്റ്റോട്ടിൽ വിരാമാവസ്ഥയിൽ വിശ്വസിച്ചിരുന്നു എന്നതാണ്. ബലം അനുഭവപ്പെടാത്ത സമയത്ത് ഏതൊരു വസ്തുവും സ്വീകരിക്കുന്ന അവസ്ഥയാണ് വിരാമാവസ്ഥ. ഭൂമി വിരാമാവസ്ഥയിലാണെന്നായിരുന്നു അരിസ്റ്റോട്ടിൽ വിശ്വസിച്ചിരുന്നത്. ന്യൂട്ടന്റെ നിയമങ്ങളാണ് കേവലമായ വിരാമാവസ്ഥ എന്നൊന്നില്ലെന്ന് തെളിയിച്ചത്.

ന്യൂട്ടന്റെ നിയമങ്ങളനുസരിച്ച് നമുക്ക് പറയാൻ കഴിയും A എന്ന വസ്തു വിരാമാവസ്ഥയിലും B എന്ന വസ്തു A-യെ അപേക്ഷിച്ച് ഏകസമാനമായി ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്നും അല്ലെങ്കിൽ ഇതിന് സമാനമായി B എന്ന വസ്തു വിരാമാവസ്ഥയിലും A എന്ന വസ്തു B എന്ന വസ്തുവിനെ അപേക്ഷിച്ച് സ്ഥിരവേഗതയോടെ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്നും. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു നിമിഷത്തേക്ക് ഭൂമിയുടെ കറങ്ങലും സൂര്യന് ചുറ്റുമുള്ള അതിന്റെ ഭ്രമണവും നിലച്ചതായി സങ്കല്പിക്കുക. അപ്പോൾ ഭൂമി വിരാമാവസ്ഥയിലും അതിലുള്ള ഒരു കാർ മണിക്കൂറിൽ 60 കി.മീ. വേഗതയിൽ വടക്കോട്ട് സഞ്ചരിക്കുന്ന അവസ്ഥയിലുമാണ്. അല്ലെങ്കിൽ കാർ വിരാമാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുകയും ഭൂമി മണിക്കൂറിൽ 60 കി.മീ. വേഗതയിൽ തെക്കോട്ട് സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിന് സമാനമാണ്. ഓടിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന തീവണ്ടിയിലെ വസ്തുക്കളിൽ പരീക്ഷണം നടത്തിയാൽ ന്യൂട്ടന്റെ എല്ലാ നിയമങ്ങളും ഇവിടെ പരിരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു എന്ന് കാണാൻ കഴിയും. ഉദാഹരണത്തിന് ട്രെയിനിനകത്തുവച്ച് ടേബിൾ ടെന്നീസ് കളിക്കുമ്പോൾ പന്ത് ന്യൂട്ടൺ നിയമങ്ങൾ അനുസരിക്കുന്നു, പാളത്തിനരികിലെ മേശപ്പുറത്തുള്ള ഒരു പന്തിനെപ്പോലെ. അതുകൊണ്ട് ട്രെയിനാണോ ഭൂമിയാണോ ചലിക്കുന്നതെന്ന് കണ്ടുപിടിക്കാൻ യാതൊരു വഴിയുമില്ല. ഓടുന്ന ട്രെയിനിൽ ഒരു കസേരയിൽ ഇരിക്കുന്ന മനുഷ്യൻ പറയും താനിരിക്കുന്ന കസേര എല്ലാ സമയത്തും ഒരേ സ്ഥാനത്തുതന്നെയാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെന്ന്. എന്നാൽ പ്ലാറ്റ്ഫോമിൽ നില്ക്കുന്ന മനുഷ്യൻ അത് സമ്മതിക്കില്ല. അയാൾ കസേരയുടെ സ്ഥാനം മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതായി വാദിക്കും. ഇതിൽനിന്ന് ഒരു കാര്യം വ്യക്തമാണ്. അതായത് ഏതെങ്കിലും ഒരു സ്ഥാനം കേവലമല്ല. ഒരു വസ്തുവിനും കേവല വിരാമാവസ്ഥയില്ല. സ്ഥലം കേവലം അല്ലെന്നും അത് ആപേക്ഷികമാണെന്നും.

സിദ്ധാന്തിക്കുന്നു. ഒരു കേവലവിരാമത്തിന്റെ അഭാവംകൊണ്ട് എന്താണ് അർത്ഥമാക്കുന്നത്? രണ്ട് വ്യത്യസ്ത സമയങ്ങളിൽ നടന്ന രണ്ട് സംഭവങ്ങൾ സ്ഥലത്തിന്റെ ഒരേ സ്ഥാനത്തുതന്നെയാണോ നടന്നതെന്ന് നിർണ്ണയിക്കാൻ കഴിയില്ല. ഉദാഹരണത്തിന് ഓടുന്ന ട്രെയിനിലെ ടേബിൾ ടെന്നീസ് പന്ത് ഓരോ സെക്കൻഡ് ഇടവിട്ട് മേശയിൽ മേലോട്ടും താഴോട്ടും രണ്ടു പ്രാവശ്യം ഒരേ സ്ഥാനത്ത് തട്ടിപ്പൊങ്ങുന്നു എന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. റെയിൽ പാളത്തിന് അരികിൽ നില്ക്കുന്ന ഒരാൾക്ക് ആദ്യത്തെ തട്ടൽ കഴിഞ്ഞ് ഏകദേശം 40 മീറ്റർ അകലത്തിലായി രണ്ടാമത്തെ തട്ടൽ നടക്കുന്നു എന്ന് കാണാം. കാരണം രണ്ട് തട്ടിപ്പൊങ്ങലുകൾക്കിടയിൽ ട്രെയിൻ ഇത്രയും ദൂരം സഞ്ചരിച്ചിരിക്കാം. അരിസ്റ്റോട്ടിൽ വിശ്വസിച്ചിരുന്നതുപോലെ ഒരു സംഭവത്തിന് സ്ഥലത്തിൽ ഒരു കേവലസ്ഥാനം നല്കാൻ കഴിയില്ല. സംഭവങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങളും അവ തമ്മിലുള്ള ദൂരങ്ങളും ട്രെയിനിലെയും പാളത്തിനരികിലെയും വ്യക്തികളെ സംബന്ധിച്ച് വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട് ഒരു വ്യക്തിയുടെ സ്ഥാനം മറ്റേയാളുടേതിനേക്കാൾ സവിശേഷമല്ല.

കേവലസ്ഥാനമോ കേവലസ്ഥലമോ ഇല്ലെന്നുള്ള യാഥാർത്ഥ്യം ന്യൂട്ടനെ വളരെയേറെ വിഷമിപ്പിച്ചു. കാരണം ഇത് അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഏകദൈവവിശ്വാസവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നില്ല. കേംബ്രിജിലെ കത്തോലിക്കാ മതവിരുദ്ധരാഷ്ട്രീയത്തിന്റെ വക്താവായിരുന്നു ന്യൂട്ടൺ. കത്തോലിക്കാ മതവിശ്വാസമായ പിതാപുത്രൻ പരിശുദ്ധാത്മാവ് ഇവ ചേർന്ന ദൈവത്തിന്റെ ത്രിത്വ (trinity) ഭാവത്തിന്റെ ശക്തനായ എതിരാളിയായിരുന്നു അദ്ദേഹം. ദൈവം അദ്ദേഹത്തിന് കേവലമായിരുന്നു. ദൈവത്തിന് ത്രിത്വം കല്പിക്കുവാൻ ന്യൂട്ടന് കഴിയുമായിരുന്നില്ല. സ്വന്തം നിയമത്തിൽ സ്ഥലം കേവലമല്ലെന്ന് വ്യക്തമായിട്ടും യുക്തിരഹിതമായി കേവലസ്ഥലത്തിൽ ന്യൂട്ടൺ വിശ്വസിച്ചു. കേവല വിരാമാവസ്ഥ എന്നൊന്നില്ലെങ്കിൽ സ്ഥലത്തിൽ കേവലമായ ഒരു സ്ഥാനവും ഇല്ലല്ലോ. സ്ഥലത്തിൽ കേവലമായൊരു സ്ഥാനം ഇല്ലെങ്കിൽ സ്ഥലം കേവലമല്ല. സ്ഥലം കേവലമല്ലെന്നതിനർത്ഥം സ്ഥലം വികസിക്കുന്നു എന്നാണ്.

അരിസ്റ്റോട്ടിലും ന്യൂട്ടനും കാലം കേവലമാണെന്ന ആശയത്തിൽ വിശ്വസിച്ചു. രണ്ട് സംഭവങ്ങൾക്കിടയിലെ കാലം കൃത്യമായി അളക്കാമെന്നും അത് ആര് അളന്നാലും നല്ല കൃത്യതയുള്ള ഘടികാരം ഉപയോഗിച്ചാണെങ്കിൽ ഈ കാലം ഒന്നായിരിക്കുമെന്നുമായിരുന്നു അവരുടെ അഭിപ്രായം. കാലം വ്യക്തിനിഷ്ഠമല്ലെന്ന് ന്യൂട്ടൺ അഭിപ്രായപ്പെടുകയുണ്ടായി. ന്യൂട്ടൺ പ്രിൻസിപ്പിയയിൽ എഴുതി: ''കേവലമായ സ്ഥലം അതിന്റേതായ സ്വഭാവത്തിൽ ബാഹ്യമായ ഒന്നിനോടും ബന്ധം ഇല്ലാതെ അചഞ്ചലവും ഏകരൂപവുമായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. കേവലവും യഥാർത്ഥവും ഗണനീയവുമായ കാലം അതിന്റേതായ രീതിയിൽ ബാഹ്യമായ ഒന്നിനോടും ബന്ധപ്പെടാതെ സ്വയം ക്രമമായി ഒഴുകിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു.'' കാലം സ്ഥലത്തിൽനിന്നും പൂർണ്ണമായി വേർപെട്ടതും സ്വതന്ത്രവുമാണ് എന്നാണ് ന്യൂട്ടന്റെ ഈ പ്രസ്താവന വ്യക്തമാക്കുന്നത്. ഇതാണ് സാധാരണക്കാരുടെയും

കാഴ്ചപ്പാട്. എന്നാൽ സ്ഥലകാലങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള നമ്മുടെ വിശ്വാസം മാറ്റേണ്ടതുണ്ട്. ഒരു വസ്തുവിനെയോ താരതമ്യേന കുറഞ്ഞ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഗ്രഹങ്ങൾപോലുള്ള വസ്തുക്കളെയോ കൈകാര്യം ചെയ്യുമ്പോൾ നമ്മുടെ സാമാന്യബോധം ശരിയായി കാണുന്നു.

ശാസ്ത്രം സ്ഥലത്തിന്റെ ആപേക്ഷികതത്തെ അത്രവേഗമൊന്നും വകവച്ചു കൊടുക്കുകയുണ്ടായില്ല. സ്ഥലം കേവലമാണെന്ന് തെളിയിക്കുവാൻ അസാധ്യമായിരുന്നിട്ടുകൂടി ന്യൂട്ടനെപ്പോലുള്ള മഹാനായ ശാസ്ത്രജ്ഞൻപോലും അത് കേവലമാണെന്നു വിശ്വസിച്ചു. 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനംവരെയുള്ള ഭൗതികജ്ഞന്മാർ ഈ തെറ്റായ കാഴ്ചപ്പാടോടുകൂടി ഉള്ളവരായിരുന്നു. മാനസികമായ ഒരുതരം അടിമത്തമായിരുന്നു ഇതിന് കാരണം. സുപരിചിതമായ ഒരിടത്തെത്തന്നെ ചുറ്റും കണ്ടുകൊണ്ട് നാം പഴകിയതിന്റെ അപകടം. ചില അസാധാരണ പരിതഃസ്ഥിതിയിൽ ന്യൂട്ടൺ നിയമം പരാജയപ്പെടുന്നു. പ്രകാശവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെ ചലനം നമ്മുടെ ഈ സാമാന്യബോധത്തെ തകിടം മറിക്കുന്നു.

ന്യൂട്ടൺ ശാസ്ത്രത്തെ ദൈവികമായ ഒന്നായിട്ടായിരുന്നു കണ്ടതെങ്കിലും അദ്ദേഹത്തിന്റെ ബലതന്ത്രം പരമ്പരാഗതമായ ക്രിസ്തീയൻ വിശ്വാസങ്ങൾക്ക് ക്ഷതമേല്പിച്ചു. ന്യൂട്ടൺ നിയമമനുസരിച്ച് ഒരു വസ്തുവിന്റെ ഇപ്പോഴത്തെ സ്ഥാനവും സമയവുമറിഞ്ഞാൽ ആ വസ്തുവിന്റെ ഭാവിയിലെ സ്ഥാനവും കാലവും കൃത്യമായി നിർണ്ണയിക്കാം. ന്യൂട്ടന്റെ നിശ്ചിതത്വവാദം ദൈവത്തിന്റെ ഇച്ഛാശക്തിയെ നിഷേധിക്കുന്നതായിരുന്നു. പ്രകൃതിയും എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളും അനശ്വരമായ ന്യൂട്ടന്റെ നിയമങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് പ്രവർത്തിക്കുന്നതായി സങ്കല്പിക്കപ്പെട്ടു. എന്നാൽ ദൈവവിശ്വാസിയായ ന്യൂട്ടൺ തന്റെ നിയമങ്ങളെ ദൈവത്തിന്റേതായി വിശ്വസിച്ചു. നിയമങ്ങളുടെ സൃഷ്ടിയിൽ ദൈവത്തിനുള്ള പങ്ക് നിഷേധിക്കുവാൻ ന്യൂട്ടൺ ധൈര്യപ്പെട്ടില്ല. പ്രപഞ്ചോല്പത്തിയിൽ ദൈവത്തിന്റെ കരങ്ങളുണ്ടെന്ന് ന്യൂട്ടൻ കരുതി. സൗരയൂഥത്തിന്റെ രൂപീകരണവും ചലനവും പ്രകൃതിനിയമങ്ങൾകൊണ്ട് വിശദീകരിക്കാമെന്ന് പറഞ്ഞ ന്യൂട്ടൺ നിയമത്തിന്റെ ഉടമാവകാശം ദൈവത്തിന് സമർപ്പിക്കയാണ് ചെയ്തത്. കാര്യത്തിന് കാരണം വേണം. എന്നാൽ ആരാണ് ആദ്യ കാരണത്തിന്റെ ഉത്തരവാദി? ഇത്തരം ചോദ്യങ്ങൾ നിരർത്ഥകമാണ്. ഇത് ശാസ്ത്രത്തെ പിന്നോട്ടടിക്കലാണ്. ഇത് ദൈവശാസ്ത്രപരമായി ശാസ്ത്രത്തെ സമീപിക്കലാണ്. ന്യൂട്ടൺതന്നെ സ്വയം കണ്ടുപിടിച്ച ചലനനിയമങ്ങളെ ദൈവശാസ്ത്രത്തിന്റെ കണ്ണാടിയിൽക്കൂടി നോക്കിക്കാണാതിരുന്നെങ്കിൽ സ്ഥലം കേവലമല്ലെന്ന സത്യം അദ്ദേഹത്തിനു തന്നെ പ്രഖ്യാപിക്കാൻ കഴിയുമായിരുന്നു. സ്ഥലം ആപേക്ഷികമാണെന്ന യാഥാർത്ഥ്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ 17-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽത്തന്നെ പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നു എന്ന് വെളിപ്പെടുത്താൻ കഴിയുമായിരുന്നു.

സൗരയൂഥത്തിനപ്പുറത്തേക്ക്

17-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ഉത്തരാർദ്ധത്തിൽത്തന്നെ സൗരയൂഥത്തിലെ ഗ്രഹങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരങ്ങൾ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അളന്ന് തിട്ടപ്പെടുത്തി. ഭൂമി സർവേ ചെയ്യുമ്പോൾ ദൂരം അളക്കാനുപയോഗിക്കുന്ന അതേ മാർഗ്ഗംതന്നെയാണ് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഇതിന് ഉപയോഗിച്ചത്. ഈ മാപനരീതിക്ക് ത്രിഭുജനം (triangulation) അഥവാ ലംബനം (parallax) എന്ന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പറയുന്നു. ലളിതമായ യൂക്ലിഡിയൻ ജ്യാമിതീയ തത്ത്വങ്ങളാണ് ഇതിന് ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നത്. നേരിട്ട് അളക്കാനാവാത്ത സ്ഥാനത്തേക്കുള്ള ദൂരം നിർണ്ണയിക്കുന്നതിനുവേണ്ടിയാണ് ഇത് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഈ രീതി ഉപയോഗിച്ച് പർവ്വതങ്ങളുടെയും ചന്ദ്രന്റെയും അടുത്തുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും ദൂരങ്ങൾ അളക്കാം.

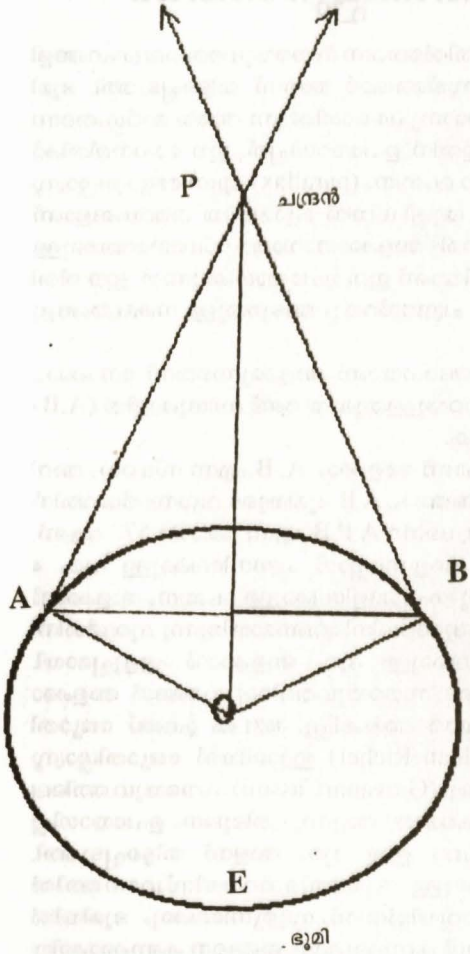
ചന്ദ്രനിലേക്കുള്ള ദൂരം എങ്ങനെയാണ് അളക്കുന്നതെന്ന് നോക്കാം. ഭൂമിയിലെ വ്യത്യസ്തമായതും ദൂരെയുള്ളതുമായ രണ്ട് ബിന്ദുക്കളിൽ (A,B) നിന്നും ചന്ദ്രനെ (P) നിരീക്ഷിക്കുക.

അതുവഴി A P B എന്ന കോൺ അളക്കാം. A, B എന്ന സ്ഥാനം അറിയുന്നതുവഴി P O എന്ന ദൂരം കണ്ടെത്താം. A B ഭൂമിയുടെ വ്യാസാർദ്ധത്തിന് തുല്യമാണെങ്കിൽ (6378 കി.മീ.) ചന്ദ്രന്റെ A P B എന്ന കോൺ 57° ആണ്.

ഈ മാർഗ്ഗം ഉപയോഗിച്ച് അളന്നപ്പോൾ ചന്ദ്രനിലേക്കുള്ള ദൂരം 4 ലക്ഷം കിലോമീറ്റർ എന്ന് കിട്ടി. മറ്റു ഗ്രഹങ്ങളിലേക്കുള്ള ലംബനം അളക്കാൻ അത്ര എളുപ്പമായിരുന്നില്ല. അതിന് ദൂരദർശിനി വേണമായിരുന്നു. ദൂരദർശിനി കണ്ടുപിടിച്ചതോടെ ഗ്രഹങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരം അളക്കാൻ എളുപ്പമായി. ദൂരദർശിനിയുടെ സഹായത്തോടെ സൗരയൂഥത്തിലെ ദൂരങ്ങൾ അളക്കാനുള്ള ശ്രമം ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ആരംഭിച്ചു. 1671-ൽ ഫ്രഞ്ച് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ജീൻ റിച്ചറും (Jean Richer) ഇറ്റാലിയൻ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ജിയോവാനി കാസിനിയും (Giovanni Cassini) സൗരയൂഥത്തിലെ ഗ്രഹങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരം വിജയകരമായി അളന്നു. ത്രിഭുജനം ഉപയോഗിച്ച് ആദ്യമവർ ചൊവ്വയിലേക്ക് (Mars) ഉള്ള ദൂരം അളന്ന് തിട്ടപ്പെടുത്തി. ഭൂമിയിൽനിന്ന് ചൊവ്വയിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന്റെയടിസ്ഥാനത്തിൽ കെപ്ലർനിയമം ഉപയോഗിച്ച് ചൊവ്വയിൽനിന്ന് സൂര്യനിലേക്കും ഭൂമിയിൽനിന്ന് സൂര്യനിലേക്കുമുള്ള ദൂരങ്ങൾ കണക്കുകൂട്ടി. ഇങ്ങനെ കണക്കാക്കിയ ഭൂമിയിൽനിന്നും സൂര്യനിലേക്കുള്ള ദൂരം 14 കോടി കിലോമീറ്ററായിരുന്നു. ഈ ദൂരം ആധുനിക സാങ്കേതികവിദ്യ ഉപയോഗിച്ച് കണക്കുകൂട്ടിയതിനേക്കാൾ ഒരുകോടി കിലോമീറ്റർ കുറവായിരുന്നു. ദൂരദർശിനികളുടെ

ആവർധനശക്തി വർദ്ധിച്ചതോടെ കൂടുതൽ കൃത്യമായി ഗ്രഹങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരങ്ങൾ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അളന്നു. സൗരഗതികം വികസിച്ചു.

18-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആരംഭം ആയപ്പോഴേക്കും സൂര്യനു ചുറ്റും ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന 5 ഗ്രഹങ്ങളിലൊന്നാണ് ഭൂമി എന്നത് അവിതർക്കിതമായി. ഭൗമ ഭൗതികവും ഭൗമേതരഭൗതികവും ഒന്നാണെന്ന് വ്യക്തമായി. നക്ഷത്രങ്ങൾ സൂര്യനിൽനിന്നും വളരെ അകലെയാണെന്ന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ മനസ്സിലാക്കി. അവ ആകാശത്തിലെ ചരവസ്തുക്കളാണെന്നും അവർക്കറിയാമായിരുന്നു. എന്നാൽ അവയുടെ ദൂരം അളക്കാൻ വേണ്ട സാങ്കേതിക വിജ്ഞാനം അവർക്കുണ്ടായിരുന്നില്ല.



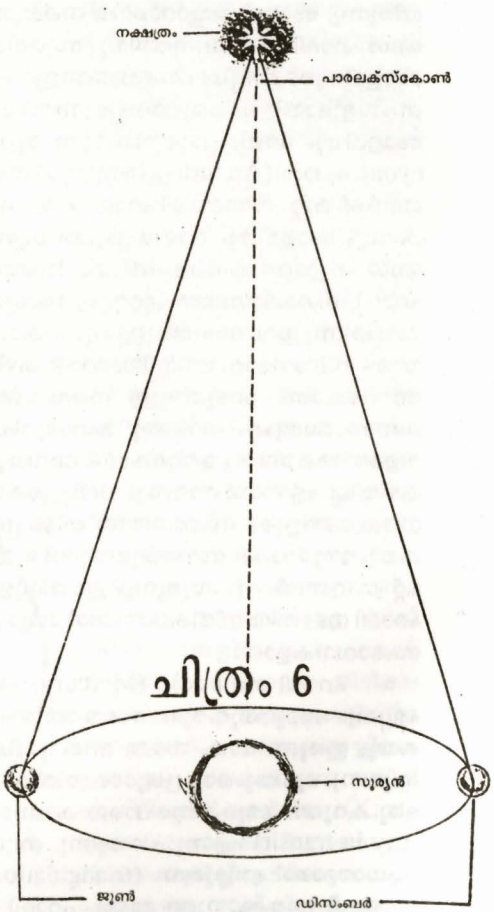
നക്ഷത്രങ്ങൾ ആകാശത്തിലെ ചരവസ്തുക്കളാണെന്ന് ആദ്യമായി രേഖപ്പെടുത്തിയത് ആംഗലജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ എഡ്മണ്ട് ഹാലി (Edmond Halley)യാണ്. ഭൂമിക്ക് പുറത്തുള്ള ഒരു മഹാഗോളത്തിന്റെ ഉൾവശത്ത് പതിച്ചിട്ടുള്ള പ്രകാശവസ്തുക്കളല്ല നക്ഷത്രങ്ങളെന്ന് അദ്ദേഹം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. നക്ഷത്രങ്ങൾ ഭൂമിയിൽനിന്നും വ്യത്യസ്ത ദൂരങ്ങളിലാണെന്നും അവയുടെ പ്രകാശം വ്യത്യസ്തമാണെന്നും ഉള്ളതിനുള്ള നിരീക്ഷണ തെളിവുകൾ ഹാലി നിരത്തി. ഹാലിയുടെ നിരീക്ഷണങ്ങളാണ് 18-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാന ദശകങ്ങളിലെ പ്രസിദ്ധ ചിന്തകന്മാരായ റയിറ്റിനും (Wright) കാൻറിനും (Kant) ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സിയുടെ സ്വഭാവത്തെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിന് പ്രചോദനം നല്കിയത്. അവരുടെ ക്ഷീരപഥപഠനം പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വിസ്തൃതി അളക്കുന്നതിനുള്ള പന്ഥാവ് വെട്ടിത്തുറന്നു.

ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന് മഹത്തായ സംഭാവനകൾ നല്കിയ ശാസ്ത്ര

ജ്ഞനായിരുന്നു ഹാലി. 1656-ലാണ് അദ്ദേഹം ജനിച്ചത്. ജീവിതം മുഴുവനും അദ്ദേഹം നക്ഷത്രനിരീക്ഷണത്തിനുവേണ്ടി സമർപ്പിച്ചു. 1720-ൽ ഹാലി ബ്രിട്ടന്റെ രാജകീയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായി നിയമിതനായി. ഗ്രീക്ക് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ കൃതികളിൽ അദ്ദേഹം ഗവേഷണം നടത്തി. 2300 വർഷങ്ങൾക്ക് മുൻപ് ജീവിച്ചിരുന്ന ഗ്രീക്ക് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഹിപ്പാർക്കസ് (Hipparchus) 800 നക്ഷത്രങ്ങളടങ്ങുന്ന ഒരു മാപ്പ് തയ്യാറാക്കിയിരുന്നു. ടോളമി ഈ നക്ഷത്രമാപ്പിൽ കൂടുതൽ നക്ഷത്രങ്ങളെ ഉൾപ്പെടുത്തി. അങ്ങനെ ആയിരം നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഒരു മാപ്പ് ടോളമി തയ്യാറാക്കിയിരുന്നു. ടോളമി തയ്യാറാക്കിയ നക്ഷത്രമാപ്പിലെ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങൾ ഹാലി ഗവേഷണത്തിനും സൂക്ഷ്മനിരീക്ഷണത്തിനും വിധേയമാക്കി. ടോളമിയുടെ മാപ്പിലെ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങൾ ഹാലിയുടെ നിരീക്ഷണങ്ങളുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നു. എന്നാൽ ഹിപ്പാർക്കസും ടോളമിയും രേഖപ്പെടുത്തിയിരുന്ന രുദ്രൻ (Sirius), പ്രോസിയോൺ (Procyon), ചോതി (Arcturus) എന്നീ മൂന്ന് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ആപേക്ഷിക സ്ഥാനങ്ങൾക്ക് മാറ്റം വന്നതായി ഹാലിയുടെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ കണ്ടെത്തി. ഹിപ്പാർക്കസും ടോളമിയും രേഖപ്പെടുത്തിയ സ്ഥാനങ്ങളിൽനിന്നും ഈ നക്ഷത്രങ്ങൾ നൂറ്റാണ്ടുകൾകൊണ്ട് മാറിയതായിരിക്കാമെന്ന നിഗമനത്തിലെത്തി ഹാലി. നിശാകാശത്തെ ഏറ്റവും പ്രകാശമുള്ള എട്ട് നക്ഷത്രങ്ങളിൽ മൂന്നെണ്ണമായിരുന്നു ഇവ. അടുത്തുള്ളതും പ്രകാശം ഉള്ളതുമായതു കൊണ്ടാണ് അവയുടെ സ്ഥാനമാറ്റം മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിഞ്ഞതെന്ന് ഹാലി അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. അതുകൊണ്ട് അടുത്തുള്ള നക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് പ്രത്യക്ഷനീക്കം കൂടുതലാണെന്ന് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു. മഹാഭൂരിപക്ഷം നക്ഷത്രങ്ങളും നമ്മിൽനിന്ന് വളരെ അകലെ ആയതുകൊണ്ട് അവയുടെ പ്രത്യക്ഷചലനം നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയില്ല. എന്നാൽ അവയും ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. ഹാലി നിരവധി നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങൾ തിട്ടപ്പെടുത്തി. അദ്ദേഹം ഒരു നക്ഷത്ര പട്ടികയും തയ്യാറാക്കി. സൗരയൂഥത്തിൽ ഭൂമിക്കും സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള ദൂരവും മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങൾക്കും സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള ദൂരങ്ങളും കണക്കു കൂട്ടുന്നതിന് ഹാലി നടത്തിയ നിരീക്ഷണങ്ങൾ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന് നല്കിയ മഹത്തായ സംഭാവനകളാണ്.

ഹാലി ബുധന്റെ (Mercury) ചലനം നിരീക്ഷിച്ചു. ബുധൻ നമുക്ക് ഏറ്റവും അടുത്തുവരുന്ന സമയത്ത് അത് നമുക്കും സൂര്യനും ഇടയ്ക്കാവുകയും ഇരുണ്ട ഭാഗം നമ്മെ അഭിമുഖീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സൂര്യനും ബുധനും ഭൂമിയും ഒരേ ഋജുരേഖയിൽ വന്നാൽ ബുധനെ സൂര്യബിംബത്തിലെ ഒരു കറുത്ത മറുകെന്നപോലെ കാണാം. ഇതിനെ ബുധസംതരണം (Mercury in transit) എന്നു പറയുന്നു. ബുധസംതരണം എന്ന പ്രതിഭാസത്തെ ആധാരമാക്കി ത്രിഭുജനം (triangulation) ഉപയോഗിച്ച് സൗരയൂഥത്തിലെ ദൂരങ്ങൾ അളക്കാനുള്ള മാർഗ്ഗം ഹാലി ആവിഷ്കരിച്ചു. ഹാലിക്ക് 1761-ലും 1769-ലും ശുക്രസംതരണം (Venus in transit) ഉണ്ടാകുമെന്നറിയാമായിരുന്നു. അത് കാണണമെങ്കിൽ 100 വയസ്സുവരെ ജീവിക്കണം. അത് സാധ്യമല്ലെന്ന് ഹാലിക്ക് അറിയാമായിരുന്നു. അതുകൊണ്ട് സംതരണം നിരീക്ഷിക്കുന്ന

തിനും ശുക്രദൂരം അളക്കുന്നതിനുമുള്ള വിദ്യയുടെ ഒരു കുറിപ്പ് ഹാലി തയ്യാറാക്കി 1716-ൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. സൂര്യന് കുറുകെയുള്ള ശുക്രസംതരണം ബുധസംതരണത്തെ അപേക്ഷിച്ച് അപൂർവ്വമാണ്. ഹാലിയുടെ മരണത്തിന് 19 വർഷങ്ങൾക്ക് ശേഷം 1761-ലുണ്ടായ ശുക്രസംതരണം ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലുള്ള 62 നിരീക്ഷണകേന്ദ്രങ്ങളിൽനിന്നും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വീക്ഷിച്ചു. അതുപോലെ 1769-ലുണ്ടായ രണ്ടാമത്തെ സംതരണവും നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടു. ഈ നിരീക്ഷണങ്ങൾക്ക് മാർഗ്ഗദീപമായത് ഹാലി പ്രസിദ്ധീകരിച്ച കുറിപ്പായിരുന്നു. ഈ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്ന് ലഭിച്ച വിവരങ്ങളെ വിശകലനം ചെയ്തപ്പോൾ ഭൂമിയിൽനിന്നും സൂര്യനിലേക്കുള്ള ദൂരം 15.3 കോടി കി.മീ. ആണെന്ന് ഉത്തരം കിട്ടി. ഏറ്റവും ആധുനികമായി തിട്ടപ്പെടുത്തിയ സൂര്യദൂരം 14.96 കോടി കി.മീ. ആണ്. ഭൂമിയിൽനിന്നും സൂര്യനിലേക്കുള്ള ദൂരം അളന്നാൽ മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരം അളക്കാൻ എളുപ്പമാണല്ലോ? ഭൂമിയിൽനിന്നും സൂര്യനിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തം ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിൽ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഒന്നായിരുന്നു. ഈ ദൂരത്തെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അളവുകോലായി സ്വീകരിക്കാൻ തുടങ്ങി. ഇതിനെ ഒരു ഖഗോളമാത്രയായി അവർ നിർവചിച്ചു. ഒരു ഖഗോള മാത്ര (astronomical unit) 15 കോടി കിലോമീറ്ററാണ്. സൂര്യദൂരത്തെ അടിസ്ഥാനരേഖ (baseline) യായി എടുത്തുകൊണ്ട് നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരങ്ങൾ അളക്കാൻ കഴിയുമെന്നായി. 1761-ലെ ശുക്രസംതരണത്തിനുശേഷം ഏതാണ്ട് മുക്കാൽ നൂറ്റാണ്ട് കഴിഞ്ഞാണ് നമ്മുടെ അടുത്തുള്ള ചില നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ലംബനം അളക്കാൻ കഴിഞ്ഞത്. നക്ഷത്ര ലംബനത്തിന്റെ തത്ത്വം വളരെ ലളിതമാണ്. ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണപഥ (orbit)ത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം 15 കോടി കി.മീ. ആയതുകൊണ്ട് 6 മാസ



ചിത്രം 6

ങ്ങൾക്കുശേഷം സൂര്യന്റെ എതിർദിശയിൽനിന്ന് നിരീക്ഷിച്ചാൽ അടിസ്ഥാനരേഖയുടെ നീളം 30 കോടി കി.മീ. ആകും. ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണപഥത്തിന്റെ വ്യാസമാണിത്. ഈ ദൂരം അടിസ്ഥാനരേഖയായി കരുതി ലളിതമായ ജ്യാമിതീയ തത്ത്വങ്ങളുപയോഗിച്ച് നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരങ്ങൾ തിട്ടപ്പെടുത്താം.

നക്ഷത്രദൂരങ്ങൾ അളക്കുന്നതിന് പുതിയ അളവുകോലുകൾ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ആവശ്യമായി. അങ്ങനെ നക്ഷത്രദൂരം അളക്കുവാൻ വേണ്ടി ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കണ്ടുപിടിച്ച മാത്രയാണ് പാർസെക്ക് (parsec). പാർസെക്ക് എന്നത് ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണപഥത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധം ഒരു സെക്കൻറ് പാരലാക്സ് ഉണ്ടാക്കുന്ന ദൂരമാണ്. ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണപഥത്തിന്റെ വ്യാസം 30 കോടി കി.മീ. അടിസ്ഥാന രേഖയായി എടുത്താൽ രണ്ട് സെക്കൻറ് പാരലാക്സ് ഉണ്ടാക്കുന്ന ദൂരം കിട്ടും. ഇതിനർത്ഥം നക്ഷത്രം രണ്ട് പാർസെക്ക് ദൂരെയെന്നാണ്. ഒരു പാർസെക്ക് 30,000,00 കോടി കി. മീറ്ററിനേക്കാൾ അല്പം കൂടുതൽ വരും. പ്രകാശത്തിന് ഇത്രയും ദൂരം സഞ്ചരിക്കുവാൻ 3.26 പ്രകാശവർഷം വേണം. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ സൂര്യദൂരത്തിന്റെ 206265 ഇരട്ടിയാണ് ഒരു പാർസെക്ക്. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ മറ്റൊരു ദൂരമാത്രയാണ് പ്രകാശവർഷം. സെക്കൻറിൽ 3 ലക്ഷം കി. മീറ്ററെന്ന തോതിൽ ഒരു വർഷംകൊണ്ട് പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരമാണ് ഏതാണ്ട് 10 ലക്ഷം കോടി കി. മീറ്റർ.

ലംബനം ഉപയോഗിച്ച് നക്ഷത്രദൂരങ്ങൾ അളക്കാമെന്ന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് അറിയാമായിരുന്നെങ്കിലും 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ മൂന്നാം ദശകംവരെ അവർക്ക് നക്ഷത്രദൂരങ്ങൾ അളക്കാൻ കഴിഞ്ഞിരുന്നില്ല. കാരണം ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള ഒരു നക്ഷത്രംപോലും ഒരു പാർസെക്ക് ലംബനിക വിസ്ഥാപനം (parallax displacement) കാണിച്ചില്ല. നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ലംബനിക വിസ്ഥാപനം അളക്കുന്നതിന് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങൾ കൃത്യമായി അടയാളപ്പെടുത്തിയ നക്ഷത്രമാപ്പുകൾ ആവശ്യമായിരുന്നു. അതുപോലെതന്നെ നിരീക്ഷണത്തിനുള്ള ഉപകരണങ്ങളും സാങ്കേതിക വിദ്യയും വളരെയേറെ മെച്ചപ്പെടേണ്ടതായിട്ടുണ്ടായിരുന്നു. 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആദ്യദശകങ്ങളിൽ സൂക്ഷ്മ നിരീക്ഷണത്തിന് പറ്റിയ ദൂരദർശിനികൾ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടു. ഇക്കാലത്ത് വാനനിരീക്ഷണത്തിനുള്ള മറ്റ് സാങ്കേതികവിദ്യകളും വികസിച്ചു.

ഹാലിയുടെ പിൻഗാമിയായിരുന്ന ബ്രിട്ടണിലെ രാജകീയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ജെയിംസ് ബ്രാഡ്ലിയാണ് ഗാമാ ഡ്രാക്കോണിസ് (Gamma Draconis) എന്ന നക്ഷത്രത്തിന്റെ ലംബനം അളക്കാൻ ആദ്യം ശ്രമിച്ചത്. എന്നാൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ പരിശ്രമം പരാജയപ്പെട്ടു. നക്ഷത്രദൂരം അളക്കുന്നതിൽ അദ്ദേഹം പരാജയപ്പെട്ടെങ്കിലും അതിനുള്ള സാങ്കേതികവിദ്യ വികസിപ്പിക്കുന്ന കാര്യത്തിൽ വിജയിച്ചു. ബ്രാഡ്ലി വികസിപ്പിച്ച സാങ്കേതികവിദ്യ നക്ഷത്രലംബനത്തിനുള്ള വഴികാട്ടിയായി. അദ്ദേഹം 3000 നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങൾ കൃത്യമായി രേഖപ്പെടുത്തി. ഭൂമി അതിന്റെ സ്വന്തം അച്ചുതണ്ടിൽ കറങ്ങുകയും സൂര്യനെ ഭ്രമണം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു എന്ന

കോപ്പർനിക്കസിന്റെ പരികല്പനയ്ക്ക് നിരീക്ഷണത്തെളിവുകൾ നല്കിയത് ബ്രാഡ്ലിയായിരുന്നു.

ബ്രാഡ്ലി വികസിപ്പിച്ച സാങ്കേതികവിദ്യകൾ നക്ഷത്രദൂരങ്ങൾ അളക്കാൻ പിന്നീടുള്ള ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വളരെ ഫലപ്രദമായി ഉപയോഗിച്ചു. ഇതിലേറ്റവും പ്രമുഖൻ 1784-ൽ ജർമ്മനിയിൽ ജനിച്ച ഫ്രിഡ്റിച്ച് ബെസ്സൽ (Friedrich Bessel) ആയിരുന്നു. അദ്ദേഹം പ്രസിദ്ധനായ ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനുമായിരുന്നു. സൗരയൂഥത്തിനപ്പുറം നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരം ആദ്യമായി അളന്നത് അദ്ദേഹമാണ്. ബെസ്സൽ ഏകദേശം 30,000 നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഥാനങ്ങൾ നിർണ്ണയിക്കുകയും ഒരു നക്ഷത്രപ്പട്ടിക പ്രസിദ്ധീകരിക്കുകയും ചെയ്തു. നക്ഷത്ര ലംബനത്തിനുണ്ടായിരുന്ന തടസ്സങ്ങൾ നീക്കുന്നതിന് ആവശ്യമായ സാങ്കേതികവിദ്യ സ്വതന്ത്രമായി അദ്ദേഹം വികസിപ്പിച്ചു. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിനു വേണ്ടി സമർപ്പിക്കപ്പെട്ടതായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ ജീവിതം. ബെസ്സൽ ആറ് മാസം ഇടവിട്ടുള്ള രാത്രികളിൽ ഓരോ നക്ഷത്രത്തിന്റെയും ആപേക്ഷികസ്ഥാനം നിരീക്ഷിച്ചു. ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണപഥത്തിന്റെ വ്യാസം ആധാരമാക്കിയാണ് നക്ഷത്രദൂരങ്ങൾ അളക്കാൻ അദ്ദേഹം ശ്രമിച്ചത്. ബെസ്സൽ ആദ്യം നിരീക്ഷിച്ച നക്ഷത്രങ്ങൾ വളരെ ദൂരെ ആയിരുന്നതുകൊണ്ട് അവയുടെ ലംബനിക വിസ്ഥാപനം അദ്ദേഹത്തിന് അളക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല (നക്ഷത്രത്തിലേക്കുള്ള ദൂരം വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ലംബനം കുറയുന്നു).

1837 ജനുവരിയിൽ കോനിഗ്സ്ബെർഗ് (Konigsberg) വാനനിരീക്ഷണാലയത്തിലെ ദൂരദർശിനിയിലൂടെ ബെസ്സൽ നോക്കിയപ്പോൾ 61 സിഗ്നി (Cygni) എന്ന മങ്ങിയ നക്ഷത്രത്തെ കണ്ടു. അക്കാലത്തെ ഏറ്റവും നല്ല ദൂരദർശിനികളിൽ ഒന്നായിരുന്നു കോനിഗ്സ്ബെർഗിലേത്. കോനിഗ്സ്ബെർഗിലെ അതിസൂക്ഷ്മമായ ഈ ദൂരദർശിനി അക്കാലത്തെ ലോകപ്രസിദ്ധ ദൂരദർശിനി നിർമ്മാതാവായിരുന്ന ജോസഫ് ഫ്രോൺഹോഫർ (Joseph Fraunhofer) നിർമ്മിച്ചതായിരുന്നു. ആദ്യത്തെ നിരീക്ഷണത്തിന് ആറു മാസം കഴിഞ്ഞ് നക്ഷത്രത്തെ നിരീക്ഷിച്ചപ്പോൾ മുൻപ് ഉണ്ടായിരുന്നതിൽനിന്നും അല്പം സ്ഥാനഭ്രംശം അതിനുണ്ടായിട്ടുള്ളതായി ബെസ്സൽ കണ്ടു. വീണ്ടും ആറു മാസത്തിനുശേഷം നിരീക്ഷിച്ചപ്പോൾ നക്ഷത്രം പൂർവ്വസ്ഥാനത്ത് വന്നുചേർന്നു. അപ്പോൾ ഈ പ്രതിഭാസം ലംബനിക വിസ്ഥാപനം തന്നെയെന്ന് ബെസ്സൽ അനുമാനിച്ചു. 61 സിഗ്നിക്ക് ഉണ്ടായതായി കണ്ട ലംബനിക വിസ്ഥാപനം നന്നേ ചെറുതായിരുന്നു; വെറും 0.3136 കോണിയ സെക്കൻറ് മാത്രം. ഇത്തരം കോണങ്ങൾപോലും കൃത്യമായി അളന്നെടുക്കാൻ തക്ക നിലയിൽ അതിസൂക്ഷ്മമായിരുന്നു കോനിഗ്സ്ബെർഗ് നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ ദൂരദർശിനി. നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ട ലംബനിക വിസ്ഥാപനവും ഭൂമിയുടെ പരിക്രമണപഥത്തിന്റെ വ്യാസവും ഉപയോഗിച്ച് 61 സിഗ്നിയിലേക്കുള്ള ദൂരം ബെസ്സൽ കണ്ടുപിടിച്ചു. 3.4 പാർസെക്ക് അഥവാ 11 പ്രകാശവർഷം അകലെ. അതായത് ഭൂമിയിൽനിന്നും സൂര്യനിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന്റെ 6,90,000 ഇരട്ടി. നമ്മുടെ അയൽക്കാരനായ 61 സിഗ്നി എന്ന നക്ഷത്രത്തിൽനിന്നും പ്രകാശരശ്മിക്ക് ഭൂമിയിലെത്താൻ 11 വർഷം വേണം.

ഏതെങ്കിലും ദൂരത്തംകൊണ്ട് ഈ നക്ഷത്രത്തിൽനിന്നുള്ള വെളിച്ചം കെട്ടു പോകുകയോ പെട്ടെന്നൊരു അഗ്നിപ്രളയത്തോടെ അത് പൊട്ടിത്തെറിക്കുകയോ ചെയ്താൽ അത് അറിയാനായി നമുക്ക് 11 വർഷം കാത്തിരിക്കേണ്ടിവരും. പൊട്ടിത്തെറിയുടെ മിന്നൽ നക്ഷത്രാന്തരികസ്ഥലത്തിലൂടെ ഇത്രയും ദൂരം ഓടി വന്ന് 61 സിഗ്നി എന്ന നക്ഷത്രം ചരമമടഞ്ഞു എന്ന പ്രപഞ്ച വാർത്ത ഭൂമിയിൽ അറിയുവാൻ 11 വർഷം എടുക്കും. ഭൂമിയിൽനിന്ന് സിഗ്നിയിലേക്കുള്ള കിലോമീറ്റർ ദൂരം 103,000,000,000,000 ആണ്.

ബെസ്സൽ നമുക്കും സിഗ്നിക്കും ഇടയിലുള്ള ദൂരം അളന്നതിനുശേഷം സിഗ്നിയുടെ വലിപ്പവും പ്രകാശതീവ്രതയും തിട്ടപ്പെടുത്തി. സൂര്യനെക്കാൾ 30% ചെറുതും ഏതാണ്ട് അത്രത്തോളംതന്നെ പ്രകാശം ഉള്ളതുമായ ഒരു തേജോഗോളമാണ് സിഗ്നിയെന്ന് ബെസ്സൽ കണ്ടെത്തി. നമ്മുടെ സൂര്യൻ അതിവിശാലമായ ആകാശത്തിലെ മഹാവിദൂരതകളിൽ ചിതറിക്കിടക്കുന്ന അസംഖ്യം നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഒന്നു മാത്രമാണെന്ന് കോപ്പർനിക്കസ് പണ്ട് അവതരിപ്പിച്ച വിപ്ലവകരമായ ആശയത്തിന് ലഭിച്ച ആദ്യത്തെ പ്രത്യക്ഷ തെളിവായിരുന്നു ഇത്.

ബെസ്സലിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തെ തുടർന്ന് അദ്ദേഹത്തിന്റെ സമകാലീനരായിരുന്ന ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നക്ഷത്രലംബനം ഉപയോഗിച്ച് സൗരയൂഥത്തിന്റെ അയൽപക്കത്തുള്ള മറ്റ് ചില നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരങ്ങൾ അളന്നു. 1839-ൽ ബ്രിട്ടീഷ് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ തോമസ് ഹെൻഡേഴ്സൺ (Thomas Henderson) തെക്കേ ആഫ്രിക്കയിലെ ഗുഡ് ഹോപ്പ് മുനമ്പിൽനിന്നും ആൽഫാ സെൻറാറിയിലേക്കുള്ള (Alpha Centauri) ദൂരം തിട്ടപ്പെടുത്തി. സൗരയൂഥത്തിന്റെ ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള സുഹൃത്ത് ആൽഫാ സെൻറാറി ആണ്. ദൂരം 1.3 പാർസെക്ക് (4.3 പ്രകാശ വർഷം). 1840-ൽ റഷ്യയിൽ ജോലി ചെയ്തിരുന്ന ജർമ്മൻ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഫ്രഡറിച്ച് സ്ട്രൂവ് (Friedrich Struve) വേഗാനക്ഷത്രത്തിലേക്കുള്ള ദൂരം കണ്ടുപിടിച്ചു. 8.3 പാർസെക്ക് അഥവാ 27 പ്രകാശവർഷം. നക്ഷത്രങ്ങൾ സൂര്യന്മാരാണെന്ന് പ്രവചിച്ച ബ്രൂണോയുടെ രക്തസാക്ഷിത്വം സാർത്ഥകമായി. സൂര്യനിൽനിന്നും ഏറ്റവും വിദൂരമായ അതിന്റെ സ്വന്തം ഗ്രഹമായ പ്ലൂട്ടോ(Pluto)യിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന്റെ 7000 ഇരട്ടി അകലെയാണ് ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള നക്ഷത്രമായ ആൽഫാസെൻറാറി എന്ന് തെളിഞ്ഞു. സമോസിലെ അരിസ്റ്റാർക്കസിന്റെ മനസ്സിലുദിച്ച ത്രികോണം ഉപയോഗിച്ച് 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നക്ഷത്രാന്തരീയ സ്ഥലങ്ങൾ അളന്നു. അടുത്തുള്ള കുറച്ച് നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരം അളന്നതോടെ വിദൂര നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരം അളക്കാൻ കഴിയുമെന്ന ആത്മവിശ്വാസം ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരിൽ വർദ്ധിതമായി. നക്ഷത്രനിരീക്ഷണത്തിനുള്ള സാങ്കേതികവിദ്യയും അതോടൊപ്പം വികസിച്ചു. 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ രണ്ടാം പകുതി ആയപ്പോഴേക്കും നമ്മുടെ സ്വന്തം ഗ്യാലക്സിയായ ക്ഷീരപഥത്തിന്റെ രൂപവും വലിപ്പവും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ഏകദേശം മനസ്സിലായി. ആകാശത്തിന് അതിരില്ലെന്ന് അവർക്ക് തോന്നി. 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആദ്യദശകങ്ങളിൽ നെബുലകളുടെ (Nebulae) ലോകത്തേക്ക് നമ്മൾ പ്രവേശിച്ചു.

അടുത്തുള്ള ചില നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരം

നക്ഷത്രം	പ്രകാശവർഷം	പാർസെക്
ആൽഫാസെൻറാറി	4.29	1.32
ബെർണാർഡ്സ്റ്റാർ	5.97	1.84
വൂൾഫ് 359	7.74	2.38
സിറിയസ്	8.7	2.67
61 സിഗ്നി	11.1	3.42
പ്രോസിയോൺ	13.3	3.48

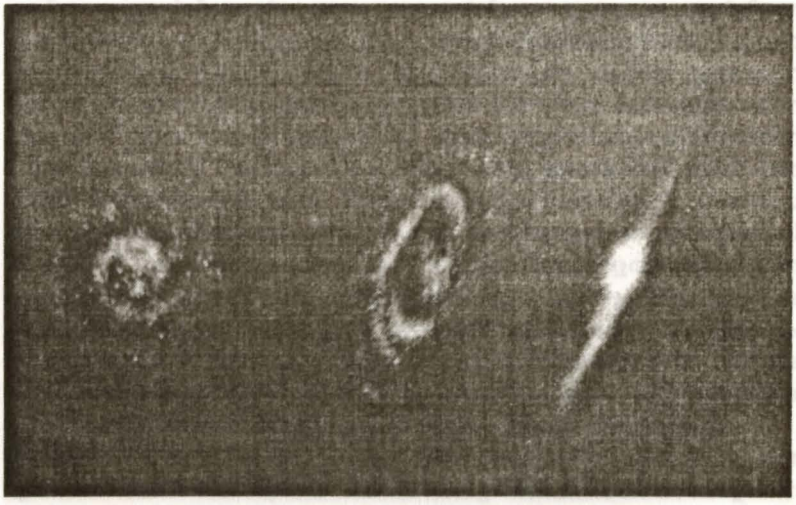
ക്ഷീരപഥവും അതിനപ്പുറവും

നമുക്കിനി നമ്മുടെ സ്വന്തം ഗാലക്സിയായ ക്ഷീരപഥത്തിലേക്കും അതിനപ്പുറത്തേക്കും സഞ്ചരിക്കാം. ക്ഷീരപഥം സഹസ്രകോടിക്കണക്കിന് ഗാലക്സികളിൽ ഒന്ന് മാത്രമാണെന്ന് നമുക്കിന്നറിയാം. പ്രധാനപ്പെട്ട ഒരു ഗാലക്സിയുടെ വ്യാസം ഒരു ലക്ഷത്തോളം പ്രകാശവർഷം വരുമെന്നാണ് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കണക്കാക്കിയിരിക്കുന്നത്. ഓരോ ഗാലക്സിയിലും സഹസ്രകോടിക്കണക്കിന് നക്ഷത്രങ്ങളുണ്ട്.

ശാസ്ത്രത്തിന് രണ്ട് വശങ്ങളുണ്ട്. ഒന്ന് സിദ്ധാന്തവും രണ്ട് നിരീക്ഷണങ്ങളും പരീക്ഷണങ്ങളും. ഒരു ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തം ശരിയാകണമെങ്കിൽ അത് നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെയും തെളിയിക്കപ്പെടണം. അതുപോലെ നിരീക്ഷണങ്ങൾക്കും പരീക്ഷണങ്ങൾക്കും സൈദ്ധാന്തികമായ അടിത്തറയും ഉണ്ടാകണം. ചുരുക്കത്തിൽ സിദ്ധാന്തവും നിരീക്ഷണവും തമ്മിൽ പൊരുത്തം ഉണ്ടായിരിക്കണം. ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിൽ ആദ്യം സിദ്ധാന്തവും തുടർന്ന് നിരീക്ഷണത്തെളിവുകളും ലഭിക്കുന്നത് അസാധാരണമായ സംഭവമല്ല. മറിച്ചും സംഭവിക്കാറുണ്ട്. ഐൻസ്റ്റിന്റെ ആപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്ക് നിരീക്ഷണത്തെളിവുകൾ ലഭിച്ചത് പിന്നീടാണ്. ഗാലക്സികാന്തരികസ്ഥലങ്ങളിലേക്കുള്ള പര്യവേക്ഷണത്തിന് മാർഗ്ഗ ദീപങ്ങളായത് തത്ത്വചിന്തകനായ ഇമ്മാനുവൽ കാൻറിന്റെയും (Immanual Kant) ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ജോഹാൻ ലാബെർട്ടിന്റെയും (Johann Labert) സിദ്ധാന്തങ്ങളായിരുന്നു. ഇവരുടെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്ക് ആദ്യകാലത്ത് നിരീക്ഷണത്തെളിവുകൾ ലഭിച്ചിരുന്നില്ല. നിരീക്ഷണങ്ങളിലും പരീക്ഷണങ്ങളിലും ഏർപ്പെടാതെ യുക്തിചിന്തയിലൂടെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ആവിഷ്കരിച്ച ചാരുകസേരസിദ്ധാന്തികളായിരുന്നു ഇവർ. ഇവരുടെ യുക്തിഭദ്രമായ നിഗമനങ്ങൾക്ക് നിരീക്ഷണത്തെളിവുകൾ നല്കിയത് ജർമ്മൻ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന വില്യം ഹെർഷൽ (William Hershel) ആയിരുന്നു.

ഇമ്മാനുവൽ കാൻറ് കിഴക്കൻ പ്രഷ്യയിൽ കോനിഗ്സ്ബെർഗിൽ 1724-ൽ ജനിച്ചു. വിദ്യാഭ്യാസത്തിന് ശേഷം 1755-ൽ കോനിഗ്സ്ബെർഗ് സർവ്വകലാശാലയിൽ അദ്ധ്യാപകനായി. അനുഭവാത്മകവാദത്തെയും യുക്തിവാദത്തെയും സമന്വയിപ്പിച്ച് തത്ത്വശാസ്ത്രത്തെയും ശാസ്ത്രത്തെയും പ്രകാശപൂരിതവും ജീവത്തും ആക്കിയ മഹാനായ ചിന്തകനായിരുന്നു കാൻറ്. 26 വയസ്സുള്ളപ്പോഴാണ് അദ്ദേഹം പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തെക്കുറിച്ചെഴുതിയത്. മറ്റുള്ളവരുടെ പരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നും നിരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നും നിഗമനങ്ങളിലെത്തുന്നതായിരുന്നു കാൻറിന്റെ രീതി. ഒരർത്ഥത്തിൽ

ഐൻസ്റ്റിൻപോലും നിരീക്ഷണത്തെക്കാൾ പ്രാധാന്യം നല്കിയത് സിദ്ധാന്തത്തിനായിരുന്നു. ആംഗലതത്വചിന്തകനായിരുന്ന തോമസ് റൈറ്റിന്റെ (Thomas Wright) 'പുതിയ പ്രപഞ്ച പരികല്പന' എന്ന കൃതിയായിരുന്നു കാൻറിന്റെ ചിന്ത പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനത്തിലേക്ക് തിരിച്ചത്. റൈറ്റ് അദ്ദേഹത്തിന്റെ പുസ്തകത്തിൽ ക്ഷീരപഥം നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഒരു കൂട്ടമാണെന്ന് അവകാശപ്പെട്ടു. നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സിക്കപ്പുറം ഉള്ള അതിവിശാലമായ സ്ഥലത്ത് നമ്മുടേതുപോലുള്ള ഗാലക്സികളുണ്ടെന്ന് റൈറ്റ് പ്രവചിച്ചു. നെബുലകൾ എന്ന പേരിൽ നിശാകാശത്ത് കാണുന്ന മങ്ങിയ പ്രകാശമുള്ള നക്ഷത്രക്കൂട്ടങ്ങൾ ഗാലക്സികളാണെന്ന് റൈറ്റ് ദീർഘദർശനം ചെയ്തു. നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥംപോലുള്ള ഗാലക്സികളാണ് ദീർഘവൃത്താകാര നെബുലകൾ (Eliptical Nebulae) എന്ന് കാൻറ് റൈറ്റിനെക്കാൾ ശക്തമായ ഭാഷയിൽ പ്രവചിച്ചു. 1755-ൽ കാൻറ് പ്രസിദ്ധീകരിച്ച 'പ്രകൃതിയുടെ പൊതു ചരിത്രവും നഭസ്സിന്റെ സിദ്ധാന്തവും' (General History of Nature and the Theory of the Heavens) എന്ന പുസ്തകത്തിൽ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഘടനയെ സംബന്ധിച്ച നിഗമനങ്ങൾ അവതരിപ്പിച്ചു. അദ്ദേഹം എഴുതി "അതി വിദൂരതയിൽ കിടക്കുന്ന നിരവധി നക്ഷത്രങ്ങളുടെ കൂട്ടമാണ് നെബുലകൾ, അവ നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥത്തെപ്പോലുള്ളവയാണ്. അപാരവിസ്തൃതമായ പ്രാപഞ്ചികസ്ഥലത്തിലെ ഗാലക്സികളാണവ. ഗാലക്സികളുടെ കൂട്ടമാണ് പ്രപഞ്ചം."



ഡിസ്ക് രൂപത്തിലുള്ള ഗാലക്സികളെ ദൂരെനിന്ന് നോക്കുമ്പോൾ നെബുലകളാണെന്ന് തോന്നാം.

അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു, നാം ജീവിക്കുന്നത് ഒരു സാധാരണ ഗാലക്സിയിലാണ്. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കാണുന്ന മങ്ങിയ നെബുലകൾ പുതിയ പ്രതിഭാസങ്ങളൊന്നും അല്ല. അവ നമ്മുടേതുപോലുള്ള സാധാരണ

ഗാലക്സികളല്ലാതെ മറ്റൊന്നുമല്ല. മറ്റേതെങ്കിലും ഒരു ഗാലക്സിയിലെ ഒരു നക്ഷത്രത്തിന് ചുറ്റും ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഗ്രഹത്തിൽനിന്ന് ഒരാൾ നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയിലേക്ക് നോക്കിയാൽ അത് മങ്ങിയ ഒരു പ്രകാശപാത പോലെ തോന്നും. അതിവിശാലമായ സ്ഥലത്ത് ചിതറിക്കിടക്കുന്ന ഗാലക്സികളെ വിവരിക്കുന്നതിന് 'പ്രപഞ്ചദ്വീപുകൾ' (Island Universes) എന്ന പദം ആദ്യമായി പ്രയോഗിച്ചത് കാൻറായിരുന്നു. നാം ഏതു ദിശയിൽ നിന്ന് പ്രപഞ്ചത്തെ നോക്കിയാലും ഇത് ഒരേ രൂപത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു എന്നും പ്രപഞ്ചത്തെ മറ്റെവിടെനിന്ന് നോക്കിയാലും ഇത് യാഥാർത്ഥ്യമാണെന്നുമുള്ള ആധുനിക പ്രപഞ്ചതത്ത്വ(Cosmological Principle)വുമായി കാൻറിൻെറ പ്രവചനത്തിന് അദ്ഭുതകരമായ പൊരുത്തം കാണുന്നു. 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിലെ നിരീക്ഷണങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ രൂപംകൊണ്ട ആധുനിക പ്രപഞ്ചചിത്രവുമായി കാൻറിൻെറ പ്രപഞ്ചത്തിന് അസാധാരണമായ സാമ്യം ഉണ്ട്.

പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനത്തിന് മഹത്തായ സംഭാവനകൾ നല്കിയ ജർമ്മൻ സ്വിസ്ശാസ്ത്രജ്ഞനും ചിന്തകനുമായിരുന്നു ജോഹാൻ ലാബെർട്ട് (Johann Lambert). അദ്ദേഹത്തിൻെറ പ്രപഞ്ചപരികല്പനകൾ റൈറ്റിൻെറയും കാൻറിൻെറയും പ്രപഞ്ചസങ്കല്പങ്ങളുമായി സാദൃശ്യമുള്ളതായിരുന്നു. ലാബെർട്ടിൻെറ 'കോസ്മോളജിക്കൽ ലെറ്റേഴ്സ്' എന്ന ലേഖനസമാഹാരത്തിലാണ് അദ്ദേഹത്തിൻെറ പ്രപഞ്ചവീക്ഷണങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. ഡിസ്ക് ആകൃതിയിലുള്ള നക്ഷത്രസമൂഹത്തിൻെറ ഒരറ്റത്ത് കിടക്കുന്ന ഒരു നക്ഷത്രമാണ് സൂര്യൻ എന്നൊരു നിർദ്ദേശം അദ്ദേഹം മുന്നോട്ടുവച്ചു. ക്ഷീരപഥത്തെപ്പോലെ എണ്ണിത്തീർക്കാൻ പറ്റാത്തത്ര ക്ഷീരപഥങ്ങൾ പ്രപഞ്ചത്തിലുണ്ടെന്ന് ലാബെർട്ട് അവകാശപ്പെട്ടു.

ലാബെർട്ട് എഴുതി: "ദീർഘനാളുകൾ നിശാകാശത്തിൻെറ അഗാധതയിൽ കണ്ണും നട്ട് നിരീക്ഷിച്ചതിൻെറ പരിണതഫലമാണ് എൻെറ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ." കാൻറിൻെറയും ലാബെർട്ടിൻെറയും ആവേശകരമായ ഗാലക്സിക പ്രപഞ്ച പരികല്പനകളും പ്രവചനങ്ങളും അത്യഗാധവും അതിവിശാലവുമായ ഗാലക്സികാന്തരികസ്ഥലത്തെ പര്യവേക്ഷണങ്ങൾക്ക് 18-ഉം 19-ഉം നൂറ്റാണ്ടിലെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് പ്രചോദനമായി.

കൃത്യതയോടും വളരെ അടുക്കുംചിട്ടയോടും സൗരയൂഥവും അതിനപ്പുറവുമുള്ള പ്രപഞ്ചം ആദ്യമായി നിരീക്ഷിച്ചത് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ വില്യം ഹെർഷൽ ആയിരുന്നു. 1738 നവംബർ 15-ന് ഹാനോവറിൽ അദ്ദേഹം ജനിച്ചു. തത്ത്വശാസ്ത്രത്തിലും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിലും സംഗീതത്തിലും പാരമ്പര്യമുള്ള ഒരു കുടുംബമായിരുന്നു ഹെർഷലിൻേറത്. തത്ത്വശാസ്ത്രത്തിൻെറയും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിൻെറയും ബാലപാഠങ്ങൾ ഹെർഷലിനെ അഭ്യസിപ്പിച്ചത് അദ്ദേഹത്തിൻെറ പിതാവുതന്നെയായിരുന്നു. വളരെ ചെറുപ്പത്തിൽത്തന്നെ ഹെർഷൽ വാനനിരീക്ഷണം ആരംഭിച്ചു. അദ്ദേഹം പ്രപഞ്ചരഹസ്യങ്ങൾ തേടിയുള്ള നിരീക്ഷണം ആരംഭിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടായിരുന്ന ദൂരദർശിനികൾക്ക് അതിവിദൂര നക്ഷത്രങ്ങളെയും നെബുലകളെയും വീക്ഷിക്കുവാനുള്ള സാങ്കേതിക മികവ് ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. പ്രകാശികദൂരദർശി

നികൾ രണ്ട് വിധത്തിലുണ്ട്. അപവർത്തിതവും (Refracting) പ്രതിഫലിതവും (Reflecting). ഐസക് ന്യൂട്ടനാണ് ആദ്യമായി പ്രതിഫലന ദൂരദർശിനി കണ്ടുപിടിച്ചത്. അപവർത്തന ദൂരദർശിനിക്ക് വർണ്ണവിപഥനംകൊണ്ടുള്ള ന്യൂനത ഉണ്ടായിരുന്നു. തന്മൂലം പ്രതിരൂപം അവ്യക്തമാകുന്നു. പ്രതിഫലന തരത്തിൽപ്പെട്ടവയ്ക്ക് ഈ ന്യൂനത ഇല്ല. അതിവിദൂരസ്ഥമായ പ്രപഞ്ച വസ്തുക്കളെ നോക്കിക്കാണുന്നതിനാവശ്യമായ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രോപകരണങ്ങൾ ഹെർഷൽ വികസിപ്പിച്ചു. ഹെർഷലും അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹോദരി കരോളിനുംകൂടി ആകാശത്തിലെ അതിവിദൂര നക്ഷത്രങ്ങളെയും നെബുലകളെയും വ്യക്തമായി കാണാൻ കഴിയുന്ന വളരെ വലിയ ഒരു പ്രതിഫലന ദൂരദർശിനി നിർമ്മിച്ചു. ദൂരദർശിനിയുടെ രൂപകല്പനയിലും നിർമ്മാണത്തിലും ഹെർഷലും കരോളിനും നല്കിയ സംഭാവന ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര സാങ്കേതികവിദ്യയുടെ വളർച്ചയിൽ സുപ്രധാനമായിരുന്നു. ഹെർഷൽ സ്വയം നിർമ്മിച്ച ദൂരദർശിനി പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അജ്ഞാത സീമകളിലേക്ക് തിരിച്ചുവച്ചു. ഹെർഷലാണ് 1781 മാർച്ച് 13-ന് സൂര്യകുടുംബത്തിലെ യുറാനസ് (Uranus) എന്ന ഗ്രഹത്തെ കണ്ടുപിടിച്ചത്. ബ്രാഡ്ലിയും ഫ്ലെയിംസ്റ്റീഡും (Flamsteed) മറ്റ് പലരും യുറാനസിനെ കണ്ടിരുന്നെങ്കിലും അത് ഒരു നക്ഷത്രമായിരിക്കും എന്നാണ് തെറ്റായി ധരിച്ചിരുന്നത്. ശനിക്കപ്പുറം വളരെ ദൂരെയുള്ള ഗ്രഹമാണ് യുറാനസ് എന്ന് ഹെർഷൽ വ്യക്തമാക്കി. പിന്നീട് ബ്രിട്ടീഷ് രാജകീയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന നെവിൽ മാസ്ക്കലിൻ (Nevil Maskelyne) യുറാനസിലേക്കുള്ള ദൂരം അളന്നു. അതോടെ അന്നുവരെ അറിയപ്പെട്ടിരുന്ന സൗരയൂഥ വ്യാസം ഇരട്ടിയായി. യുറാനസിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തോടെ ഹെർഷൽ പ്രസിദ്ധനായി. അദ്ദേഹത്തെ ഫെല്ലോഷിപ്പ് നല്കി റോയൽ സൊസൈറ്റി ആദരിച്ചു. ജോർജ്ജ് മൂന്നാമൻ രാജാവ് അദ്ദേഹത്തെ രാജകീയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായി നിയമിച്ചു.

നിശാകാശത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ഒരു വിജ്ഞാനകോശമായിരുന്നു ഹെർഷൽ. ക്ഷീരപഥത്തെയും നെബുലകളെയുംകുറിച്ച് അദ്ദേഹം നടത്തിയ ഗഹനമായ പഠനങ്ങൾ നിരവധി പ്രപഞ്ചരഹസ്യങ്ങൾ വെളിപ്പെടുത്തി. ക്ഷീരപഥം ഒരു സാധാരണ നെബുലയോ ആകാശത്ത് പരന്നുകിടക്കുന്ന വാതകമേഘങ്ങളുടെ വെറും ഒരു വലയമോ അല്ലെന്നും അത് അസംഖ്യം വിദൂരസ്ഥങ്ങളായ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഒരു പടലമാണെന്നും വ്യക്തമാക്കി. നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥം ഒരു സർപ്പിളാകാരഗാലക്സി (spiral galaxy) ആണെന്നും അതിനെ നോക്കിയാൽ ഒരു ഡിസ്കിന്റെ രൂപമാണുള്ളതെന്നും അദ്ദേഹം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഏറ്റവും ആവേശകരമായ കാര്യം 18-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സിയിലെ ചില നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും നക്ഷത്രക്കൂട്ടങ്ങളുടെയും സ്ഥാനവും അവയുടെ ദൂരവും നിരീക്ഷിച്ച് തിട്ടപ്പെടുത്തുകയും ക്ഷീരപഥത്തിന്റെ വ്യാപ്തിതന്നെ അളന്ന് തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നതിന് നടത്തിയ പരിശ്രമവുമാണ്. വാതകപടലംപോലെയുള്ള ഓറിയോൺ നെബുല (Orion nebulae)യെ നിരീക്ഷിക്കുകയും അത് ഭൂമിയിൽനിന്ന് 1600 പ്രകാശവർഷം അകലെയാണെന്ന് നിർണ്ണയിക്കുകയും ചെയ്തു. ഭാവി

സൂര്യന്മാരുടെ സൃഷ്ടിക്കുള്ള ഭൗതികവസ്തുക്കളടങ്ങിയതാണ് ഓറിയോൺ നെബുലയെന്ന് അദ്ദേഹം പ്രവചിച്ചു. ഇത് ശരിവച്ചിരിക്കുകയാണ് ആധുനിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രം. നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയിലെ നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഒന്നു മാത്രമാണ് സൂര്യനെന്ന് ആദ്യമായി വാദിച്ചത് ഹെർഷലായിരുന്നു.

ഹെർഷൽ മറ്റ് ഗാലക്സികളെയും പഠിച്ചു. അതിലേറ്റവും പ്രധാനം ആൻഡ്രോമിഡ ഗാലക്സിയിൽ (Andromeda galaxy) നടത്തിയ സൂക്ഷ്മ നിരീക്ഷണമാണ്. കോടിക്കണക്കിന് നക്ഷത്രങ്ങളാൽ പ്രഭാപൂരിതമാണ് ആൻഡ്രോമിഡഗാലക്സിയെന്ന് ഹെർഷൽ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. 18-ാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ഒരു ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം മഹത്തായൊരു നേട്ടമായിരുന്നു ഇത്. അക്കാലത്തെ ഒരു ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ കണ്ണുകൾക്ക് നിശാകാശത്ത് കാണാൻ കഴിയുന്നതെല്ലാം ഹെർഷൽ കണ്ടു. സ്വർഗ്ഗത്തിന്റെ നിർമ്മിതി വ്യക്തമായി കാണാൻ പറ്റിയ ദൂരദർശിനികൾ ഹെർഷലിനുണ്ടായിരുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചാതിർത്തികൾ തേടിയലഞ്ഞ ഹെർഷലിന്റെ സ്വപ്നങ്ങൾ സാക്ഷാത്കരിക്കപ്പെട്ടത് 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിലായിരുന്നു. ഹെർഷലിന്റെ ദീർഘദർശനങ്ങൾ ആധുനിക പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിലെ കണ്ടെത്തലുകളുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നവയായിരുന്നു.

ദീർഘവൃത്താകാര (eliptical) നെബുലകളുടെ സ്വഭാവത്തെ സംബന്ധിച്ച് രണ്ട് പ്രബലമായ ചിന്താധാരകൾ 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ നിലനിന്നിരുന്നു. ഒന്ന് കാൻറിന്റെയും ലാപ്ലാസിന്റെയും പ്രപഞ്ചദീപ്സിദ്ധാന്തവും മറ്റേത് പിയറെസൈമൺ ഡി ലാപ്ലാസിന്റെ നെബുലാർ പരികല്പനയും (nebular hypothesis) പ്രപഞ്ചദീപ് സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സിയിലെ നിരവധി നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഒന്നു മാത്രമാണ് സൂര്യൻ. അതിവിശാലമായ സ്ഥലത്തിന് കുറുകെ ദൂരദർശിനിയിലൂടെ നോക്കുമ്പോൾ നാം കാണുന്ന സർപ്പിളവും ദീർഘവൃത്താകാരവുമായ നെബുലകൾ ഗാലക്സികളാണ്. നെബുലാപരികല്പനയനുസരിച്ച് സർപ്പിളവും ദീർഘവൃത്താകാരവുമായ നെബുലകൾ ചുഴറ്റിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന വാതകമേഘങ്ങളാണ്. ഈ വാതകമേഘങ്ങൾ ഘനീഭവിച്ചാണ് നക്ഷത്രങ്ങളുണ്ടാകുന്നത്. രണ്ട് സിദ്ധാന്തങ്ങളും ഒരു പരിധിവരെ ശരിയായിരുന്നു. ചില നെബുലകൾ നക്ഷത്രത്തിന് ജന്മം നല്കുന്ന വാതകമേഘങ്ങളായിരുന്നെങ്കിൽ മറ്റ് ചില ദീർഘവൃത്താകാരവും സർപ്പിളവുമായ നെബുലകൾ ഗാലക്സികളായിരുന്നു. ആധുനിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നെബുലകളെ വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ താരാട്ടുതൊട്ടിൽ എന്നാണ്. ഈ രണ്ട് സിദ്ധാന്തങ്ങളും തമ്മിലുള്ള തർക്കം ഏതാണ്ട് ഒരു നൂറ്റാണ്ട് കാലം നിലനിന്നു. ഒടുവിൽ രണ്ട് സിദ്ധാന്തങ്ങളും ഒരു പരിധിവരെ ശരിയാണെന്ന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അംഗീകരിച്ചു. രണ്ടുതരം നെബുലകളുണ്ടെന്ന് 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ട ശക്തമായ ദൂരദർശിനിയിലൂടെ അവർ കണ്ടെത്തി. നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥത്തിനുള്ളിൽ തന്നെ പ്രകാശമാനമായ വാതകമേഘങ്ങളടങ്ങിയ ഒരുതരം നെബുലകളുണ്ടെന്ന് കണ്ടുപിടിച്ചു. ക്ഷീരപഥത്തിന് വളരെ അപ്പുറം ഉള്ള പ്രപഞ്ചദീപുകൾ മറ്റ് ഗാലക്സികളാണെന്നും വ്യക്തമായി.

1890-ൽ കാലിഫോർണിയയിലെ ലിക്ക് നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ

(Lick observatory) പ്രസിദ്ധ നിരീക്ഷണ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ജെയിംസ് കീലർ (James Keeler) ഒരു ലക്ഷം സർപ്പിള നെബുലകളെ നിരീക്ഷിച്ചു. കോടിക്കണക്കിന് സൗരയൂഥങ്ങൾ ക്ഷീരപഥഗാലക്സികളിലുണ്ടെന്ന് കീലറുടെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ വെളിപ്പെടുത്തി. എന്നാൽ സഹസ്രകോടിക്കണക്കിന് നക്ഷത്രങ്ങളുള്ള സഹസ്രകോടിക്കണക്കിന് ഗാലക്സികളുണ്ടെന്ന് വിഭാവന ചെയ്യുവാൻ അന്ന് കഴിയുമായിരുന്നില്ല.

നക്ഷത്രങ്ങൾ വളരെ അകലെ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നവയാണ്. നാം അവയെ പ്രകാശബിന്ദുക്കളായിട്ടാണ് കാണുന്നത്. നമുക്ക് അവയുടെ വലിപ്പമോ ആകൃതിയോ കാണാൻ പറ്റുകയില്ല. അതുപോലെ വ്യത്യസ്തരം നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്കുള്ള ദൂരവും പറയാൻ കഴിയില്ല. എന്നാൽ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഒരു ഗുണവിശേഷം അവയുടെ പ്രകാശം നമുക്കറിയാൻ കഴിയുമെന്നതാണ്. നക്ഷത്രത്തിന്റെ വർണ്ണരാജിപഠനത്തിലൂടെ നക്ഷത്രത്തെക്കുറിച്ച് പലതും അറിയാൻ കഴിയും. നക്ഷത്രത്തിന്റെ വർണ്ണരാജി പഠിക്കുന്നത് സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജി പഠിക്കുന്നതുപോലെയാണ്. 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിലാണ് ഗാലക്സികാന്തരികസ്ഥലത്തിലൂടെ നമുക്ക് പ്രയാണം നടത്താൻ കഴിഞ്ഞത്. സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പി എന്ന ഭൗതികശാസ്ത്രശാഖയുടെ വികാസത്തോടെയാണത്. സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പി ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രപഠനത്തിന് ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടതിനെ തുടർന്ന് നക്ഷത്രഭൗതികം (Astrophysics) എന്ന പുതിയൊരു ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രശാഖ രൂപംകൊണ്ടു. ദൂരദർശിനിയും സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പും ഉപയോഗിച്ച് പ്രപഞ്ചപഠനം ആരംഭിച്ചപ്പോൾ നക്ഷത്രങ്ങളും നെബുലകളും എന്തുകൊണ്ടാണ് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് വ്യക്തമായിത്തുടങ്ങി. സ്വർഗ്ഗത്തിന്റെ വാസ്തുവിദ്യയും അത് എന്തുകൊണ്ടാണ് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടതെന്നും ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിഞ്ഞു.

സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പിയുടെ തുടക്കംകുറിച്ചത് 1664-ൽ ഐസക് ന്യൂട്ടനായിരുന്നു. സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ വർണ്ണരാജിപഠനം നടത്തിയ ന്യൂട്ടൺ സപ്തവർണ്ണങ്ങൾ ഒന്നിച്ചു ചേരുമ്പോൾ ധവളപ്രകാശം ഉണ്ടാകുമെന്നു പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിച്ചു. ഇതിനുവേണ്ടി അദ്ദേഹം ഉപയോഗിച്ച ഉപകരണമാണ് ന്യൂട്ടന്റെ വർണ്ണപമ്പരം. ധവളപ്രകാശം ഒരു പ്രിസത്തിൽക്കൂടി കടന്നുപോകുമ്പോൾ അതിന്റെ ഘടകവർണ്ണങ്ങളായി വേർതിരിയും. പ്രകാശരശ്മി ഒരു മാധ്യമത്തിൽനിന്ന് സാന്ദ്രത വ്യത്യാസമുള്ള മറ്റൊരു മാധ്യമത്തിലേക്ക് ചരിഞ്ഞ് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ പാതയ്ക്കും വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നു. മാധ്യമങ്ങളുടെ വിഭജനതലത്തിൽവച്ച് പ്രകാശരശ്മിക്ക് സംഭവിക്കുന്ന ഈ വ്യതിയാനത്തെ അപവർത്തനം (refraction) എന്നു പറയും. അപവർത്തനത്തിന്റെ തോത് മാധ്യമത്തിനനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. ദൃശ്യപ്രകാശത്തിലെ വിവിധ വർണ്ണങ്ങളിൽ തരംഗദൈർഘ്യം ഏറ്റവും കൂടിയത് ചുവപ്പും, ഏറ്റവും കുറഞ്ഞത് വൈലറ്റുമാണ്. അതായത് തരംഗദൈർഘ്യം ചുവപ്പിൽനിന്നും വൈലറ്റിലേക്ക് വരുംതോറും കുറഞ്ഞുവരുന്നു. തരംഗദൈർഘ്യം കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് ആവൃത്തി (frequency) കൂടിവരുന്നു. രശ്മികൾക്ക് ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനത്തിന്റെ തോത് രശ്മികളുടെ തരംഗദൈർഘ്യത്തിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

അതായത് തരംഗദൈർഘ്യം കുറഞ്ഞുവരുന്നതിനനുസരിച്ച് വ്യതിയാനം കൂടുന്നു. തരംഗദൈർഘ്യം കൂടിയ ചുവപ്പ് രശ്മികൾക്ക് കുറഞ്ഞ വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുമ്പോൾ തരംഗദൈർഘ്യം കുറഞ്ഞ വൈലറ്റ്രശ്മികൾക്ക് സംഭവിക്കുന്ന വ്യതിയാനം കൂടുതലാണ്. ഒരു പ്രിസത്തിന്റെ രണ്ടു വശങ്ങളിലും വച്ച് ഇങ്ങനെ വ്യതിയാനം നടക്കുന്നതിനാൽ ചുവന്ന രശ്മിയെക്കാൾ കൂടുതലായി വൈലറ്റ്രശ്മി പ്രിസത്തിന്റെ പാദത്തിനോട് അടുത്തു കാണുന്നു. മറ്റ് വർണ്ണരാജികളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം ഇവയ്ക്കു രണ്ടിന്റെയും ഇടയ്ക്കായതിനാൽ അവയ്ക്ക് സംഭവിക്കുന്ന അപവർത്തനത്തിന്റെ തോതും ഇവയ്ക്കിടയിലായിരിക്കും. അതിനാൽ ഒരു ധവളരശ്മി അതിന്റെ ഘടക രശ്മികളായി വേർതിരിഞ്ഞ് ഒരു വർണ്ണരാജി (സ്പെക്ട്രം) നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നു. ചുരുക്കത്തിൽ തരംഗദൈർഘ്യത്തിലുള്ള വ്യത്യാസം അനുസരിച്ച് ഓരോ ഘടകവർണ്ണരശ്മികൾക്കും വ്യത്യസ്ത രീതിയിൽ വ്യതിയാനം ഉണ്ടാകുന്നതുകൊണ്ടാണ് പ്രകീർണ്ണനം (dispersion) നടക്കുന്നത്. ധവളപ്രകാശം അതിന്റെ ഘടകവർണ്ണങ്ങളായി വേർതിരിയുന്ന പ്രതിഭാസത്തെ പ്രകീർണ്ണനം എന്നു പറയുന്നു. വളരെ ലളിതമായ ഈ പ്രതിഭാസത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് സൂര്യന്റെയും നക്ഷത്രത്തിന്റെയും വർണ്ണരാജിപഠനങ്ങൾ നടത്തുന്നത്.

1802-ൽ ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികജ്ഞനായ വില്യം വോളസ്റ്റൻ (William Wollaston) പ്രിസത്തിന്റെ മുന്നിൽ കനം കുറഞ്ഞ ഒരു സ്ലിറ്റ് വച്ചപ്പോൾ വർണ്ണരാജിയിൽ നിരവധി കറുത്ത സമാന്തരരേഖകൾ കണ്ടു. വോളസ്റ്റൻ ഈ പരീക്ഷണവുമായി മുന്നോട്ട് പോയില്ല.

സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പിയെ ഒരു ശാസ്ത്രത്തിന്റെ തലത്തിലേക്ക് ഉയർത്തുന്നതിനുള്ള നിയോഗം മ്യൂണിച്ച്പട്ടണത്തിലെ ചേരിപ്രദേശത്ത് ജനിച്ച് വളർന്ന് ലോകപ്രശസ്ത ശാസ്ത്രജ്ഞനായി മാറിയ ജോസഫ് ഫ്രോൺഹോഫറിൽ (Joseph Fraunhofer) അർപ്പിതമായി. ദാരിദ്ര്യത്തിന്റെ വഴിയേ നടന്ന് ജ്യോതിഭൗതികത്തിന്റെയും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന്റെയും ഉന്നതങ്ങളിലെത്തിയ മഹാപ്രതിഭയായിരുന്നു അദ്ദേഹം. പതിനൊന്നാമത്തെ വയസ്സിൽ തന്നെ സ്ഫടികങ്ങൾ മുറിക്കുന്ന (glass cutter) ജോലിയിൽ ഏർപ്പെടാൻ കഠിനമായ ദാരിദ്ര്യവും പട്ടിണിയും ഫ്രോൺഹോഫറെ നിർബന്ധിതനാക്കി. 1801 ജൂലൈ 21-ന് അയാൾ ജോലി ചെയ്തുകൊണ്ടിരുന്ന ഫാക്ടറികെട്ടിടം തകർന്നു വീണ് നിരവധി തൊഴിലാളികൾ മരണപ്പെട്ടു. അവശിഷ്ടങ്ങൾക്കിടയിൽ മരണത്തോടു മല്ലടിച്ചു കിടന്ന ഫ്രോൺഹോഫർ മാത്രം എങ്ങനെയോ രക്ഷപ്പെട്ടു. മാരകമായ പരുക്കുകൾപറ്റി ആശുപത്രിയിൽ ചികിത്സയിൽ കഴിഞ്ഞ ഫ്രോൺഹോഫറെ അന്നത്തെ ബവേറിയായിലെ ഇലക്ടർ മാക്സിമില്യൺ ജോസഫ് കണ്ടുമുട്ടാനിടയായി. ഫ്രോൺഹോഫറുടെ ദയനീയ സ്ഥിതികണ്ട് മനസ്സലിഞ്ഞ അദ്ദേഹം സാമ്പത്തികസഹായവും നല്ല ചികിത്സയ്ക്കുള്ള സൗകര്യവും നല്കി അയാളെ രക്ഷപ്പെടുത്തി. ഫ്രോൺഹോഫർക്ക് ലെൻസുകൾ നിർമ്മിക്കുവാനാവശ്യമായ യന്ത്രോപകരണങ്ങളും പുസ്തകങ്ങളും വാങ്ങിക്കൊടുത്തു. പ്രതിഭാശാലിയായിരുന്ന ഫ്രോൺഹോഫർ ദൂരദർശിനികൾക്ക് വേണ്ട ലെൻസുകൾ നിർമ്മിക്കുന്ന ലോകത്തെ ഏറ്റവും

വലിയ സാങ്കേതികവിദഗ്ദ്ധനായി ഉയർന്നു. ലെൻസുകളുടെ നിർമ്മാണത്തോടൊപ്പംതന്നെ സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജിപഠനവും ഫ്രോൺഹോഫർ നടത്തി. അദ്ദേഹം സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജിയിൽ നിരവധി കറുത്ത സമാന്തര രേഖകൾ കണ്ടു. ഫ്രോൺഹോഫർ രേഖകൾ എന്നാണ് സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജിയിലെ കറുത്ത രേഖകളെ വിളിക്കുന്നത്. ചന്ദ്രനെയും ഗ്രഹങ്ങളെയും നിരീക്ഷിച്ചപ്പോഴും സമാനസ്വഭാവമുള്ള രേഖകൾ അദ്ദേഹം കണ്ടു. ചന്ദ്രന്റെയും ഗ്രഹങ്ങളുടെയും പ്രകാശം സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ പ്രതിഫലനമാണല്ലോ? നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്ക് ഫ്രോൺഹോഫർ ദൂരദർശിനി തിരിച്ചപ്പോൾ അവയുടെ സ്പെക്ട്രൽരേഖകൾ വ്യത്യസ്തമാണെന്നു കണ്ടു. ഈ സ്പെക്ട്രൽ രേഖകളിലെ വ്യത്യാസത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം അജ്ഞാതമായി തുടർന്നു. ഫ്രോൺഹോഫറുടെ മരണത്തിനു ശേഷം ഫ്രോൺഹോഫർരേഖയുടെ നിഗൂഢതയെക്കുറിച്ചുള്ള ഗവേഷണം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഏറ്റെടുത്തു. ഇന്ന് ഫ്രോൺഹോഫർരേഖ എന്നാൽ എന്താണെന്ന് നമുക്കറിയാം. അവ ഉൽസർജ്ജന അവശോഷണ രേഖകളാണ്. നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും നക്ഷത്രാന്തരിയ വാതകമേഘങ്ങളുടെയും ചലനം, ഘടന, താപനില എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ നല്കുന്നത് ഈ രേഖകളാണ്. ഭൂഗർഭശാസ്ത്രത്തിൽ ഫോസിലുകൾ വഹിക്കുന്ന പങ്കാണ് സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പിയിൽ ഈ രേഖകൾക്കുള്ളത്.

ഫ്രോൺഹോഫർരേഖയ്ക്ക് പിന്നിലുള്ള രഹസ്യം കണ്ടുപിടിച്ചത് ഗുസ്താവ് കിർഫും (Gustab Kirchhoff) റോബർട്ട് ബുൺസനും ആണ്. റോബർട്ട് ബുൺസനാണ് ബുൺസൻ ബർണർ കണ്ടുപിടിച്ചത്. ഒരു ദിവസം വൈകുന്നേരം ക്രിഫും ബുൺസനും അവരുടെ പരീക്ഷണശാലയുടെ ജനലിന് പുറത്തേക്ക് നോക്കിനില്ക്കുമ്പോൾ 10 കി.മീ. അകലെയുള്ള തുറമുഖത്ത് തീ ആളിക്കത്തുന്നതായി കണ്ടു. അവർ ഉടനെതന്നെ സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പ് തിരിച്ച് ആളിക്കത്തിക്കൊണ്ടിരുന്ന തീജ്വാലകളുടെ വർണ്ണരാജി പരിശോധിച്ചപ്പോൾ ബേറിയത്തിന്റെയും സ്ട്രോണ്ടിയത്തിന്റെയും രേഖകൾ കണ്ടു. ഈ സംഭവമാണ് മറ്റ് രാസമൂലകങ്ങളുടെ വർണ്ണരാജി പരിശോധിക്കുന്നതിന് പ്രചോദനമായത്. അവർ 1855-നും 1863-നും ഇടയിൽ വിവിധ രാസമൂലകങ്ങളുടെ ഫ്രോൺഹോഫർ രേഖകൾ നിർണയിച്ചു. അവർ പലവിധ വാതകങ്ങൾ ചൂടാക്കി അവയിൽനിന്ന് വരുന്ന പ്രകാശത്തെക്കുറിച്ച് പഠിച്ചപ്പോൾ അവയുടെ വർണ്ണരാജി ഇരുണ്ട പശ്ചാത്തലത്തിൽ നിറപ്പകിട്ടാർന്ന ഏതാനും രേഖകളാണെന്ന് കണ്ടു. ഇതാണ് ഉൽസർജ്ജനസ്പെക്ട്രം (emission spectrum). ഇത്തരം വർണ്ണരേഖകൾ ഓരോ മൂലകത്തിനും വിഭിന്നമാണെന്നും അവർ മനസ്സിലാക്കി. രണ്ട് മൂലകങ്ങൾ ഒരിക്കലും ഒരേ വർണ്ണരേഖ നല്കുന്നില്ല എന്നത് ഓരോ മൂലകത്തെക്കുറിച്ചും പഠിക്കുന്നതിനുള്ള ഏറ്റവും ലളിതമായ സൂത്രമായി. ഇതുപോലെതന്നെ താരതമ്യേന തണുത്ത ഒരു വാതകത്തിലൂടെ ധവളപ്രകാശം കടത്തിവിട്ട് പരിശോധിച്ചപ്പോൾ ലഭിച്ച വർണ്ണരാജിയിൽ അങ്ങിങ്ങായി ചില കറുത്ത രേഖകൾ കാണുക ഉണ്ടായി. പ്രകാശം കടന്നുപോകുമ്പോൾ മാധ്യമം അതിന്റെ സ്വഭാവമനുസരിച്ച് പ്രകാശത്തിലെ ചില തരംഗങ്ങളെ ആഗിരണം

ചെയ്യുന്നതുകൊണ്ടാണ് ഇങ്ങനെ ഉണ്ടാകുന്നത്. അവശോഷണസ്പെക്ട്രം (Absorption Spectrum) എന്നാണ് ഇതിനെ വിളിക്കുന്നത്. ഇത്തരം കറുത്ത രേഖകൾ പ്രകാശം കടന്നുപോയ വാതകത്തെക്കുറിച്ചും പഠിക്കുവാനുള്ള ഒന്നാംതരം ഒരു ഉപാധിയായി.

1861 ആയപ്പോഴേക്കും കിർഫും ബുൺസനും സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജി പഠനം പൂർത്തിയാക്കി. സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജിയിൽ കാണുന്ന കറുത്ത ഫ്രോൺഹോഫർരേഖ സൂര്യനിലെ അറിയപ്പെടുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ സൃഷ്ടിയാണെന്ന് വ്യക്തമായി. വർണ്ണരാജി ഉപയോഗിച്ചുള്ള പഠനംവഴി സൂര്യനിൽ സോഡിയം, കാൽസ്യം, മഗ്നീഷ്യം, ഇരുമ്പ്, ക്രോമിയം, നിക്കൽ, ബേറിയം, ചെമ്പ്, സിങ്ക്, ഹൈഡ്രജൻ തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങളാണുള്ളതെന്ന് അവർ മനസ്സിലാക്കി. ഏറ്റവും രസകരമായൊരു കാര്യം ഹീലിയം എന്ന ഒരു വാതകത്തെക്കുറിച്ച് ആദ്യമായി അറിഞ്ഞത് സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജി പരിശോധിച്ചപ്പോഴാണ്. അതിനുശേഷം മാത്രമാണ് ഭൂമിയിൽ അത് കണ്ടെത്തിയത്. 1868 ആഗസ്റ്റ് 18-ന് ജെ. ജോൺസൺ എന്ന ഫ്രഞ്ച് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞൻ സൂര്യഗ്രഹണസമയത്ത് സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജി പഠിക്കുകയായിരുന്നു. അപ്പോൾ അദ്ദേഹം അന്നുവരെ കണ്ടെത്താത്ത തിളക്കം ഉള്ളതും പീതവർണ്ണത്തിലുള്ളതുമായ ഒരു രേഖ സൂര്യന്റെ സ്പെക്ട്രത്തിൽ കാണാനിടയായി. രണ്ട് മാസം കഴിഞ്ഞ് ഒക്ടോബർ 23-ാം തീയതി സർ നോർമൻ ലോക്യർ (Sir Norman Lockyer) എന്ന ബ്രിട്ടീഷ് ശാസ്ത്രജ്ഞനും സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജിയിൽ തിളക്കമുള്ള ഈ അസാധാരണ രേഖ കണ്ടു. അന്നുവരെ ഭൂമിയിൽ അറിയപ്പെടാത്ത ഒരു മൂലകത്തിന്റെ രേഖയായിരുന്നു ഇത്. 'ഹീലിയോസ്' എന്ന ഗ്രീക്ക് പദത്തിന്റെ അർത്ഥം സൂര്യൻ എന്നാണ്. അതിനാൽ സൂര്യനിൽ കണ്ട ഈ മൂലകത്തിന് ഹീലിയം എന്ന പേര് നല്കി. 1894-ൽ മാത്രമാണ് സർ വില്യം റാംസേ (Sir William Ramsay) ഭൂമിയിൽ ഹീലിയം കണ്ടുപിടിച്ചത്. ഹീലിയത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തോടെ ഭൗമഭൗതികവും നക്ഷത്രഭൗതികവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധങ്ങൾ വ്യക്തമായി. രണ്ടും ഒന്നാണെന്ന നിഗമനത്തിലെത്തി ജ്യോതിഭൗതികജ്ഞന്മാർ.

സൂര്യനിലെ രാസമൂലകങ്ങളുടെ സൃഷ്ടിയാണ് ഫ്രോൺഹോഫർരേഖകളെന്ന കിർഫിന്റെയും ബുൺസന്റെയും കണ്ടുപിടിത്തം. ലണ്ടനിലെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന വില്യം ഹഗ്ഗിന് (William Huggin) ആവേശം പകർന്നു. ഹഗ്ഗിൻ നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്ന് വരുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ വർണ്ണരാജി സൂക്ഷ്മമായ അപഗ്രഥനത്തിന് വിധേയമാക്കി. ആൾഡിബാരൻ (Aldebaran), ബിറ്റൽഗൂസ് (Betelgeuse) എന്നീ തെളിഞ്ഞ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ വർണ്ണരാജിയിൽ ഇരുമ്പ്, സോഡിയം, കാൽസ്യം, മഗ്നീഷ്യം, ബിസ്മത്ത് എന്നീ മൂലകങ്ങളുടെ രേഖകൾ ഉണ്ടെന്ന് അദ്ദേഹം തിരിച്ചറിഞ്ഞു. നമ്മൾ സൗരയൂഥത്തിൽ കാണുന്ന അതേ പദാർത്ഥങ്ങൾകൊണ്ടുതന്നെയാണ് നക്ഷത്രങ്ങളും നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതെന്നതിനുള്ള ആദ്യത്തെ തെളിവായിരുന്നു ഇത്.

19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനമായപ്പോഴേക്കും ദൂരദർശിനികളുടെ നിർമ്മാണത്തിന് പുതിയ സാങ്കേതികവിദ്യകൾ ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടു.

നിരീക്ഷണ ജ്യോതിഭൗതികം അഭൂതപൂർവ്വമായ മുന്നേറ്റങ്ങൾ നടത്തി. നിരീക്ഷണ ജ്യോതിഭൗതികത്തിന് മഹത്തായ സംഭാവനകൾ നല്കിയ ജോർജ്ജ് എല്ലെറി ഹാലെ (George Ellery Hale) 1869-ൽ ചിക്കാഗോയിൽ ജനിച്ചു. ബാല്യകാലത്തുതന്നെ സൂര്യന്റെ മാസ്മരിക പ്രഭാവത്തിൽ അദ്ദേഹം ആകൃഷ്ടനായി. ഹാലെയ്ക്ക് 24 വയസ്സുള്ളപ്പോൾ സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജി നിരീക്ഷിക്കുന്നതിനുവേണ്ടി സ്വന്തം വീട്ടിൽ ഒരു നക്ഷത്രനിരീക്ഷണശാല സ്ഥാപിക്കുകയും അതിനുവേണ്ടി ഒരു സ്പെക്ട്രോ ഹീലിയോസ്കോപ്പ് കണ്ടുപിടിക്കുകയും ചെയ്തു. സൂര്യൻ ഒരു നക്ഷത്രമാണെന്ന് അദ്ദേഹം എപ്പോഴും പറയുമായിരുന്നു. സൗരഗവേഷണത്തിനു ശേഷം അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശ്രദ്ധ ആകാശത്തിന്റെ അഗാധതകളിലേക്ക് തിരിഞ്ഞു. 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ഏറ്റവും വലിയ ദൂരദർശിനി നിർമ്മാതാവ് ആയിരുന്നു ഹാലെ. അക്കാലത്തെ ലോകത്തെ ഏറ്റവും വലിയ നാല് ദൂരദർശിനികൾ സ്ഥാപിച്ചത് ഹാലെയായിരുന്നു. ഇത് വിസ്കോൺസിനിലെ (Wisconsin) യെർക്സ് നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ 40 ഇഞ്ച് അപവർത്തന ദൂരദർശിനി, തെക്കൻ കാലിഫോർണിയായിലെ മൗണ്ട്വിൽസണിലെ 20 ഇഞ്ച്, 100 ഇഞ്ച് പ്രതിഫലനദൂരദർശിനികൾ, പാലമറിലെ 200 ഇഞ്ച് പ്രതിഫലന ദൂരദർശിനി എന്നിവയായിരുന്നു. ഈ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര ഉപകരണ ങ്ങളുടെ സഹായത്തോടെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ക്ഷീരപഥത്തെയും അതിനപ്പുറവും നിരീക്ഷിക്കാൻ തുടങ്ങി. ഹാലെയുടെ ദൂരദർശിനികൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് നമ്മുടെ ഗാലക്സിയുടെ യഥാർത്ഥ അളവുകൾ നിർണ്ണയിച്ചത്. ഹാലെ പകൽ മുഴുവനും സൗര യൂഥനിരീക്ഷണത്തിനും രാത്രി മുഴുവൻ നക്ഷത്രനിരീക്ഷണത്തിനും വിനിയോഗിച്ചു. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര ഗവേഷണമായിരുന്നു ഹാലെയുടെ ജീവിതം. അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഗഹനമായ ഗവേഷണങ്ങളുടെ അംഗീകാരമായി അമേരിക്കൻ ഗവണ്മെൻറ് അദ്ദേഹത്തെ മൗണ്ട്വിൽസൺ നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ ഡയറക്ടറായി നിയമിച്ചു. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രപ്രതിഭയായിരുന്ന അദ്ദേഹത്തിന്റെ സ്മരണ നിലനിർത്താൻ മൗണ്ട്വിൽസൺ നിരീക്ഷണാലയത്തിന് ഹാലെ നിരീക്ഷണാലയം എന്ന് നാമകരണം ചെയ്തു. ലോകപ്രസിദ്ധരായ പല ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെയും അദ്ദേഹം വളർത്തിയെടുത്തു. അതിലേറ്റവും പ്രമുഖനും ബുദ്ധിമാനുമായ ഹാലെയുടെ ശിഷ്യൻ ഹാർലോ ഷേപ്ലി (Harlow Shapely) ആയിരുന്നു. നക്ഷത്രലംബനികം ഉപയോഗിച്ച് അളക്കാൻ കഴിയുന്ന പരിധിക്കപ്പുറം ഉള്ള അതിവിദൂരസ്ഥ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ദൂരങ്ങൾ അളക്കുന്നതിനുള്ള സാങ്കേതികവിദ്യ ഷേപ്ലിയും അദ്ദേഹത്തിന്റെ സമകാലികയായിരുന്ന ഹെൻറിത്ത സ്വാൻ ലീവിറ്റ് (Henrietta Swan Leavitt) വികസിപ്പിച്ചു.

ഓരോ നക്ഷത്രത്തിന്റെയും ദൂരവും അതിന്റെ കാന്തിമാനവും തമ്മിൽ പരസ്പരബന്ധം ഉണ്ട്. 2200 വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പ് ജീവിച്ചിരുന്ന ഗ്രീക്ക് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഹിപ്പാർക്കസ് കാന്തിമാനമനുസരിച്ച് നഗ്ന നേത്രങ്ങൾകൊണ്ട് കാണാവുന്ന നക്ഷത്രങ്ങളെ ആറായി തരംതിരിച്ചിരുന്നു. ഏറ്റവും തിളക്കം ഏറിയവയെ ഒന്നാം കാന്തിമാന വർഗ്ഗത്തിൽപ്പെടുത്തി. പിന്നിട് തിളക്കം കുറയുന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ രണ്ട്, മൂന്ന്,

നാല്, അഞ്ച് എന്നീ വർഗ്ഗത്തിൽപ്പെടുന്നു. ഏറ്റവും മങ്ങിയ നഗ്നനേത്രങ്ങൾകൊണ്ട് കാണാവുന്നവയാണ് ആറാം വർഗ്ഗത്തിൽ വരുന്നത്. 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ദൂരദർശിനിയുടെ സഹായത്തോടുകൂടി നടത്തിയ നക്ഷത്രപഠനങ്ങളിൽനിന്നും നക്ഷത്രങ്ങളുടെ കാന്തിമാനത്തെ സംബന്ധിച്ച് വളരെ വ്യക്തമായൊരു ചിത്രം ലഭിച്ചു. ഭൂമിയിൽനിന്ന് നക്ഷത്രങ്ങളെ നോക്കുമ്പോൾ നമുക്കനുഭവപ്പെടുന്ന കാന്തിമാനത്തെ അവയുടെ പ്രത്യക്ഷകാന്തിമാനം (Apparent magnitude) എന്നു പറയുന്നു. ഒരു നക്ഷത്രത്തിന് തിളക്കം തോന്നുന്നത് രണ്ട് കാരണങ്ങൾകൊണ്ടാണ്. ഒന്ന് സഹജമായ അതിന്റെ തിളക്കം. രണ്ട് അത് നമ്മോട് വളരെ അടുത്തായതുകൊണ്ടുള്ള തിളക്കം. സൂര്യൻ ഏറ്റവും തിളക്കം ഉള്ള നക്ഷത്രമായി നമുക്കനുഭവപ്പെടാൻ കാരണം അത് നമ്മോട് വളരെ അടുത്തായതുകൊണ്ടാണ്. നമുക്ക് മങ്ങിയതായി തോന്നുന്ന ചില നക്ഷത്രങ്ങൾ സൂര്യനെക്കാൾ പ്രകാശം കൂടിയവയാണ്. എല്ലാ നക്ഷത്രങ്ങളും നമ്മിൽനിന്ന് തുല്യദൂരത്തിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതെങ്കിൽ അവയ്ക്ക് കാണപ്പെടുന്ന കാന്തിമാനത്തിനാണ് യഥാർത്ഥ കാന്തിമാനം അഥവാ കേവലകാന്തിമാനം (Absolute Magnitude) എന്ന് പറയുന്നത്. ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ഭാഷയിൽ പറഞ്ഞാൽ എല്ലാ നക്ഷത്രങ്ങളെയും 32.6 പ്രകാശവർഷം ദൂരെ അല്ലെങ്കിൽ 10 പാർസെക്ക് ദൂരെ വെച്ചു നോക്കുമ്പോൾ അവയ്ക്ക് തോന്നുന്ന കാന്തിമാനമാണ് കേവലകാന്തിമാനം. ദൂരത്തിന് ക്രമാനുപാതികമായി നക്ഷത്രങ്ങളുടെ പ്രത്യക്ഷതിളക്കം കുറയുന്നു. ഒരു നക്ഷത്രത്തിന്റെ പ്രത്യക്ഷ കാന്തിമാനം അറിയുകയും അതിനെ ഒരു നിശ്ചിത ദൂരത്തിൽ സ്ഥാപിക്കുകയും ചെയ്താൽ കേവല കാന്തിമാനം തിട്ടപ്പെടുത്താം.

ഹാർലോഷേപ്ലി 1885-ൽ അമേരിക്കയിൽ മിസൗറിയിലെ ഒരു കർഷക കുടുംബത്തിലാണ് ജനിച്ചത്. ഒരു പത്രപ്രവർത്തകനായി ജീവിതം ആരംഭിച്ച അദ്ദേഹം പിന്നീട് മിസൗറി സർവ്വകലാശാലയിൽനിന്നും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിൽ ബിരുദമെടുത്തു. ബിരുദാനന്തരം പ്രിൻസ്റ്റൺ സർവ്വകലാശാലയിലെ ലോകപ്രശസ്ത ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ഹെൻറി നോറിസ് റെസ്സലിന്റെ (Henry Norris Russell) കീഴിൽ നക്ഷത്രഗവേഷണത്തിലേർപ്പെട്ടു. റസ്സലിന്റെ ശിക്ഷണത്തിൽ ഇരട്ട നക്ഷത്രങ്ങളെ (Binary Stars) കുറിച്ചുള്ള പഠനത്തിൽ ഷേപ്ലി വൈദഗ്ദ്ധ്യം നേടി. മൗണ്ട്‌വിൽസൺ നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ ദൂരദർശിനിയുടെ സഹായം ഷേപ്ലിക്കുണ്ടായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിൽ നിരവധി നക്ഷത്രങ്ങളുണ്ട്. മിക്കവയും ആകാശത്തിൽ ശാന്തമായി ജ്വലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നവയാണ്. എന്നാൽ ചിലത് ക്രമബദ്ധമായൊരു പരിവൃത്തിയനുസരിച്ച് മങ്ങുകയും ആളിക്കത്തുകയും ചെയ്തുകൊണ്ടിരിക്കും. ഇവയാണ് ചരനക്ഷത്രങ്ങൾ. ഇരട്ട നക്ഷത്രങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള നിരീക്ഷണപഠനങ്ങൾക്കിടയിൽ ചരനക്ഷത്രങ്ങളുടെ (Variable Stars) സവിശേഷതകൾ ഷേപ്ലിയുടെ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെട്ടു. ഷേപ്ലി സെഫൈഡ് ചരനക്ഷത്രങ്ങളെ (Cepheid Variables) നക്ഷത്രാന്തരികസ്ഥലങ്ങൾ മാത്രമല്ല ഗാലക്സികാന്തരിക സ്ഥലങ്ങൾ അളക്കുന്നതിനുപോലുമുള്ള അളവുകോലായി ഉപയോഗിച്ചു. സെഫൈഡ് ചരനക്ഷത്ര

ങ്ങൾ സ്പന്ദമാന നക്ഷത്രങ്ങളാണ്. സെഫൈ എന്ന നക്ഷത്രത്തിലാണ് സ്പന്ദനം ആദ്യമായി കണ്ടെത്തിയത്. അതിൽനിന്നാണ് ഈ പേര് അവയ്ക്ക് സിദ്ധിച്ചത്. ഈ അളവുകോൽ ഉപയോഗിച്ച് ഷേപ്ലി ക്ഷീരപഥത്തെ അളന്നു. നമ്മുടെ ഗാലക്സിയിൽ സൂര്യന്റെ സ്ഥാനം ആദ്യമായി നിർണ്ണയിച്ച മനുഷ്യൻ ഷേപ്ലിയായിരുന്നു.

സെഫൈഡുകൾ സ്പന്ദിക്കുന്നവയാണെന്നും അവയുടെ തിളക്കം അവയുടെ വലിപ്പത്തിനനുസരിച്ച് മാറുന്നു എന്ന് ആദ്യമായി നിർദ്ദേശിച്ചത് ഷേപ്ലിയായിരുന്നു. ജ്യോതിഭൗതികമനുസരിച്ച് അവ സൂര്യന്റെ മൂന്നോ അതിലധികമോ ഇരട്ടി ദ്രവ്യമാനമുള്ള ഭീമൻ നക്ഷത്രങ്ങളാണ്. നക്ഷത്രത്തിലെ ഹൈഡ്രജൻ കത്തിത്തീർന്നതിനുശേഷം ഹീലിയം ആളിക്കത്തുന്ന അവസ്ഥയിലുള്ളതാണിവ. ഈ നക്ഷത്രങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം അദ്ഭുതകരമായ കാര്യം ഇവ ഹൃദയത്തെപ്പോലെ ക്രമമായി സ്പന്ദിക്കുകയും ആ സ്പന്ദനത്തോടൊപ്പം അവയുടെ തിളക്കത്തിന് ആവർത്തകഭേദങ്ങൾ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു എന്നതാണ്. വലിയൊരു പെൻഡുലം ചെറിയ ഒന്നിനേക്കാൾ പൂർണ്ണദോലനത്തിന് (Occilation) കൂടുതൽ സമയമെടുക്കുന്നതുപോലെ വലിയ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്പന്ദനകാലം ഏറിയിരിക്കും. തീരെ ചെറിയവ മണിക്കൂറുകൾക്കുള്ളിൽ സ്പന്ദനം പൂർത്തിയാക്കുമെങ്കിൽ വളരെ വലിയവയ്ക്ക് ഇതിന് നീണ്ട വർഷങ്ങൾതന്നെ വേണ്ടിവരും. വലിയ നക്ഷത്രങ്ങൾക്കാണ് വലിയ പ്രകാശമുള്ളത്. അതിനാൽ നക്ഷത്രത്തിന്റെ സ്പന്ദനകാലവും അതിന്റെ യഥാർത്ഥ തിളക്കവും തമ്മിൽ ഒരു പ്രത്യക്ഷ ബന്ധമുണ്ട്. നക്ഷത്രത്തിന്റെ കേവലകാന്തിമാനം അറിഞ്ഞുകഴിഞ്ഞാൽ അതിന്റെ ദൂരം വളരെ എളുപ്പം അളക്കാം. നക്ഷത്രലംബനം ഉപയോഗിച്ച് ദൂരം അളക്കാൻ പറ്റാത്ത ഒരതിവിദൂരസ്ഥ സെഫൈഡ് നക്ഷത്രത്തിന്റെ ദൂരം എങ്ങനെ അളക്കാമെന്ന് നോക്കാം. ദൂരദർശിനിയിലൂടെ ആ നക്ഷത്രത്തെ വീക്ഷിച്ച് അതിന്റെ സ്പന്ദനകാലം നിർണ്ണയിക്കാം. ഈ കാലം അറിഞ്ഞുകഴിഞ്ഞാൽ നമുക്ക് അതിന്റെ യഥാർത്ഥ തിളക്കം മനസ്സിലാക്കാം. ഇതിന്റെ പ്രത്യക്ഷ തിളക്കവുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തി നക്ഷത്രം എത്രദൂരെയാണെന്ന് എളുപ്പം കണക്കാക്കാം. പ്രത്യക്ഷകാന്തിമാനം ദൂരത്തിന്റെ വർഗ്ഗത്തിന് ക്രമാനുപാതികമായി കുറയുന്നുവെന്ന സമീകരണം ഉപയോഗിച്ചാണ് ദൂരം തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നത്. ഒരേ സ്പന്ദനകാലമുള്ള രണ്ട് സെഫൈഡുകളുണ്ടെന്ന് കരുതുക. അവയുടെ കേവലകാന്തിമാനം ഒന്നാണെന്നിരിക്കട്ടെ. ഒന്നിന്റെ പ്രത്യക്ഷകാന്തിമാനം മറ്റതിന്റെ നാലിരട്ടിയാണെങ്കിൽ മങ്ങിയ നക്ഷത്രം രണ്ടിരട്ടി അകലെയായിരിക്കും. സമർത്ഥമായ ഈ രീതി ക്ഷീരപഥത്തിനുള്ളിൽ വലിയ ദൂരങ്ങളെ അളക്കാനായി ഷേപ്ലി ഉപയോഗപ്പെടുത്തി.

സെഫൈഡ് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്പന്ദനകാലവും കേവലകാന്തിമാനവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടുപിടിച്ചത് ഹെൻറീത്ത സ്വാൻലീവിറ്റ് എന്ന ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞയായിരുന്നു. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിലെ ഒര പൂർവ്വ പ്രതിഭാശാലിനിയായിരുന്നു ഇവർ. വളരെ താഴ്ന്ന ശമ്പളത്തിന് മസാച്ചുസെറ്റ്സിലെ കേംബ്രിജിലുള്ള ഹാർവാർഡ് കോളേജ് നിരീക്ഷ

ണാലയത്തിന്റെ ഓഫീസ് ജീവനക്കാരി ആയിട്ടാണ് ലീവിറ്റിന് ആദ്യം നിയമനം ലഭിക്കുന്നത്. ഒരു സാധാരണ ജീവനക്കാരിയായി ജോലിയിൽ കയറിയ അവർ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിൽ അവഗാഹം നേടി. ലോകപ്രശസ്തയായ ഒരു നക്ഷത്രനിരീക്ഷകയായി അവർ അറിയപ്പെട്ടു. ഹാർവാർഡിലെ ദൂരദർശിനികളിലെടുത്ത ചരനക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഫോട്ടോകൾ അവർ പഠന വിധേയമാക്കി. മെഗല്ലനിക്ക് മേഘങ്ങളിൽ ആഴ്ന്നുകിടക്കുന്ന ചര നക്ഷത്രങ്ങളെ ലീവിറ്റ് നിരീക്ഷണവിധേയമാക്കി. ഈ ചരനക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്പന്ദനകാലവും തിളക്കവും തമ്മിലുള്ള പരസ്പരബന്ധം അവർ മനസ്സിലാക്കി. നക്ഷത്രത്തിന്റെ തിളക്കം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് സ്പന്ദനകാലവും വർദ്ധിക്കുന്നതായി ലീവിറ്റ് കണ്ടു. ലീവിറ്റാണ് സ്പന്ദനകാല തിളക്കബന്ധം (Period-Luminosity) കണ്ടുപിടിച്ചത്. ക്ഷീരപഥത്തിന്റെയും അതിനപ്പുറവുമുള്ള ദൂരം മാപനം ചെയ്യാനുള്ള അടിസ്ഥാന പ്രമാണമായി ഇത്.

ഷേപ്പ്ലിയുടെ പ്രബന്ധങ്ങൾ 1918-നും 1919-നും ഇടയിൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. സൂര്യൻ ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിൽനിന്നും വളരെ ദൂരെയാണെന്ന് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു. ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയുടെ ആകാരം ഒരു ഡിസ്കിന്റേതുപോലെയാണെന്നും ഗോളാകാരരൂപത്തിലുള്ള നക്ഷത്രക്കൂട്ടങ്ങൾ ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിലാണെന്നും അദ്ദേഹം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. നമ്മുടെ ഗാലക്സിയുടെ വ്യാസം മൂന്ന് ലക്ഷം പ്രകാശവർഷമാണെന്ന് ഷേപ്പ്ലി കണക്കുകൂട്ടി. ഇന്ന് നമ്മൾ കണക്കുകൂട്ടിയിട്ടുള്ള ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയുടെ വ്യാസത്തിന്റെ മൂന്നിരട്ടിയായിരുന്നു ഇത്. ക്ഷീരപഥത്തിന്റെ ആധുനികമായ അളവുകൾ ക്ഷീരപഥഡിസ്കിന്റെ വ്യാസം ഒരു ലക്ഷം പ്രകാശവർഷമാണ്. ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിൽനിന്നും 30,000 പ്രകാശവർഷം അകലെയാണ് സൂര്യൻ. ഡിസ്കിന്റെ കനം കേന്ദ്രത്തിൽ 10,000 പ്രകാശവർഷവും വക്കുകളിലെ കനം ഏതാണ്ട് 3000 പ്രകാശവർഷവുമാണ്. വശങ്ങളിലേക്ക് പോകുന്തോറും അത് കുറഞ്ഞുവരുന്നു.

ക്ഷീരപഥത്തിന്റെ രഹസ്യങ്ങൾ പുറത്തുകൊണ്ടുവരുന്നതിന് വലിയ പങ്കുവഹിച്ച ഷേപ്ലിക്ക് ചില തെറ്റുകൾ പറ്റിയിരുന്നു. ഷേപ്ലി ക്ഷീരപഥത്തെ പ്രപഞ്ചമായി തെറ്റിദ്ധരിക്കുകയും മറ്റ് സർപ്പിള നെബുലകളെ അതിന്റെ ഉപ നെബുലകളായി വ്യാഖ്യാനിക്കുകയും ചെയ്തു.

ലിക്ക് നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ (Lick observatory) ജ്യോതി ശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ഹെബെർ കർട്ടിസ് (Heber Curtis) ഷേപ്ലിയുടെ വാദഗതികളെ ഖണ്ഡിച്ചുകൊണ്ട് മറ്റൊരു സിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിച്ചു. കർട്ടിസ് 1872-ൽ അമേരിക്കയിലെ മിച്ചിഗനിൽ ജനിച്ചു. ഇരുപതാമത്തെ വയസ്സിൽ കാലിഫോർണിയയിലെ നാപാ കോളേജിൽ ലാറ്റിൻ പ്രൊഫസറായി. ലാറ്റിൻ പഠിപ്പിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നപ്പോൾ ഗണിതത്തിലും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിലും ആകൃഷ്ടനായി. പിന്നീട് 1897-ൽ പെസഫിക് സർവ്വകലാശാലയിൽ ഗണിത ശാസ്ത്രവും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രവും പഠിപ്പിക്കുന്ന അദ്ധ്യാപകനായി ചേർന്നു. കാൻറിന്റെ പ്രപഞ്ചദ്വീപ് സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ശക്തനായ ഒരു വക്താവായി രുന്നു കർട്ടിസ്. സർപ്പിള നെബുലകൾ ഗാലക്സികളാണെന്നുള്ളതിന് കർട്ടിസ് തെളിവുകൾ നിരത്തി. ഷേപ്ലിയും കർട്ടിസും തമ്മിൽ നടന്ന വാദവിവാദങ്ങൾ അവസാനിപ്പിക്കാൻ അമേരിക്കയിലെ നാഷണൽ അക്കാഡമി ഓഫ് സയൻസ് മുൻകൈയെടുത്തു. 1920 ഏപ്രിൽ 26-ന് വാഷിങ്ടണിൽവച്ച് രണ്ട് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെയും പങ്കെടുപ്പിച്ചുകൊണ്ട് ഒരു ചർച്ചാസമ്മേളനം അക്കാഡമിയുടെ ആഭിമുഖ്യത്തിൽ വിളിച്ചുകൂട്ടി. ഈ സമ്മേളനത്തിൽ പങ്കെടുത്ത നിരവധി ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ കൂട്ടത്തിൽ ഐൻസ്റ്റിനുമുണ്ടായിരുന്നു. സമ്മേളനത്തിൽ ഉരുത്തിരിഞ്ഞ പൊതു അഭിപ്രായം ഷേപ്ലിക്കെതിരായിരുന്നു. കർട്ടിസിന്റെ വാദഗതികളാണ് പൊതുവെ അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടത്. എന്നാൽ രണ്ടു കൂട്ടരുടെയും കാഴ്ചപ്പാടിൽ തെറ്റുകളുണ്ടെന്നും സമ്മേളനം വിലയിരുത്തി. കർട്ടിസ് ആൻഡ്രോമിഡ ഗാലക്സിയിലേക്കുള്ള ദൂരം കൃത്യമായി അളന്നെങ്കിലും നമ്മുടെ ഗാലക്സി യെക്കുറിച്ചുള്ള കണക്കുകൂട്ടലുകളിൽ പിശക് വരുത്തി. സൂര്യൻ ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സിയുടെ കേന്ദ്രത്തിലാണെന്ന് കർട്ടിസ് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. അദ്ദേഹം കണക്ക് കൂട്ടിയ ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സിയുടെ വ്യാസം വളരെ ചെറുതായിരുന്നു. 1920-കളിൽ ശരിയായൊരു പ്രപഞ്ചചിത്രം ലഭിക്കുന്നതിന് രണ്ടുപേരുടെയും ചിത്രങ്ങളുടെ പകുതി വീതം എടുത്ത് സംയോജിപ്പിക്കേണ്ടതായി വന്നു.

20-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആദ്യത്തെ രണ്ട് ദശകങ്ങളിൽ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര ജ്ഞന്മാർ നടത്തിയ ഗഹനവും വിശദവുമായ പഠനങ്ങൾ നമ്മുടെ ഗാലക്സിയിൽ സഹസ്രകോടിക്കണക്കിന് നക്ഷത്രങ്ങളുണ്ടെന്ന അഭ്യൂഹ ത്തിലേക്ക് നമ്മെ നയിച്ചു. നമ്മുടെ ഗാലക്സിയുടെ പല രഹസ്യങ്ങളും വെളിപ്പെടുത്തിയത് ഹെൻഡ്റിക്ക് ഊർട്ട് (Hendrik Oort) എന്ന ഡെച്ച് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു. അദ്ദേഹം 1900 ഏപ്രിൽ 28-ന് ജനിച്ചു. കോപ്പർനിക്കസ് സൗരയൂഥത്തെക്കുറിച്ച് നടത്തിയ നിരീക്ഷണപഠനങ്ങളു മായി താരതമ്യപ്പെടുത്താവുന്നതാണ് ഊർട്ട് ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയെക്കുറിച്ച് നടത്തിയത്. ഭൂമിയും മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളും സൂര്യനെ ചുറ്റുന്നതുപോലെ സൂര്യ നുൾപ്പെടെ എല്ലാ നക്ഷത്രങ്ങളും ഗാലക്സി കേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റും വലിയ വൃത്തങ്ങളിലൂടെ കറങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്ന് ഊർട്ട് 1927-ൽ

തെളിയിച്ചു. ഗാലക്സി കേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റും ഒരുതവണ പൂർണ്ണഭ്രമണം ചെയ്യാൻ സൂര്യന് 24 കോടി വർഷങ്ങളോളം വേണം (നമ്മുടെ സൂര്യൻ സഞ്ചരിക്കുന്നത് 250 കി.മീ./സെ. വേഗതയിലാണ്.) ഇത് ഒരു വലിയ കാലയളവു തന്നെ. നമ്മുടെ ഗാലക്സിയുടെ പ്രായം ഏകദേശം 500 കോടി വർഷം വരുമെന്നാണ് കണക്ക്. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ സൂര്യനും കുടുംബവും ഇതിനകം 20 പ്രാവശ്യം ഭ്രമണം ചെയ്തിട്ടുണ്ടാവാം. സൂര്യൻ ഒരു പ്രാവശ്യം ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തെ ചുറ്റുന്ന കാലയളവിന് ഗാലക്സികവർഷം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. 1930-ൽ സൂര്യനിൽനിന്ന് ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിലേക്കുള്ള ദൂരം ഏകദേശം 30000 പ്രകാശവർഷമാണെന്ന് ഊർട്ട് കണക്കാക്കി. ഗാലക്സിയും സ്വയം കറങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. കേന്ദ്രം വേഗതയിലും പുറംഭാഗം പതുക്കെയും ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിൽ ഒരു ഭീമൻ തമോഗർത്തം ഉണ്ടെന്ന് ആധുനിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കരുതുന്നു. മസാച്ചുസെറ്റ്സിലെ ജ്യോതിഭൗതികകേന്ദ്രത്തിലെ ഇൻഡ്യൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ രമേഷ് നാരായണൻ എല്ലാ ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിലും തമോഗർത്തങ്ങളുണ്ടെന്ന് അടുത്തകാലത്ത് സൈദ്ധാന്തികമായി തെളിയിക്കുകയുണ്ടായി. നമ്മുടെ ഗാലക്സിയിൽ 10000 കോടിയിൽപ്പരം നക്ഷത്രങ്ങളുണ്ട്. ഗാലക്സി കേന്ദ്രത്തിലാണ് നക്ഷത്രങ്ങൾ സാന്ദ്രമായി നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നത്. ഈ കേന്ദ്ര ഭാഗത്തുള്ള നക്ഷത്രങ്ങൾ വയസ്സായ നക്ഷത്രങ്ങളാണ്. ഗാലക്സിയുടെ സർപ്പിളഭുജങ്ങളിലെ നക്ഷത്രങ്ങൾ താരതമ്യേന പ്രായം കുറഞ്ഞവയാണ്. നമ്മുടെ സൂര്യൻ ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിൽനിന്നും 30000 പ്രകാശവർഷം അകലെ സർപ്പിളഭുജങ്ങളിലൊന്നിലാണല്ലോ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ലോകപ്രശസ്ത ശാസ്ത്രജ്ഞനും ശാസ്ത്രസാഹിത്യകാരനുമായ ഗാമോവിന്റെ ഭാഷയിൽ പറഞ്ഞാൽ ''നമ്മുടെ സൂര്യൻ ബൃഹത്തായ ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയുടെ നടു മദ്ധ്യത്തിൽ വാഴുകയൊന്നുമല്ല; ഏതാണ്ട് അതിന്റെ ഇറമ്പിനോട് ചേർന്ന് ഒതുങ്ങിക്കഴിയുകയാണ്.'

നമ്മൾ ഭൂകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിൽനിന്ന് സൂര്യകേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിലേക്കും അവിടെനിന്ന് ഇപ്പോൾ ഗാലക്സികേന്ദ്രസിദ്ധാന്തത്തിലേക്കും എത്തിയിരിക്കുകയാണ്. ഇനി നമ്മുടെ പ്രയാണം സഹസ്രകോടിക്കണക്കിന് ഗാലക്സികളിലേക്കാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അപാരതയിലേക്ക്.

ഹാലെയുടെ പ്രിയപ്പെട്ട ശിഷ്യനും യഥാർത്ഥ പിൻഗാമിയുമായിരുന്നു എഡ്വിൻ ഹബിൾ. പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാന ചരിത്രത്തിൽ അദ്ദേഹം ഒരു നൂതന അദ്ധ്യായം രചിച്ചു. നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ കൈവരിച്ച ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര വൈഭവമായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റേത്. 1859-ൽ അമേരിക്കയിൽ മിസൗറിയിലെ നിയമജ്ഞന്മാരുടെ ഒരു കുടുംബത്തിലായിരുന്നു ഹബിളിന്റെ ജനനം. നിരവധി രംഗങ്ങളിൽ വ്യക്തിമുദ്ര പതിപ്പിച്ച മഹാനായൊരു ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു അദ്ദേഹം. ചിക്കാഗോ സർവ്വകലാശാലയിൽ വിദ്യാർത്ഥിയായിരിക്കുമ്പോൾ പ്രസിദ്ധനായൊരു ബോക്സറായിരുന്നു. ചിക്കാഗോ സർവ്വകലാശാലയിൽ പഠിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുമ്പോൾ സ്കോളർഷിപ്പ് നേടി. ഇംഗ്ലണ്ടിലെ ഓക്സ്ഫോർഡ് സർവ്വകലാശാലയിൽ നിയമപഠനത്തിന് ചേർന്നു. 1913-ൽ അമേരിക്കയിൽ തിരിച്ചെത്തിയ ഹബിൾ കെൻറക്കിബാറിൽ അഭിഭാഷകനായി. നന്നേ ചെറുപ്പത്തിൽത്തന്നെ ഹബിളിന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര

ത്തിൽ വലിയ താത്പര്യം ഉണ്ടായിരുന്നു. ചിക്കാഗോയിലെ വിദ്യാഭ്യാസ കാലത്ത് ഹാലെയുടെ പ്രസംഗം കേൾക്കാനും അദ്ദേഹം പോകുമായിരുന്നു. ചെറുപ്പത്തിൽ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിലുണ്ടായ ആഭിമുഖ്യം പിന്നീട് അദ്ദേഹത്തിന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രപഠനത്തിനും വാനനിരീക്ഷണത്തിനും പ്രേരണ യായി. അഭിഭാഷകവൃത്തി ഉപേക്ഷിച്ച് ഹബിൾ യെർക്ക് നിരീക്ഷണാലയ ത്തിൽ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രഗവേഷണം ആരംഭിച്ചു. 1917-ൽ നെബുലകളുടെ വർഗ്ഗീകരണത്തെ സംബന്ധിച്ച പ്രബന്ധത്തിന് ഹബിളിന് ഡോക്ടറേറ്റ് ലഭിച്ചു. തുടർന്നദ്ദേഹം മൗണ്ട്വിൽസൺ നിരീക്ഷണാലയത്തിൽ ചേർന്നു. ലോകപ്രശസ്തമായ മൗണ്ട്വിൽസണിലെ 100 ഇഞ്ച് ദൂരദർശിനിയുടെ പണി പൂർത്തിയായിക്കൊണ്ടിരുന്ന അവസരമായിരുന്നു ഇത്. ഇതിനിടയിൽ പട്ടാളസേവനം അനുഷ്ഠിക്കാൻ അമേരിക്കൻ ഗവൺമെൻറ് ഹബിളിനെ നിയോഗിച്ചതിനെത്തുടർന്ന് ഫ്രാൻസിൽ യുദ്ധത്തിന് പോയി. അവിടെവച്ച് ഇടതുകൈക്ക് മുറിവേറ്റു. കൈയുടെ സ്വാധീനം നഷ്ടപ്പെട്ടു. 1919-ൽ മൗണ്ട് വിൽസണിൽ തിരിച്ചെത്തിയ അദ്ദേഹം പുതിയ 100 ഇഞ്ച് ദൂരദർശിനിയിലൂടെ ഗാലക്സി കാന്തരതലങ്ങളിലേക്ക് നോക്കി ഒരു പുതിയ പ്രപഞ്ച ചിത്രം അവതരിപ്പിച്ചു. ഹബിൾ നടത്തിയ പഠനങ്ങൾ കൗതുകകരവും പ്രാധാന്യം അർഹിക്കുന്നതുമായ ഒട്ടനവധി വിവരങ്ങൾ നമുക്ക് പകർന്നു തന്നു.

സർപ്പിള നെബുലകൾ (spiral nebulae) നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സിയിൽനിന്ന് വളരെ അകലെയുള്ള ഗാലക്സികളാണെന്നായിരുന്നു ഹബിളിൻെറ വിശ്വാസം. തൻെറ സുദൃഢമായ വിശ്വാസം തെളിയിക്കുന്നതിനുവേണ്ടി അദ്ദേഹം അവധാനതയോടെ സർപ്പിള നെബുലകൾ ഒഴിച്ചുള്ള നെബുലകളിലേക്ക് മൗണ്ട്വിൽസണിലെ ദൂരദർശിനികൾ തിരിച്ചു. 1922-ൽ ഈ പഠനം പൂർത്തിയാക്കി. വളരെ സുപ്രധാനമായൊരു നിരീക്ഷണാനുമാനത്തിലെത്തി ഹബിൾ. വാതക നെബുലകൾ സ്വയം പ്രകാശിക്കുന്നവ അല്ലെന്നും അവ മറ്റ് നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്ന് വരുന്ന വെളിച്ചംകൊണ്ട് പ്രകാശിക്കുന്നതാണെന്നും അല്ലെങ്കിൽ മറ്റ് നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്ന് വരുന്ന ഊർജ്ജം വാതകപടലങ്ങളെ ചൂടാക്കുന്നതുകൊണ്ടുള്ള പ്രകാശമാണ് അവയുടേതെന്നും തെളിയിച്ചു. നക്ഷത്രങ്ങളും വാതകനെബുലകളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം വ്യക്തമാക്കുകയും അവ ക്ഷീരപഥത്തിനുള്ളിലുള്ള നെബുലകളാണെന്ന് സ്ഥാപിക്കുകയും ചെയ്തു. പുതിയതായി സ്ഥാപിച്ച 100 ഇഞ്ച് ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് നിരവധി സർപ്പിള നെബുലകളുടെ ഫോട്ടോകൾ അദ്ദേഹം എടുത്തു. ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് പ്ലെയിറ്റുകളുടെ താരതമ്യപഠനത്തിൽനിന്നും ആൻഡ്രോമിഡ നെബുലയിൽ സെഫൈഡ് നക്ഷത്രങ്ങളെ കണ്ടെത്തി. ലീവിറ്റ് ആവിഷ്കരിച്ച സ്പന്ദനകാല-കാന്തിമാനബന്ധം ഉപയോഗിച്ച് ആൻഡ്രോമിഡയിലെ സെഫൈഡുകളിലെ ദൂരം കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇതിൽനിന്നും ആൻഡ്രോമിഡ ഏകദേശം 10 ലക്ഷം പ്രകാശവർഷം അകലെയാണെന്ന് ഹബിൾ കണക്കു കൂട്ടി. ആൻഡ്രോമിഡ നെബുല നമ്മുടെ ഗാലക്സിയെപ്പോലെതന്നെയുള്ള മറ്റൊരു ഗാലക്സിയാണെന്നും അദ്ദേഹം തെളിയിച്ചു. അതോടെ ഒരു നൂറ്റാണ്ട് കാലമായി നെബുലാസിദ്ധാന്തവും പ്രപഞ്ചദ്വീപ് സിദ്ധാന്തവും തമ്മിൽ നടന്ന ഏറ്റുമുട്ടൽ

അവസാനിച്ചു. കാൻറിന്റെ പ്രപഞ്ചദീപ് സിദ്ധാന്തം വിജയിച്ചു. സ്പന്ദന കാല കാന്തിമാനബന്ധം ഉപയോഗിച്ച് ഒൻപത് ഗാലക്സികളിലേക്കുള്ള ദൂരം അളന്നു. ഭൗതികത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ നമ്മുടെ ഗാലക്സിക്കപ്പുറത്ത് പ്രസക്തമല്ലെന്ന ഹബിളിന്റെ തെറ്റായ ധാരണ തിരുത്തപ്പെടേണ്ടതാണെന്ന് അദ്ദേഹത്തിന്റെതന്നെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കി. സെഫൈഡുകളുടെ സ്വഭാവം എല്ലാ ഗാലക്സികളിലും ഒന്നുതന്നെയാണെന്നു തെളിഞ്ഞു. പ്രകൃതി അതിവിദൂരഗാലക്സികാന്തരസ്ഥലത്തും ഏകസമാനമാണെന്ന് ഹബിളിന്റെ നിരീക്ഷണങ്ങൾ സുവ്യക്തമാക്കി.

1930-കളിലും 1940-കളിലും മൗണ്ട് വിൽസണിലെ ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് നിരവധി ഗാലക്സികളുടെ പട്ടിക ഹബിൾ തയ്യാറാക്കി. സ്പന്ദമാന നക്ഷത്രങ്ങളെ ആധാരമാക്കിയുള്ള ദൂരനിർണ്ണയം അയൽപക്കത്തുള്ള ഗാലക്സികളുടെ കാര്യത്തിൽ ശരിയായിരുന്നെങ്കിലും സ്ഥലത്തിന്റെ അത്യഗാധതകളിലേക്ക് പോകുന്തോറും ഈ രീതി ഉപയോഗിച്ച് ഗാലക്സികാന്തരിയസ്ഥലം അളക്കാൻ കഴിയാതെവന്നു. ഇവിടെ നക്ഷത്രങ്ങളെ വേർതിരിച്ച് കാണാൻ പറ്റില്ലെന്ന് മാത്രമല്ല അതിശക്തമായ ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് നോക്കിയാൽപോലും ഗാലക്സികളെ അവ്യക്തമായേ കാണാൻ പറ്റൂ. ഈ ഘട്ടത്തിനപ്പുറം ഗാലക്സികളുടെ വലിപ്പത്തിനെ ആശ്രയിച്ചാണ് ദൂരനിർണ്ണയം. ഒരേ ഇനത്തിൽപ്പെട്ട ഗാലക്സികളെല്ലാം ഒരേ വലിപ്പത്തിലാണെന്നും ഹബിൾ അനുമാനിച്ചു. അതിവിദൂരങ്ങളായ ഗാലക്സികളിലേക്കുള്ള ദൂരം അളക്കാൻ ഈ മാപനരീതി ഹബിൾ സമർത്ഥമായി പ്രയോഗിച്ചു.

ഗാലക്സികൾ അതിവിശാലമായ ആകാശത്ത് എങ്ങനെ വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്ന് അദ്ദേഹം അപഗ്രഥിച്ചു. പ്രപഞ്ചത്തെ ഏത് ദിശയിൽ നോക്കിയാലും അത് ഒരേ രൂപത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നെന്നും അതിൽ എന്തെങ്കിലും പ്രത്യേകതയുള്ള ഒരു പ്രത്യേക സ്ഥലം എങ്ങും ഇല്ലെന്നും ഹബിൾ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. നമ്മുടെ അയൽപക്കത്തുള്ള ആൻഡ്രോമിഡ ഗാലക്സിയിലെ ഒരു നക്ഷത്രത്തെ ചുറ്റുന്ന ഒരു ഗ്രഹത്തിൽനിന്നും ഒരാൾ നോക്കിയാൽ നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥം ഒരു സർപ്പിള ഗാലക്സിയായി അനുഭവപ്പെടും. നാം ഇവിടെനിന്ന് ആൻഡ്രോമിഡഗാലക്സിയെ കാണുന്നതുപോലെ. സഹസ്രകോടിക്കണക്കിന് ഗാലക്സികളുള്ള നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഗാലക്സികൾ പരസ്പരം അകന്നു പോകുന്നതായി ഹബിൾ നിരീക്ഷിച്ചു. ഇതിൽനിന്നും പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നു എന്ന അനുമാനത്തിലെത്തി ഹബിൾ. ആധുനിക പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിലെ മഹത്തായ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളിൽ ഒന്നായിരുന്നു ഇത്.

1952-ൽ ഹബിൾ മരിക്കുമ്പോൾ ശതകോടിക്കണക്കിന് പ്രകാശവർഷം അകലെയുള്ള ഗാലക്സികൾവരെ നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടു. ഹബിളിനെ തുടർന്ന് അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശിഷ്യനായ അലൻസാൻഡേജും (Allan Sandage) സ്വിസ് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഗുസ്താവ് തമാനും (Guestav Tamann) വാൾട്ടർ ബാഡെ (Walter Baade) യും നടത്തിയ ഗാലക്സിപഠനങ്ങൾ അജ്ഞാതസീമകളിലേക്കുള്ള ദൂരം അളക്കാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെ കൂടുതൽ പ്രാപ്തരാക്കി. ഇരുപതാംനൂറ്റാണ്ടിൽ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രസാങ്കേതികവിദ്യക്ക് വമ്പിച്ച മുന്നേറ്റം ഉണ്ടായി. 1950-കളിൽ റേഡിയോ ടെലസ്കോപ്പുകൾ സ്ഥാപിക്കപ്പെട്ടു. ഗ്രഹങ്ങളെയും നക്ഷത്രങ്ങളെയും ഗാലക്സികളെയും പഠിക്കുവാൻ കൃത്രിമ

ഉപഗ്രഹങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടു. ഇന്ന് കമ്പ്യൂട്ടറുകളുടെ സഹായത്തോടെയാണ് എല്ലാത്തരത്തിലുമുള്ള ദൂരദർശിനികൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര സാങ്കേതികവിദ്യകളിൽ ഒരു വിപ്ലവംതന്നെ നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. ആധുനിക ദൂരദർശിനികൾ ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടെത്താൻ കഴിയുന്ന 10,000-ത്തോളം കോടി ഗാലക്സികളിലൊന്നു മാത്രമാണ് നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയെന്ന് ഇന്ന് നമുക്കറിയാം.

1960-കളിൽ മൗണ്ട്വിൽസൺ നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ അലൻസാൻഡേജും കാലിഫോർണിയ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് ഓഫ് ടെക്നോളജിയിലെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ തോമസ് മാത്യൂസും ക്വാസാറുകൾ (Quasar) കണ്ടുപിടിച്ചു. Quasi എന്നും stellar എന്നും രണ്ടു വാക്കുകളിൽനിന്നാണ് ഈ പദം ഉണ്ടായത്. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ മാർട്ടിൻ സ്കിമിഡ്റ്റ് (Maarten Schmidt) ക്വാസാറുകൾ അതിവിദൂരതയിലാണെന്ന് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഏറ്റവും ദൂരെ കാണപ്പെടുന്ന ക്വാസാർ 1500 കോടി പ്രകാശവർഷം അകലെയാണെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അഭിപ്രായപ്പെടുന്നു. അവ ഏറ്റവും അകലെയുള്ള ചെറുപ്പമായ ഗാലക്സികളുടെ കേന്ദ്രമാണെന്നാണ് കരുതപ്പെടുന്നത്.

നല്ല ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് നോക്കിയാൽ നഗ്നനേത്രങ്ങൾക്ക് പ്രത്യക്ഷമാകുന്ന നക്ഷത്രങ്ങളെക്കാൾ നിരവധി ഗാലക്സികളെ ക്ഷീരപഥത്തിനപ്പുറം കാണാൻ കഴിയും. നാനാ വൈചിത്ര്യമാർന്ന ആകൃതിയോടുകൂടിയവയാണവ. അവയിൽ ചിലതാണ് വലിയ മെഗല്ലനിക്ക് മേഘവും (Large Megellanic Cloud) ആൻഡ്രോമിഡയും മറ്റ് ചിലതും. ഗാലക്സിയിൽ നക്ഷത്രങ്ങൾ കൂട്ടംകൂടിയാണ് കാണാറുള്ളത് എന്നപോലെ ഗാലക്സികളും പ്രപഞ്ചസ്ഥലത്തിൽ ചിലയിടത്ത് കൂട്ടംകൂടിയാണ് കാണുന്നത്. ആയിരക്കണക്കിന് ഗാലക്സികൾ കൂട്ടമായി കിടക്കുന്നുണ്ട്. നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥം ലോക്കൽ ഗ്രൂപ്പ് എന്ന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വിശേഷിപ്പിക്കുന്ന ഗാലക്സി കൂട്ടത്തിൽപ്പെട്ടതാണ്. ആൻഡ്രോമിഡയും മെഗല്ലനിക്ക് മേഘവും ഉൾപ്പെടെ 13 ഗാലക്സികൾ അംഗങ്ങളായുള്ളതാണ് നമ്മുടെ ഗാലക്സിക്കൂട്ടം. നമ്മുടെ ഗാലക്സിക്കൂട്ടത്തിലെ ഓരോ അംഗവും പരസ്പര ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് വിധേയമായിട്ടാണ് ചലിക്കുന്നത്. ഇതിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് കുറച്ച് ഗാലക്സികൾ നീലനീക്കം കാണിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ടാണ് ലോക്കൽ ഗ്രൂപ്പിലെ ഗാലക്സികൾ ഭൂമിയുടെ അടുത്തേക്ക് ഇപ്പോൾ നീങ്ങുന്നത്. നമ്മുടെ ഗാലക്സിക്കൂട്ടത്തിന് തൊട്ടടുത്താണ് വിർഗോ (Virgo) കൂട്ടം. ഇവിടെനിന്ന് ആറ് കോടി പ്രകാശവർഷമോ അതിൽ കൂടുതലോ ഉള്ള വിർഗോ കൂട്ടത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലേക്ക് ബഹിരാകാശയാത്ര നടത്തിയാൽ പല കാഴ്ചകളും നമുക്ക് കാണാം. യാത്രയ്ക്കിടയിൽ ഭീമാകാരമായ സെൻറാറസ് എ (Centaurus) ഗാലക്സിയെ കണ്ടുമുട്ടും. വിർഗോയ്ക്ക് അപ്പുറം കിടക്കുന്ന ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങളാണ് പെഴ്സിയസ് (Perseus), കോമ (Coma), ഹെർക്കുലീസ് (Herculis)എന്നിവ. അതിനപ്പുറവും ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങൾ ഉണ്ട്. ചില ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങളിൽ ആയിരക്കണക്കിന് ഗാലക്സികളുണ്ട്. ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങൾ ചേർന്ന് മഹാഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങ(സൂപ്പർ ക്ലെസ്റ്റർ)ളും ഉണ്ട്. സ്ഥലത്തിൽ ഏതാണ്ട് 1500 കോടി പ്രകാശ വർഷം അകലെവരെ ഗാലക്സികൾ കിടക്കുന്നു.

ഐൻസ്റ്റിന്റെ ആകാശം

ഐൻസ്റ്റിൻ ഒരിക്കൽ പറഞ്ഞു: ''ഈ പ്രപഞ്ചം എങ്ങനെയാണ് ദൈവം സൃഷ്ടിച്ചത്? എനിക്ക് അദ്ദേഹത്തിന്റെ ചിന്തകൾ എന്തെന്നറിയണം.'' ഐൻസ്റ്റിന്റെ പ്രപഞ്ചം നമ്മൾ ഇന്നറിയുന്ന നമ്മുടെ മഹാപ്രപഞ്ചമാണ്. അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കവും ഒടുക്കവും ഉണ്ട്. അത് ന്യൂട്ടന്റെ പ്രപഞ്ചത്തിൽനിന്നും തികച്ചും വ്യത്യസ്തമാണ്. ഗലീലിയോയും ന്യൂട്ടനും ആവിഷ്കരിച്ച സ്ഥലകാല ദ്രവ്യസങ്കല്പങ്ങൾ ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിലെയും ബലതന്ത്രത്തിലെയും നിരീക്ഷണങ്ങളെ പൂർണ്ണമായി വിശദീകരിക്കുവാൻ പര്യാപ്തമായിരുന്നില്ല. താരതമ്യേന വേഗത കുറഞ്ഞ വസ്തുക്കളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ന്യൂട്ടൺനിയമങ്ങൾ ശരിയാണെന്ന് തോന്നും. എന്നാൽ ഇതേ നിയമങ്ങൾ പ്രകാശപ്രവേഗത്തിന് ബാധകമാക്കിയപ്പോൾ ശരിയായ ഫലങ്ങൾ എപ്പോഴും ലഭിച്ചില്ല. ശക്തമായ ഗുരുത്വക്ഷേത്രത്തിലും തമോഗർത്തത്തിലും ന്യൂട്ടൺനിയമങ്ങൾ പരാജയപ്പെട്ടു. ന്യൂട്ടന്റെ സ്ഥലവും കാലവും യാതൊരു മാറ്റവും ഇല്ലാത്തതായിരുന്നു. ഐൻസ്റ്റിൻ ന്യൂട്ടന്റെ സ്ഥലത്തെയും കാലത്തെയുംകുറിച്ചുള്ള സങ്കല്പങ്ങളെ തിരസ്കരിച്ചു. എല്ലാ അവസരങ്ങളിലും യുക്തിഭദ്രമായ വിധത്തിൽ ഫലങ്ങൾ ലഭിക്കത്തക്കവിധം സ്ഥലകാലദ്രവ്യത്തെ സംബന്ധിച്ച കാഴ്ചപ്പാടുകൾ പരിഷ്കരിച്ചത് ഐൻസ്റ്റിനായിരുന്നു.

ഗലീലിയോ ഗലീലിയാണ് ചരിത്രത്തിൽ ആദ്യമായി പ്രകാശപ്രവേഗം അളക്കാൻ ശ്രമിച്ച ശാസ്ത്രജ്ഞൻ. ഗലീലിയോയുടെ കാലത്ത് പ്രകാശപ്രവേഗം അളക്കാൻ പറ്റിയ ഉപകരണങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. എന്നിട്ടും അദ്ദേഹം പ്രകാശപ്രവേഗം അളക്കുവാനുള്ള പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി. വ്യാഴത്തിന്റെ ചന്ദ്രന്മാരെപ്പറ്റിയുള്ള ഗലീലിയോയുടെ നിരീക്ഷണങ്ങളാണ് പിൽക്കാലത്ത് പ്രകാശപ്രവേഗം അളക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞ ആദ്യത്തെ പരീക്ഷണത്തിന് അടിസ്ഥാനമായത്. വ്യാഴത്തിന്റെ നാല് പ്രകാശമുള്ള ചന്ദ്രന്മാരിൽ ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള ഐ ഒ (I O) യുടെ ഗ്രഹണകാലത്തിന് സ്ഥിരത ഇല്ലെന്ന് ഗലീലിയോ കണ്ടു. പ്രകാശപ്രവേഗം സ്ഥിരമാണെന്നും അത് അളക്കാൻ കഴിയുമെന്നുമുള്ള കണ്ടുപിടിത്തം ഭൗതികത്തിന്റെ ചരിത്രത്തിലെ മഹത്തായ ഒന്നായിരുന്നു. പ്രകാശം നിശ്ചിതവും എന്നാൽ വളരെ ഉയർന്ന വേഗതയിലുമാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന യാഥാർത്ഥ്യം ആദ്യമായി തിരിച്ചറിഞ്ഞത് 1676-ൽ ഡാനിഷ് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഓലസ് ക്രിസ്റ്റൻസൺ റോമർ (Olaus Christensen Roemer) ആയിരുന്നു. വ്യാഴത്തിന്റെ ഉപഗ്രഹങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച പഠനങ്ങളിലേർപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരുന്ന അവസരത്തിലാണ്

അദ്ദേഹം ഇത് കണ്ടുപിടിച്ചത്. ഭൂമിയും വ്യാഴവും സൂര്യനെ ഭ്രമണം ചെയ്യുമ്പോൾ അവ തമ്മിലുള്ള അകലം മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. നാം വ്യാഴത്തിൽ നിന്ന് വളരെ അകലെ ആകുമ്പോൾ ഐ ഒ എന്ന ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ഗ്രഹണം വളരെ വൈകുന്നു. വ്യാഴവും ഭൂമിയും ഏറ്റവും അടുത്താകുമ്പോൾ വ്യാഴത്തിന്റെ ഈ ഉപഗ്രഹത്തിന്റെ ഗ്രഹണം നേരത്തേ കാണുന്നു. വ്യാഴവും ഭൂമിയും ഏറ്റവും അകലെയാകുമ്പോൾ ഗ്രഹണം താമസിക്കുന്നതിന് കാരണം ഉപഗ്രഹത്തിൽനിന്നുള്ള പ്രകാശരശ്മികൾ വളരെ അകലെ ആയതുകൊണ്ട് നമ്മളിലെത്താൻ കൂടുതൽ സമയം എടുക്കുന്നു എന്നതാണ് എന്ന് റോമർ കണ്ടുപിടിച്ചു. വ്യാഴത്തിൽനിന്നും ഭൂമിയിലേക്കുള്ള അകലം അദ്ദേഹം അളന്നത് കൃത്യമായിരുന്നില്ല. റോമർ കണക്കുകൂട്ടിയ പ്രകാശപ്രവേഗം ഒരു സെക്കൻഡിൽ ഒരുലക്ഷത്തി നാല്പതിനായിരം മൈൽ ആയിരുന്നു. യഥാർത്ഥ പ്രകാശ പ്രവേഗത്തിന്റെ $^2/_3$ ഭാഗം മാത്രമായിരുന്നു ഇത്. എന്നാൽ പ്രകാശം നിശ്ചിത വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു എന്ന് തെളിയിക്കുകയും അത് അളക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് കാണിച്ച് തരികയും ചെയ്തതാണ് റോമറിന്റെ നേട്ടം. ഈ നേട്ടത്തിന്റെ അദ്ഭുതകരമായ പ്രത്യേകത ന്യൂട്ടൺ പ്രിൻസിപ്പിയ പ്രസിദ്ധീകരിക്കുന്നതിന് 11 വർഷം മുൻപാണ് ഇത് കണ്ടുപിടിച്ചതെന്നതാണ്. പ്രകാശപ്രവേഗം സ്ഥിരമാണെങ്കിൽ ഈഥർ എന്ന മാധ്യമത്തിലൂടെയാണ് ഗ്രഹങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന പരികല്പനയ്ക്ക് പ്രസക്തി ഇല്ലാതാകും. പിന്നീട് ഫ്രഞ്ച് ഭൗതികജ്ഞനായ ഫിസോ പ്രകാശപ്രവേഗം അളന്നു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ കണക്കനുസരിച്ച് പ്രകാശം സെക്കൻഡിൽ ഏതാണ്ട് 3 ലക്ഷം കി.മീ അഥവാ 186000 മൈൽ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ആധുനികമായി നിർണ്ണയിച്ചിട്ടുള്ള പ്രകാശപ്രവേഗം 299793 കി.മീ/സെ. അഥവാ 186300 മൈൽ/സെ. ആണ്.

വൈദ്യുതകാന്തികബലത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തവുമായി അഭേദ്യമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണ് പ്രകാശപ്രവേഗം. വൈദ്യുത കാന്തികബലത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തിന് ഭൗതികം ആംഗലശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന മൈക്കൽ ഫാരഡെ (Michael Faraday) യോട് കടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഒരു ഇരുമ്പുപണിക്കാരന്റെ മകനായി 1791-ൽ ജനിച്ച ഫാരഡെയ്ക്ക് ദാരിദ്ര്യം മൂലം സ്കൂൾ വിദ്യാഭ്യാസംപോലും പൂർത്തിയാക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. വളരെ ചെറുപ്പത്തിൽത്തന്നെ ഒരു പുസ്തകക്കടയിൽ ബൈൻഡറായി ജോലിയിൽ പ്രവേശിച്ചു. വിശ്രമവേളയിൽ ബൈൻഡ് ചെയ്യാൻ കടയിൽ കൊണ്ടുവരുന്ന ശാസ്ത്രപുസ്തകങ്ങൾ വായിക്കുന്നതായിരുന്നു ഫാരഡെയുടെ വിനോദം. ഒരിക്കൽ ഫാരഡെയുടെ ഒരു സുഹൃത്ത് അദ്ദേഹത്തെ അക്കാലത്തെ വളരെ പ്രസിദ്ധനായിരുന്ന സർ ഹംഫ്രി ഡേവിയുടെ പ്രഭാഷണം കേൾക്കുവാൻ വിളിച്ചുകൊണ്ടുപോയി. ഫാരഡെ ഹംഫ്രിയുടെ പ്രസംഗത്തിന്റെ നോട്ടുകൾ എടുത്ത് അച്ചടിച്ച് ഒരു പുസ്തകമാക്കി അദ്ദേഹത്തിന് അയച്ചു കൊടുത്തു. പുസ്തകം കണ്ട് സന്തോഷവാനായ ഹംഫ്രിഡേവി ഫാരഡെയെ ലണ്ടനിലെ റോയൽ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടിലെ ലബോറട്ടറി അസിസ്റ്റൻറായി നിയമിച്ചു. ലബോറട്ടറിയിലെ സൗകര്യങ്ങളുപയോഗിച്ച് സ്വയം വിദ്യയഭ്യസിച്ച ഫാരഡെ യൂറോപ്പിലെ ഏറ്റവും വലിയ പ്രതിഭാശാലികളിലൊരാളായി ഉയർന്നു. ഫാരഡെ റോയൽ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടിൽ

40 വർഷം സേവനം അനുഷ്ഠിക്കുകയും ഒടുവിൽ അതിന്റെ ഡയറക്ടർ ആവുകയും ചെയ്തു. വൈദ്യുതബലവും കാന്തികബലവും ഒരേ ബലത്തിന്റെ രൂപങ്ങളാണെന്ന് അദ്ദേഹം തെളിയിച്ചു. വൈദ്യുതിയും കാന്തതയും 'സ്ഥലത്തിലെ' അദൃശ്യമായ ബലരേഖകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന പ്രതിഭാസമാണെന്ന് ഫാരഡെ കണ്ടെത്തി. ക്ഷേത്രസിദ്ധാന്ത (Field Theory)ത്തിന് തുടക്കം ഇട്ടത് ഫാരഡെ ആയിരുന്നു. ഉപ ആണവ കണം മുതൽ ഗാലക്സികാന്തര സ്ഥലംവരെ ഉള്ളതിനെ എന്നുവേണ്ട മുഴുവൻ ഭൗതിക പ്രപഞ്ചത്തെയും ക്ഷേത്രസിദ്ധാന്തംകൊണ്ട് വിശദീകരിക്കാം. നിരവധി പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ ഫാരഡെ കണ്ടെത്തിയ വൈദ്യുതകാന്തികബലത്തെ ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി വ്യാഖ്യാനിക്കാൻവേണ്ട അറിവ് അദ്ദേഹത്തിനുണ്ടായിരുന്നില്ല. ഈ മഹത്തായ ദൗത്യം ഏറ്റെടുത്തത് ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികജ്ഞനായ ജെയിംസ് ക്ലാർക്ക് മാക്സ്വെൽ (James Clerk Maxwell) ആയിരുന്നു. അദ്ദേഹം 1803-ൽ എഡിൻബറോയിൽ ജനിച്ചു. 14-ാമത്തെ വയസ്സ് മുതൽ ഗവേഷണത്തിലേർപ്പെട്ടു. ലോർഡ് കെൽവിന്റെ ഉപദേശപ്രകാരം മാക്സ്വെൽ ഫാരഡെയുടെ പ്രബന്ധങ്ങൾ ഗവേഷണവിധേയമാക്കി. 1865-ൽ മാക്സ്വെൽ വൈദ്യുതക്ഷേത്രം, കാന്തക്ഷേത്രം എന്നിവയുടെ സ്വഭാവങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള സിദ്ധാന്തം ഒരു ലേഖനത്തിലൂടെ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. മാക്സ്വെല്ലിന്റെ സിദ്ധാന്തം പ്രസിദ്ധീകരിക്കപ്പെട്ടതോടെയാണ് പ്രകാശ സഞ്ചരണത്തെക്കുറിച്ച് കൂടുതൽ വ്യക്തമായ അറിവ് ഉണ്ടായത്. അനുയോജ്യമായ സാഹചര്യത്തിൽ വൈദ്യുതക്ഷേത്രത്തിന്റെയും കാന്തികക്ഷേത്രത്തിന്റെയും സമന്വിത രൂപത്തിന്—അതായത് വൈദ്യുതകാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന് (Electromagnetic field)— ശൂന്യതയിലൂടെ ഒരു സെക്കൻഡിൽ 3 ലക്ഷം കി.മീ. വേഗതയിൽ പ്രസരിക്കുവാൻ സാധിക്കുമെന്ന് അദ്ദേഹം സമർത്ഥിച്ചു. മാക്സ്വെല്ലിന്റെ ലേഖനം പ്രകാശത്തെ സംബന്ധിക്കുന്നതായിരുന്നില്ലെങ്കിലും 3 ലക്ഷം കി.മീ./സെ. എന്നത് പ്രകാശവേഗതയെ കുറിക്കുന്ന സംഖ്യ ആയതിനാൽ വേഗതകളുടെ ഈ സാമ്യം വെറും യാദൃച്ഛികമെന്നതിനുപരി അർത്ഥഗർഭമായ ഒന്നായി അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടു. അതായത് പ്രകാശം ഒരു വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗമാണ് എന്നതിന്റെ സൂചനയായി ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അതിനെ അംഗീകരിച്ചു. തുടർന്ന് ഹെർട്സ് (Hertz) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഈ വസ്തുത സ്ഥിരീകരിക്കുകയും ചെയ്തു. റേഡിയോതരംഗങ്ങൾ എക്സ് കിരണങ്ങൾ, ഗാമാകിരണങ്ങൾ തുടങ്ങിയ വൈദ്യുതകാന്തിക വികിരണങ്ങളെല്ലാം ശൂന്യതയിൽക്കൂടി ഏകദേശം 3 ലക്ഷം കി.മീറ്റർ/സെ. സ്ഥിര വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നതായി മാക്സ്വെൽ സമർത്ഥിച്ചു. എന്നാൽ ഈ വ്യത്യസ്തതരം വികിരണങ്ങളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം വ്യത്യസ്തമാണ്. വൈദ്യുത കാന്തിക വികിരണങ്ങളുടെ സമൂഹത്തെ പൊതുവേ വൈദ്യുത കാന്തിക സ്പെക്ട്രം (Electromagnetic Spectrum) എന്നു പറയുന്നു. 1000 മീറ്ററിൽ കൂടുതൽ തരംഗദൈർഘ്യം ഉള്ള റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾമുതൽ ഒരു സെന്റിമീറ്ററിന്റെ ലക്ഷം കോടിയിൽ ഒരംശം മാത്രം തരംഗദൈർഘ്യം ഉള്ള കോസ്മിക് രശ്മി(Cosmic Ray)കൾവരെ വൈദ്യുതകാന്തികസ്പെക്ട്രത്തിൽപ്പെടുന്നു. റേഡിയോതരംഗങ്ങളും പ്രകാശതരംഗങ്ങളും വ്യത്യസ്തമാ

ണെന്നു തോന്നാം. എന്നാൽ യഥാർത്ഥത്തിൽ അവ രണ്ടും വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളാണ്. തരംഗദൈർഘ്യത്തിലും ആവൃത്തിയിലും മാത്രമേ അവ തമ്മിൽ വ്യത്യാസമുള്ളു. വൈദ്യുത കാന്തികസ്പെക്ട്രത്തിന്റെ ഒരു ചെറിയ ഭാഗം മാത്രമാണ് സാധാരണ ദൃശ്യപ്രകാശം.

ഒരു മീറ്ററോ അതിലും കൂടുതലോ തരംഗദൈർഘ്യം ഉള്ളതിനെയാണ് റേഡിയോതരംഗങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നത്. കുറഞ്ഞ തരംഗദൈർഘ്യം ഉള്ളവയെ സൂക്ഷ്മതരംഗങ്ങളെന്നും ഒരു സെന്റിമീറ്ററിന്റെ പതിനായിരത്തിലൊരുഭാഗത്തിൽ കൂടുതലുള്ളവയെ ഇൻഫ്രാറെഡ് തരംഗങ്ങളെന്നും വിളിക്കുന്നു. ദൃശ്യപ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം ഒരു സെന്റിമീറ്ററിന്റെ 40 ദശലക്ഷത്തിലൊരംശത്തിന്റെയും 80 ദശലക്ഷത്തിലൊരംശത്തിന്റെയും ഇടയിലായിരിക്കും. ഇതിലും കുറഞ്ഞ തരംഗദൈർഘ്യം ഉള്ളവയെ യഥാക്രമം അൾട്രാവയലറ്റ്, എക്സ്കിരണങ്ങൾ, ഗാമാകിരണങ്ങൾ എന്നൊക്കെ വിളിക്കുന്നു. മാക്സ്വെല്ലിന്റെ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം വൈദ്യുതകാന്തിക സ്പെക്ട്രത്തിലെ പ്രകാശം ഉൾപ്പടെയുള്ള തരംഗങ്ങൾ നിശ്ചിതവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. നിശ്ചിതവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഈ വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങൾ കുളത്തിലെ അലകൾപോലെ സഞ്ചരിക്കുന്നുവെന്ന് മാക്സ്വെൽ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. മാക്സ്വെല്ലിന്റെ സമീകരണങ്ങൾ ഒരു കാര്യം വ്യക്തമാക്കി. പ്രകാശസ്രോതസ്സിന്റെ വേഗത എത്രതന്നെയാണെങ്കിലും പ്രകാശവേഗത ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും. മാക്സ്വെല്ലിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളാണ് ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിലേക്കുള്ള പാത സുഗമമാക്കിയത്. മാക്സ്വെല്ലിന്റെ സമീകരണം അന്നുവരെ വ്യത്യസ്ത പഠനവിഷയങ്ങളായിരുന്ന വൈദ്യുതി, കാന്തികത, പ്രകാശികം (opticals) എന്നീ ഭൗതികശാസ്ത്രശാഖകളെ ഏകീകരിച്ചു. അദൃശ്യമായ ക്ഷേത്രം (field) സ്ഥലത്തെ സചേതനമാക്കി ആകാശത്തിന് കുറുകെ ഒരു വലനെയ്തു. ആകാശത്തിലൂടെ പ്രകാശസംചരണത്തിന് ഈഥർ എന്ന മാധ്യമത്തിന്റെ ആവശ്യം ഇല്ലാതായി; വൈദ്യുതകാന്തികക്ഷേത്രത്തിനു തന്നെ ആ ജോലി നിർവഹിക്കാനാവുമെന്നായി.

ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ വായുവിലൂടെ എന്നപോലെ പ്രകാശതരംഗങ്ങൾ ഈഥറിലൂടെയാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന് ന്യൂട്ടൺ വിശ്വസിച്ചു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഈ സങ്കല്പം അരിസ്റ്റോട്ടിലിൽനിന്നും കടമെടുത്തതായിരുന്നു. ഈഥർ എന്നാൽ നക്ഷത്രങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ശൂന്യാകാശം തൊട്ട് ഭൗതികവസ്തുക്കളുടെ അന്തരാളംവരെ ഏകസമാനമായി നിറഞ്ഞുകിടക്കുന്ന ഒരു പരികല്പിതവസ്തുവാണ്. ഭൂമി, ഗ്രഹങ്ങൾ, നക്ഷത്രങ്ങൾ എന്നുവേണ്ട പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കളും പരസ്പരം ആപേക്ഷികമായി ചലിക്കുകയാണെന്ന് 19-ാം നൂറ്റാണ്ട് ആയപ്പോഴേക്കും പരക്കെ ബോധ്യമായിരുന്നു. പക്ഷേ, ന്യൂട്ടന്റെ ചലനനിയമങ്ങളെല്ലാം കേവലചലനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ളവയാണ്. ഈ കേവലചലനം നിർണ്ണയിക്കണമെങ്കിൽ കേവലമായ, സ്ഥിരമായ ഒരു വസ്തു, ഒരു ആധാരം ലഭിക്കണം. പ്രപഞ്ചം മുഴുവൻ നിറഞ്ഞുനില്ക്കുന്ന ഈഥർതന്നെയാണ് ആധാരമെന്ന് ന്യൂട്ടൻ പറഞ്ഞു. ഈ കേവലമായ ഈഥർതന്നെയാണ് കേവലമായ സ്ഥലം.

ഈഥറിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത ഈഥറിന് ആപേക്ഷികമാണ്. ഈഥറിന് ആപേക്ഷികമായി സഞ്ചരിക്കുന്ന വ്യത്യസ്ത നിരീക്ഷകർ പ്രകാശത്തെ വ്യത്യസ്തവേഗതയിൽ കാണുന്നു. എന്നാൽ ഈഥറിനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം പ്രകാശവേഗത സ്ഥിരമാണ്. ഈഥറിൽക്കൂടി സഞ്ചരിക്കുന്ന ഭൂമിയുടെ ചലനദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗം ഭൂമിയുടെ ചലനത്തിന്റെ എതിർദിശയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രകാശവേഗത്തേക്കാൾ കൂടുതൽ ആയിരിക്കും. നമ്മൾ ഒരു പ്രകാശസ്രോതസ്സിന്റെ അടുത്തേക്ക് പോകുമ്പോൾ പ്രകാശവേഗം കൂടുമെന്നും നമ്മൾ ഒരു പ്രകാശസ്രോതസ്സിലേക്ക് പോകാതെ നിശ്ചലമായി നില്ക്കുമ്പോൾ പ്രകാശവേഗം കുറയുമെന്നും കരുതപ്പെട്ടു. ചുരുക്കത്തിൽ പ്രകാശപ്രവേഗം വ്യത്യസ്തമെന്നായിരുന്നു ധാരണ. മാക്സ്വെല്ലിന്റെ സമീകരണങ്ങൾ ഈ ധാരണ തിരുത്തിക്കുറിച്ചു. പ്രകാശപ്രവേഗം സ്ഥിരമാണെന്ന് തെളിയിക്കുന്ന നിരവധി പരീക്ഷണങ്ങൾ 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാന ദശകങ്ങളിൽ നടന്നു.

1887-ൽ ആൽബർട്ട് മൈക്കിൾസന്നും, എഡ്വേർഡ് മോർലിയും ക്ലീവ് ലാൻഡിലെ അപ്ലെയ്ഡ് സയൻസ് സ്കൂളിൽവച്ച് ശ്രദ്ധേയമായൊരു പരീക്ഷണം നടത്തുകയുണ്ടായി. ഭൂമിയുടെ സഞ്ചാരദിശയിലെയും അതിന്റെ ലംബദിശയിലെയും പ്രകാശവേഗത താരതമ്യം ചെയ്തപ്പോൾ അവരെ ആശ്ചര്യഭരിതരാക്കിക്കൊണ്ട് ഇത് രണ്ടും ഒന്നുതന്നെയാണെന്ന വസ്തുത അവർക്ക് കാണാൻ കഴിഞ്ഞു. ഈ പരീക്ഷണത്തിൽനിന്നും ഒരു കാര്യം അവർക്ക് സുവ്യക്തമായി. പ്രകാശവേഗം സ്ഥിരമാണ്. ന്യൂട്ടോണിയൻ ഭൗതികത്തിന്റെ അടിത്തറ തകർത്ത പരീക്ഷണമായിരുന്നിത്. ഈഥർ, കേവലസ്ഥലം എന്നീ സങ്കല്പങ്ങൾ അർത്ഥരഹിതമാണെന്ന് വ്യക്തമായി.

1895-ൽ ഐറിഷ് ഭൗതികജ്ഞനായ ജോർജ് ഫിത്സ്ജറാൾഡ് (George Fitzgerald) മൈക്കിൾസൺ മോർലി പരീക്ഷണങ്ങൾക്ക് അസാധാരണമായ ഒരു വിശദീകരണം മുന്നോട്ടുവച്ചു. ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഏതൊരു ദ്രവ്യവും ചലനത്തിന്റെ ദിശയിൽ സങ്കോചിക്കുന്നു. ചലനവേഗം കൂടുന്നതിന് ആനുപാതികമായി ഈ സങ്കോചത്തിന്റെ അളവും കൂടുന്നതാണ്. ഇതിനെയാണ് ഫിത്സ്ജറാൾഡ് സങ്കോചം എന്നു പറയുന്നത്. ഇത് നമ്മുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ തീരെ ശ്രദ്ധിക്കപ്പെടാതെ പോകുന്നുണ്ടെങ്കിലും ഭൗതികത്തിലെ അടിസ്ഥാനതത്ത്വങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കുന്നതിൽ വളരെ പ്രാധാന്യം ഉള്ളതാണ്. നമ്മുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ നമ്മൾക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്ന പ്രവേഗങ്ങൾ പ്രകാശപ്രവേഗത്തെ അപേക്ഷിച്ച് നന്നേ ചെറുതാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് 80 കി.മീ. വേഗതയിൽ ഓടുന്ന ഒരു കാറിന്റെ സങ്കോചം വളരെ വളരെ ചെറുതാണ്. അതെളുപ്പം അളക്കാൻ പറ്റില്ല. കാറിന്റെ ബംബർ മുതൽ ബംബർ വരെയുള്ള നീളത്തിലുണ്ടാകുന്ന സങ്കോചത്തിന്റെ അളവ് ഒരു അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ വ്യാസത്തോളമേ വരൂ. ആയിരം കിലോമീറ്റർ വേഗതയിൽ പറക്കുന്ന ഒരു ജെറ്റ് വിമാനത്തിനുണ്ടാകുന്ന ദൈർഘ്യസങ്കോചം ഒരു അണുവിന്റെ വ്യാസത്തോളം മാത്രമാണ്. മണിക്കൂറിൽ നാല്പതിനായിരം കിലോമീറ്ററിലധികം വേഗതയുള്ളതും നൂറ് മീറ്റർ നീളം ഉള്ളതുമായ ഒരു നക്ഷത്രാന്തരീയ റോക്കറ്റിനുണ്ടാകുന്ന സങ്കോചം ഒരു

മില്ലിമീറ്ററിന്റെ നൂറിലൊരംശം മാത്രമേ വരൂ. എന്നാൽ പ്രകാശപ്രവേഗത്തിന്റെ 50%, 90%, 99% എന്നീ പ്രകാരം വേഗതയുള്ള വസ്തുക്കളെ സങ്കല്പിക്കാമെങ്കിൽ അവ യഥാക്രമം ഭൂമിയിൽ ആയിരിക്കുമ്പോഴുള്ള ദൈർഘ്യത്തിന്റെ 86%, 45%, 14% എന്നീ അളവുകളിലേക്ക് സങ്കോചിക്കുന്നു. പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനദിശയിലുള്ള നീളം പൂജ്യമായിരിക്കും. പൂജ്യം നീളം ഉള്ള വസ്തു ഉണ്ടാകാൻ പറ്റില്ലല്ലോ. അതിനാൽ ഒന്നിനും പ്രകാശപ്രവേഗത്തിന് തുല്യമോ അതിൽ കൂടുതലോ പ്രവേഗമുണ്ടാകാൻ നിവൃത്തിയില്ലെന്ന് വ്യക്തം.

ഡച്ച് ഭൗതികജ്ഞനായ ഹെൻഡ്രിക് അൻറൂൺ ലോറൻസ് (Hendrik Antoon Lorntz) സ്വതന്ത്രമായി ഇതേപോലുള്ള ഒരു പരികല്പന ആവിഷ്കരിച്ചു. അതിവേഗതയിൽ ചലിക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെ ചലനദിശയിലുള്ള നീളം കുറയുന്നതോടൊപ്പം അവയുടെ ദ്രവ്യമാനം വർദ്ധിക്കുന്നു എന്നാണ് അദ്ദേഹം സിദ്ധാന്തിച്ചത്. നീളസങ്കോചം അളക്കാൻ പ്രയാസമാണ്. എന്നാൽ ദ്രവ്യമാനവർദ്ധനവ് അളക്കാൻ എളുപ്പമാണ്. ക്ലൗഡ് ചേംബറിൽകൂടെ അതിവേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന കണങ്ങളുടെ പഥത്തിൽനിന്ന് അവയുടെ ചാർജ് അറിയാമെങ്കിൽ ദ്രവ്യമാനം കണക്കാക്കാം. ലോറൻസിന്റെ സിദ്ധാന്തം വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന് വഴി തെളിച്ച ഒന്നായിരുന്നു. ഫ്രഞ്ച് ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഹെൻറി പോയൻകർ (Henri Poincare) ലോറൻസിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തിന് ഗണിതപരമായി വ്യാഖ്യാനം നല്കി. പോയൻകറുടെ വ്യാഖ്യാനം ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിലേക്ക് വെളിച്ചം വീശി. ഒരു വസ്തുവിന് പ്രകാശപ്രവേഗത്തെ അതിർകടക്കാൻ സാധ്യമല്ലെന്ന് അദ്ദേഹം പ്രഖ്യാപിച്ചു. പ്രകാശപ്രവേഗത്തിന്റെ ഈ സവിശേഷത അംഗീകരിക്കാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വിസമ്മതിച്ചു. ഭൂമിയുടെ പ്രവേഗം അതിന്റെ സങ്കോചത്തിന് ഇടയാക്കുമെന്ന് വിശ്വസിക്കാൻ ആരും ധൈര്യപ്പെട്ടില്ല. ലോറൻസ്തന്നെ അദ്ദേഹം ആവിഷ്കരിച്ച സിദ്ധാന്തം ഉപേക്ഷിച്ചു. വളരെ വർഷങ്ങൾക്കുശേഷം ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികജ്ഞനായിരുന്ന പോൾ ഡിറാക്ക് എഴുതി ''ലോറൻസ് ഭയംകൊണ്ടാണ് അദ്ദേഹത്തിന്റെ സ്വന്തം സിദ്ധാന്തം ഉപേക്ഷിച്ചത്.'' 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനം ആവിഷ്കരിച്ച ഈ സിദ്ധാന്തങ്ങളും നടന്ന പരീക്ഷണങ്ങളും ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന് അടിത്തറ പാകി.

ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിലെ യുഗപ്രഭാവനാണ് ആൽബർട്ട് ഐൻസ്റ്റീൻ. അദ്ദേഹത്തിന്റെ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം ശാസ്ത്രത്തെ മാറ്റിമറിച്ചു. അതൊരു പുതിയ പ്രപഞ്ചവീക്ഷണം അവതരിപ്പിച്ചു. 1879-ൽ ജർമ്മനിയിൽ യുലംമിൽ ആയിരുന്നു ഐൻസ്റ്റിന്റെ ജനനം. മൂന്നു വയസ്സ് കഴിഞ്ഞതിനുശേഷമാണ് ഐൻസ്റ്റിന് സംസാരശേഷി ലഭിച്ചത്. കുട്ടിക്കാലത്തുതന്നെ അദ്ദേഹം ഒരു സ്വപ്നാടകനായിരുന്നു. സ്കൂളിൽ പഠിത്തത്തിൽ പിന്നോക്കമായിരുന്നു. സംഗീതത്തിലും ഗണിതത്തിലും മാത്രമാണ് ബാല്യകാലത്ത് അദ്ദേഹത്തിന് താത്പര്യം ഉണ്ടായിരുന്നത്. 1900-ത്തിൽ സൂറിച്ചിലെ ഫെഡറൽ പോളിടെക്നിക് ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടിൽനിന്നും ബിരുദമെടുത്തു. ബിരുദാനന്തരം ജോലി തേടി അലഞ്ഞു. ഹൈസ്കൂൾ അദ്ധ്യാപകന്റെ ജോലി

പോലും അദ്ദേഹത്തിന് ലഭിച്ചില്ല. ഒടുവിൽ തന്റെ സുഹൃത്തും സഹപാഠിയുമായിരുന്ന മാഴ്സൽ ഗ്രോസ്മാന്റെ അച്ഛന്റെ സഹായത്താൽ ബേണിലെ സ്വിസ് പേറ്റൻറ് ഓഫീസിൽ മൂന്നാംഗ്രേഡ് സാങ്കേതിക വിദഗ്ദ്ധനായി ജോലിയിൽ പ്രവേശിച്ചു. ഐൻസ്റ്റിന്റെ ജീവിതത്തിലെ ഏറ്റവും നല്ല കാലമായിരുന്നു പേറ്റൻറ് ഓഫീസിലെ ഔദ്യോഗികജീവിതം. ഇവിടെവെച്ചാണ് ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം അദ്ദേഹം കണ്ടുപിടിച്ചത്. ലോകം കണ്ട ഏറ്റവും വലിയ ഭൗതികശാസ്ത്രപ്രതിഭയായി ഐൻസ്റ്റിൻ അംഗീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

പ്രപഞ്ചരഹസ്യം തേടിയുള്ള ഐൻസ്റ്റിന്റെ ബൗദ്ധികാന്വേഷണം അദ്ദേഹത്തെ വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിലേക്കും (Special Theory of Relativity) പിന്നീട് പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിലേക്കും (General Theory of Relativity) നയിച്ചു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പൊരുൾ തേടിയുള്ള യാത്ര ബാല്യത്തിൽത്തന്നെ അദ്ദേഹം ആരംഭിച്ചു. അഞ്ച് വയസ്സുള്ളപ്പോൾ രോഗം പിടിപെട്ട് കിടക്കയിൽ കിടക്കുമ്പോൾ അദ്ദേഹത്തിന്റെ അച്ഛൻ ഒരു പോക്കറ്റ് കാന്തികകോമ്പസ് കാട്ടി കളിപ്പിച്ചപ്പോൾ ബാലനായ ഐൻസ്റ്റിൻ ചോദിച്ചു: "എന്തുകൊണ്ടാണ് കാന്തസൂചി വടക്കോട്ടുള്ള ദിശയിൽ നില്ക്കുന്നത്?" അതിന്റെ പിന്നിലെ അദ്ഭുത രഹസ്യത്തെക്കുറിച്ച് ഐൻസ്റ്റിൻതന്നെ പിന്നീട് പ്രതിപാദിക്കുകയുണ്ടായി. അതുപോലെ പതിനാറാമത്തെ വയസ്സിൽ സ്കൂൾ വിദ്യാർത്ഥിയായിരിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശവേഗതയിൽ സഞ്ചരിച്ചാൽ എന്തു സംഭവിക്കുമെന്ന് ഐൻസ്റ്റിൻ സ്വയം ചോദിക്കുമായിരുന്നു. മനസ്സിൽ പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി അനുമാനങ്ങളിലെത്തുക എന്നത് അദ്ദേഹത്തിന്റെ സവിശേഷതയായിരുന്നു.

സ്വിസ് പേറ്റൻറ് ഓഫീസിൽ ജോലി ചെയ്തിരുന്ന അവസരത്തിൽ മൈക്കൾ എയിഞ്ചലോ ബെസോയുമായി ഐൻസ്റ്റിൻ പരിചയപ്പെട്ടു. അവർ തമ്മിലുള്ള സൗഹൃദം ഐൻസ്റ്റിന്റെ ചിന്തയെ സ്വാധീനിക്കുകയുണ്ടായി. സൂര്യന് താഴെയുള്ളതെല്ലാം അവരുടെ ചർച്ചയ്ക്ക് വിഷയമായി. ബെസോയുടെ നിർബന്ധപ്രകാരം ഐൻസ്റ്റിൻ അക്കാലത്തെ പ്രസിദ്ധ ആസ്ട്രിയൻ തത്ത്വചിന്തകനും ഭൗതികജ്ഞനുമായ ഏണസ്റ്റ് മാഹിന്റെ (Earnest Mach) കൃതികളുമായി പരിചയപ്പെട്ടു. ന്യൂട്ടന്റെ ഈഥർ പരികല്പനയുടെ ശക്തനായ വിമർശകനായിരുന്നു മാഹ്. അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു: "സ്ഥലം ഒരു വസ്തുവല്ല. എന്നാൽ അത് സംഭവങ്ങൾക്കിടയിലെ പരസ്പരബന്ധങ്ങളുടെ പ്രകടിത രൂപമാണ്. എല്ലാ ദ്രവ്യമാനങ്ങളും എല്ലാ പ്രവേഗങ്ങളും ആപേക്ഷികമായതുകൊണ്ട് എല്ലാ ബലങ്ങളും ആപേക്ഷികമാണ്." മാഹിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങളുടെ സ്വാധീനഫലമായി ഒരു പുതിയ സ്ഥലകാലസിദ്ധാന്തം എഴുതാൻ ഐൻസ്റ്റിൻ ശ്രമിച്ചു. മാഹിന്റെ ആശയങ്ങളെ പൂർണ്ണമായി പ്രതിഫലിപ്പിക്കാൻ ഐൻസ്റ്റിന് കഴിഞ്ഞില്ല.

1905 ആയപ്പോഴേക്കും ഐൻസ്റ്റിന്റെ ചിന്തകൾ വ്യക്തമായ രൂപഭാവങ്ങളിൽ ഉരുത്തിരിയാൻ തുടങ്ങി. ശാസ്ത്രലോകത്തെ ഇളക്കിമറിച്ച ഐൻസ്റ്റിന്റെ മൂന്ന് പ്രബന്ധങ്ങൾ 'അനൽസ് ഓഫ് ഫിസിക്സ്' എന്ന ജർമ്മൻ പ്രസിദ്ധീകരണത്തിൽ പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടു. ആദ്യത്തെ പ്രബന്ധം ഐൻസ്റ്റിന്റെ 26-ാം ജന്മദിനത്തിന്റെ മൂന്നാം ദിവസമാണ് പ്രസിദ്ധീകരി

ച്ചത്. അത് കാണ്ടം ഭൗതികത്തിന്റെ അടിത്തറ ശക്തിപ്പെടുത്തി. രണ്ടാമത്തേത് അണുസിദ്ധാന്തത്തിന്റെയും സാംഖ്യ ബലതന്ത്രത്തിന്റെയും (Statistical Mechanics) ദിശ മാറ്റി. മൂന്നാമത്തെ പ്രബന്ധത്തിലാണ് ഐൻസ്റ്റിന്റെ പ്രസിദ്ധമായ വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെ നാം കണ്ടുമുട്ടുന്നത്. പ്രപഞ്ചത്തെപ്പറ്റി പുതിയതും മൗലികവുമായ ഒരു കാഴ്ചപ്പാടാണ് അദ്ദേഹം വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മുന്നോട്ട് വെച്ചത്. അതോടെ ന്യൂട്ടൻയുഗം അവസാനിക്കുകയും പകരം പുതിയൊരു ശാസ്ത്രയുഗപ്പിറവിക്കു ലോകം സാക്ഷ്യം വഹിക്കുകയും ചെയ്തു.

മാക്സ്വെല്ലിന്റെ സമീകരണത്തിൽനിന്നും മൈക്കിൾസൺ മോർലിയുടെ പരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നും പ്രകാശസഞ്ചാരത്തിന് ഈഥറിന്റെ ആവശ്യം ഇല്ലെന്ന് ഐൻസ്റ്റിന് വ്യക്തമായിരുന്നു. കേവലസമയം എന്ന ആശയത്തെ ഒഴിവാക്കാമെങ്കിൽ പ്രകാശസഞ്ചാരത്തിന് ഈഥറിന്റെ ആവശ്യം ഇല്ല എന്ന് ഐൻസ്റ്റിൻ നിർദ്ദേശിച്ചു. ഐൻസ്റ്റിൻ അവിടം കൊണ്ടും അവസാനിപ്പിച്ചില്ല. പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗം അതിന്റെ സ്രോതസ് എങ്ങനെ ചലിച്ചാലും സ്ഥിരമായിരിക്കുമെന്ന് അദ്ദേഹം സിദ്ധാന്തിച്ചു. പ്രവേഗം അനുസരിച്ചുള്ള ദ്രവ്യമാന വർദ്ധനവ് എല്ലാ വസ്തുക്കൾക്കും ബാധകമാണെന്ന് തെളിയിച്ചു. വേഗം വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ചലനദിശയിലുള്ള സങ്കോചത്തിനും ദ്രവ്യമാനവർദ്ധനവിനും പുറമേ സമയംതന്നെ പതുക്കെയായിത്തീരുമെന്നും ഐൻസ്റ്റിൻ തന്റെ സിദ്ധാന്തത്തിലൂടെ വ്യക്തമാക്കി. ഐൻസ്റ്റിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ഏറ്റവും കാതലായ വശം കേവലമായ സ്ഥലം, കാലം എന്നീ സങ്കല്പങ്ങളെ തകർത്തതാണ്. സ്ഥലത്തെയും കാലത്തെയും സ്വേച്ഛാപ്രകാരം തിരഞ്ഞെടുക്കുന്ന ഏതൊരു ആധാരവ്യൂഹത്തിനും ആപേക്ഷികമായി അളക്കാം. ഐൻസ്റ്റിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തിന് ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം എന്ന് പേരു വരാൻ കാരണം ഇതാണ്. രസകരമായൊരു കാര്യം ആപേക്ഷികത എന്ന പദം രൂപപ്പെടുത്തിയത് ഐൻസ്റ്റിനായിരുന്നില്ല എന്നുള്ളതാണ്. പോയിൻകർ ആയിരുന്നു ഈ പദം ആദ്യമായി ഉപയോഗിച്ചത്. ഐൻസ്റ്റിൻ തന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്ക് നല്കിയ പേര് അചരസിദ്ധാന്തം (Invariance Theory) എന്നായിരുന്നു. ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ മൗലികമായ തത്ത്വം സ്വതന്ത്രമായി ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന എല്ലാ നിരീക്ഷകരെയും സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം അവരുടെ വേഗത എത്രതന്നെ ആയാലും ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെയാണ്. ന്യൂട്ടന്റെ ചലനനിയമമനുസരിച്ചും ഇത് ശരിയായിരുന്നു. എന്നാൽ പിന്നീട് മാക്സ്വെല്ലിന്റെ സമീകരണത്തിന്റെ സത്തയും പ്രകാശവേഗത സ്ഥിരമാണെന്നുള്ള സത്യവും പൂർണ്ണമായി ഉൾക്കൊള്ളിക്കാൻ ഈ ആശയത്തെ ഐൻസ്റ്റിൻ വിപുലീകരിച്ചു. എല്ലാ നിരീക്ഷകർക്കും അവർ എത്രതന്നെ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിച്ചാലും പ്രകാശവേഗത ഒന്നുതന്നെ ആയിരിക്കും. ഈ കൊച്ച് ആശയം ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിൽ വിപ്ലവകരമായ മുന്നേറ്റങ്ങൾക്ക് ഇടയാക്കി. ഈ ആശയത്തിൽനിന്നും രൂപംകൊണ്ടതാണ് ഐൻസ്റ്റിന്റെ പ്രസിദ്ധമായ $E = mc^2$ എന്ന സമീകരണം. (E ഊർജ്ജം, m ദ്രവ്യമാനം, c പ്രകാശപ്രവേഗം). ദ്രവ്യമാനവും ഊർജ്ജവും തമ്മിലുള്ള

സമാനതയും പ്രകാശപ്രവേഗത്തെ മറികടക്കുവാൻ ഒന്നിനും സാധ്യമല്ലെന്ന നിയമവും ഈ സമീകരണത്തിൽ സമന്വയിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. ഐൻസ്റ്റിൻ വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിക്കുന്നതിനു മുമ്പുവരെ ദ്രവ്യത്തെയും ഊർജ്ജത്തെയും വ്യത്യസ്തവും വ്യതിരിക്തവുമായിട്ടാണ് കണ്ടിരുന്നത്. ദ്രവ്യമാനവും ഊർജ്ജവും തമ്മിലുള്ള സമാനത കണ്ടെത്തിയത് ഐൻസ്റ്റിനായിരുന്നു. ദ്രവ്യം ഖനീഭവിക്കപ്പെട്ട ഊർജ്ജമാണെന്ന് നിർവചിക്കപ്പെട്ടു. ദ്രവ്യമാനവും ഊർജ്ജവും തമ്മിലുള്ള സമാനത കാരണം ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചലനംകൊണ്ട് കിട്ടുന്ന ഊർജ്ജം അതിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തെ വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. ദ്രവ്യത്തെ ഊർജ്ജമായും ഊർജ്ജത്തെ ദ്രവ്യമായും മാറ്റാവുന്നതാണെന്ന് ഐൻസ്റ്റിൻ തെളിയിച്ചു. ഒരു വസ്തുവിന്റെ ചെറിയ അളവ് ദ്രവ്യത്തെ ഊർജ്ജമാക്കി മാറ്റുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഫോടനത്തിന് ആയിരക്കണക്കിന് ടി.എൻ.ടി .സ്ഫോടകശക്തി ഉണ്ടാകും. അണുബോംബിന്റെയും ന്യൂക്ലിയർ പ്ലാൻറുകളുടെയും പ്രവർത്തനം ഈ തത്ത്വം അനുസരിച്ചാണ്. സൂര്യന്റെയും നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും ഉള്ളിലെ അത്യുഗ്രതാപത്തിന് കാരണമിതാണ്. ഈ സമീകരണം അനുസരിച്ച് ഒരിക്കലും ഒരു വസ്തു പ്രകാശവേഗത്തിൽ എത്തില്ല. കാരണം അപ്പോൾ അതിന്റെ ദ്രവ്യമാനം അനന്തമാകും. ഭൂമിയെ പ്രകാശവേഗതയിൽ ചലിപ്പിച്ചാൽ അത് അനന്തദ്രവ്യമാനം ഉള്ള ഒരപ്പംപോലെ ചുരുങ്ങും. ദ്രവ്യമാന ഊർജ്ജസമാനത കാരണം ഒരു വസ്തുവിന് പ്രകാശവേഗം എത്തണമെങ്കിൽ അനന്ത ഊർജ്ജം വേണം. ഈ കാരണംകൊണ്ട് ദ്രവ്യമാനം ഉള്ള വസ്തുവിന്റെ വേഗത പ്രകാശവേഗതയിൽ കുറവായിരിക്കും. പ്രകാശത്തിനോ അല്ലെങ്കിൽ ദ്രവ്യമാനം ഇല്ലാത്ത തരംഗങ്ങൾക്കോ മാത്രമേ പ്രകാശവേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയൂ. യാതൊരു ദ്രവ്യാത്മകവസ്തുവിനും പ്രകാശവേഗത്തിന് തുല്യമോ അതിനേക്കാൾ വേഗതയിലോ സഞ്ചരിക്കാൻ സാധ്യമല്ല. പ്രകാശത്തേക്കാൾ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിച്ചാൽ എന്ത് സംഭവിക്കുമെന്ന് നോക്കാം. വസ്തുക്കളുടെ വേഗം പ്രകാശവേഗത്തിനൊപ്പം എത്തുമ്പോൾ സമയമാന്ദ്യം സംഭവിക്കുന്നു. പ്രകാശത്തേക്കാൾ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ സമയം പിന്നോക്കം നീങ്ങും. പ്രകാശാതിവേഗത്തിൽ എല്ലാനീളങ്ങളും പൂജ്യത്തിനപ്പുറം കടന്ന് കല്പിത സംഖ്യകളാവുകയും അങ്ങനെ അവ കാലയളവുകളായി മാറുകയും ചെയ്യും. ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം സ്ഥലം, കാലം എന്നീ ആശയങ്ങളെ വിപ്ലവകരമായി വിശകലനം ചെയ്തു. ന്യൂട്ടന്റെ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് പ്രകാശസ്പന്ദം ഒരു സ്ഥലത്തുനിന്നും മറ്റൊരു സ്ഥലത്തേക്ക് അയച്ചാൽ അത് സഞ്ചരിക്കാനെടുക്കുന്ന സമയത്തെക്കുറിച്ച് വ്യത്യസ്ത നിരീക്ഷകർ തമ്മിൽ അഭിപ്രായവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകുന്നില്ല. കാരണം സമയം കേവലമാണ്. എന്നാൽ പ്രകാശം എത്ര ദൂരം സഞ്ചരിച്ചു എന്നതിനെക്കുറിച്ച് അഭിപ്രായവ്യത്യാസം ഉണ്ടാകും. കാരണം ന്യൂട്ടൺ നിയമത്തിൽ സ്ഥലം കേവലമല്ല എന്ന യാഥാർത്ഥ്യംതന്നെ. പ്രകാശവേഗം എന്നത് പ്രകാശം സഞ്ചരിച്ച ദൂരത്തെ സമയംകൊണ്ട് ഹരിച്ച് കിട്ടുന്നതായതുകൊണ്ട് വ്യത്യസ്ത നിരീക്ഷകർക്ക് പ്രകാശവേഗത വ്യത്യസ്തമായി കിട്ടുന്നു. എന്നാൽ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിൽ എല്ലാ നിരീക്ഷകർക്കും പ്രകാശവേഗത ഒന്നാണ്. പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കാനെടുക്കുന്ന സമയം എന്നത് പ്രകാശം

സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തെ പ്രകാശവേഗംകൊണ്ട് ഹരിച്ച് കിട്ടുന്നതാണ്. ഇതിൽനിന്നും കേവലസമയം എന്നൊന്നില്ലെന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു. ഇതുതന്നെയാണ് ആപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ആശയവും. ഓരോ നിരീക്ഷകനും അവരവരുടേതായ കാലയളവുണ്ടെന്നർത്ഥം.

നമ്മൾ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ നീളവും കാലവും തമ്മിൽ താരതമ്യപ്പെടുത്താറുണ്ട്. ബസ്സിൽ ഒരു മണിക്കൂർ യാത്രചെയ്താൽ എത്തുന്ന ദൂരം അല്ലെങ്കിൽ ബസ്സിൽ പോയാൽ 60 കി.മീ. എന്ന് നാം സാധാരണ പറയാറുണ്ട്. ഇവിടെ നാം ദൂരത്തെ ഒരു നിശ്ചിത വാഹനം ഉപയോഗിച്ച് ചെന്നെത്താവുന്ന ദൂരവുമായി തുല്യപ്പെടുത്തുകയാണ്. സാർവ്വത്രികമായ ഒരു പ്രമാണവേഗം ഉണ്ടെങ്കിൽ കാലയളവുകളെ ദൈർഘ്യമായോ മറിച്ചോ കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്. സ്ഥലവും കാലവും തമ്മിൽ പരിവർത്തനം ചെയ്യാനുള്ള അടിസ്ഥാനഘടകമായി എടുക്കുന്നത് പ്രകാശവേഗത്തെയാണ്. പ്രകാശവേഗംകൊണ്ട് ദൂരങ്ങളും കാലവും കൃത്യമായി അളക്കാം. ഒരു ഭൗതികപരിതഃസ്ഥിതിയിലും പ്രകാശവേഗം മാറില്ല. മനുഷ്യപ്രയത്നംകൊണ്ടും പ്രകാശവേഗം മാറ്റാൻ കഴിയില്ല. അതുകൊണ്ട് സാർവ്വത്രികമായി സ്വീകാര്യമായ ഒരളവുകോലാണ് പ്രകാശവേഗം. ഇന്ന് നമ്മൾ കൃത്യമായി ദൂരവും കാലവും അളക്കുന്നത്, പ്രകാശവേഗം ഉപയോഗിച്ചാണ്. പ്രകാശവേഗം ഉപയോഗിച്ച് നീളത്തേക്കാൾ കൃത്യമായി കാലത്തെ അളക്കാൻ കഴിയും. മീറ്ററിനെ നിർവചിച്ചിരിക്കുന്നത് പ്രകാശം 0.000000003333564095 2 സെക്കൻറിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരമാണ്. 133 ആറ്റമികഭാരമുള്ള സീസിയം (Cesium) അണുവിന്റെ കമ്പനാവൃത്തിയെ ആധാരമാക്കി ഉള്ളതാണ് ഈ അളവ്. പതിനായിരം കോടിയിൽ ഒരു ഭാഗത്തോളം കൃത്യത ഇതിനുണ്ട്. ഇതിനു പകരം നമുക്ക് കൂടുതൽ സൗകര്യം ഉള്ള പ്രകാശസെക്കൻറ് എന്നു വിളിക്കുന്ന നീളത്തിന്റെ ഏകകം ഉപയോഗിക്കാം. ഇത് നിർവചിക്കുന്നത് പ്രകാശം ഒരു സെക്കൻറിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരമാണ്. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രദൂരങ്ങൾ അളക്കാനും പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗം പറ്റിയ ഒരു മാനകമാണ്. ഒരു സ്ഥലം ട്രെയിൻ വഴി നാലു മണിക്കൂർ ദൂരത്തിലാണെന്ന് നാം പറയുന്നമാതിരിതന്നെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ആൽഫാസെൻറാറി എന്ന നക്ഷത്രത്തിലേക്കുള്ള ദൂരം നാലു പ്രകാശവർഷങ്ങളാണെന്നു പറയുന്നു. ദൂരം അളക്കാനുള്ള ഒരു ഉപാധിയായി പ്രകാശവർഷം എന്ന പദം നാം ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ കാലത്തെ ഒരു മാനമായി നാം പ്രയോഗത്തിൽ സ്വീകരിക്കുകയും അതിനെ സ്ഥലത്തിലെ ദൂരങ്ങളെ അളക്കാനുള്ള ഏകകമായി ഉപയോഗിക്കുകയുമാണ് ചെയ്യുന്നത്. വിപരീതശൈലി ഉപയോഗിച്ച് പ്രകാശ കിലോമീറ്റർ എന്നും പറയാം. സ്ഥാനികദൂരങ്ങളെ സാധാരണ സ്ഥലദൂരമായും കാലികദൂരത്തെ സാധാരണ കാലയളവായും രൂപപ്പെടുത്താം. സ്ഥലവും കാലവും പരസ്പരം പരിവർത്തിതമാണ്. അവ തുലനാങ്കങ്ങളാണ്. ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിൽ നമ്മൾ ദൂരത്തെ നിർവചിക്കുന്നത് കാലത്തിലൂടെയും പ്രകാശവേഗത്തിലൂടെയുമാണ്. അതുകൊണ്ട് കാലം സ്ഥലത്തിൽനിന്ന് പൂർണ്ണമായി വേറിട്ടു നില്ക്കുന്നതോ സ്വതന്ത്രമോ അല്ല. അത് സ്ഥലവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. യഥാർത്ഥത്തിലുള്ളത് സ്ഥലവും കാലവും കൂടിച്ചേർന്ന സ്ഥലകാലമാണ്.

ഒരു സംഭവം എന്നത് സ്ഥലത്തിൽ ഒരു പ്രത്യേക ബിന്ദുവിൽ ഒരു പ്രത്യേക സമയത്ത് നടക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ്. അതുകൊണ്ട് ഒരു സംഭവത്തെ നിർണ്ണയിക്കാൻ നാലു സംഖ്യകൾ അല്ലെങ്കിൽ നിർദ്ദേശാങ്കങ്ങൾ (Co-ordinates) വേണ്ടിവരുന്നു. മൂന്ന് സ്ഥലീയ നിർദ്ദേശാങ്കങ്ങളും (നീളം, വീതി, പൊക്കം) ഒരു കാലത്തിന്റെ അളവുംകൊണ്ട് ഇത് നിർവഹിക്കാം. രണ്ട് സ്ഥലീയ നിർദ്ദേശാങ്കങ്ങൾ തമ്മിൽ വ്യത്യാസമില്ലാത്തതുപോലെ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിൽ സ്ഥലീയ നിർദ്ദേശാങ്കങ്ങളും സമയ നിർദ്ദേശാങ്കങ്ങളും തമ്മിൽ വ്യത്യാസം ഇല്ല. ആകയാൽ ഒരു ചതുർമാന സ്ഥലത്തിൽ ഒരു സംഭവത്തിന്റെ സ്ഥാനം നിർണ്ണയിക്കുന്നത് നാലു നിർദ്ദേശാങ്കങ്ങളാണ്. ചതുർമാനസ്ഥലത്തെയാണ് നാം സ്ഥലകാലം എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ആപേക്ഷികതാപ്രപഞ്ചത്തിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ പ്രവേഗം സ്ഥിരമായി നിശ്ചയിക്കപ്പെട്ടതോടെ 'ഇപ്പോൾ കണ്ടതും' 'ഇപ്പോൾ ഉള്ളതും' തമ്മിൽ വിവേചിക്കേണ്ടിവന്നു. ഉദാഹരണത്തിന്, തെളിഞ്ഞ രാത്രിയിൽ നാം ആകാശത്ത് നോക്കുമ്പോൾ കാണുന്ന നക്ഷത്രങ്ങളെല്ലാം അപ്പോൾ നിലനില്ക്കുന്ന അവസ്ഥയിലല്ല, മുൻപ് നിലനിന്നിരുന്ന രൂപത്തിലാണ്. എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ ആ നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്ന് പ്രകാശരശ്മികൾ നമ്മുടെ കണ്ണുകളിൽ വന്ന് പതിക്കുന്നതിന് നിയതമായ ഒരു കാലയളവ് ആവശ്യമാണ്. അപ്പോൾ അത്രയും കാലത്തിനു മുൻപുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളെയാണ് നാം കാണുന്നത്. അകലെയുള്ള ഗാലക്സികളിൽ നമ്മൾ കാണുന്ന പ്രകാശം ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് അവിടെനിന്നും പോന്നതാണ്. നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഏറ്റവും അകലെയുള്ള ക്വസാർപോലുള്ള വസ്തുക്കളുടെ ദൂരം 1500 കോടി പ്രകാശവർഷമാണ്. ക്വസാറുകളിൽനിന്നും 1500 കോടി പ്രകാശവർഷങ്ങൾക്ക് മുൻപ് പുറപ്പെട്ട പ്രകാശമാണ് നമ്മൾ ഇന്ന് കാണുന്നത്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ശൈശവകാലമാണിത്. അതുകൊണ്ട് നാം കാണുന്നത് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഭൂതകാലമാണ്. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഭൂതകാലങ്ങളിൽ നടന്ന സംഭവങ്ങളാണ് ഒരേ സമയത്ത് നമ്മുടെ അറിവിൽപ്പെടുന്നത്. നമ്മുടെ ഇന്ദ്രിയങ്ങളിൽ ഒരേസമയം ഒത്തുചേരുന്നു എന്ന ഏകകാലികത്വം അല്ലാതെ വാസ്തവത്തിൽ വിവിധ നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്നും പ്രകാശരശ്മികൾ പുറപ്പെടുന്നത് ഏകകാലികമായിട്ടല്ല. പക്ഷേ, ഒരേസമയം അവ നമ്മുടെ കണ്ണുകളിൽ പതിക്കുന്നതുകൊണ്ട് അവ ഏകകാലികമാണെന്ന് നാം കരുതുന്നു എന്ന് മാത്രം. ചുരുക്കത്തിൽ ഒരിടത്ത് ഉണ്ടാകുന്ന ഏകകാലബോധം പലയിടത്തും ഉണ്ടാകുന്ന ഏകകാലബോധത്തോട് തുല്യമാണോ എന്ന പ്രശ്നം ഉദിക്കുന്നു. ഐൻസ്റ്റിൻ ഈ പ്രശ്നത്തിന് ഉത്തരം കണ്ടെത്തി. അദ്ദേഹത്തിന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ അത് തുല്യമല്ല. ഒരേ സമയത്ത് നടന്നവയെന്ന് ഒരു നിരീക്ഷകൻ പ്രസ്താവിക്കുന്ന രണ്ട് സംഭവങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത സമയങ്ങളിലാണ് നടന്നതെന്ന് മറ്റൊരു നിരീക്ഷകന് തോന്നും. ഓടുന്ന തീവണ്ടിയിലെ കമ്പാർട്ടുമെന്റിലെ രണ്ടുപേർ ഒരേസമയം സിഗരറ്റ് കത്തിക്കുന്നു. അവർക്ക് അടുത്തിരിക്കുന്ന ആൾ പറയും അവർ ഒരേ സമയത്താണ് സിഗരറ്റ് കത്തിച്ചതെന്ന്. എന്നാൽ റെയിൽപാളത്തിനരികിൽനിന്ന് ജനലിൽക്കൂടി നോക്കുന്ന റെയിൽവേ

ജോലിക്കാരൻ പറയും, ഈ രണ്ട് സംഭവങ്ങളും വ്യത്യസ്ത നിമിഷങ്ങളിലാണ് നടന്നതെന്ന്. ഒരാൾ സിഗരറ്റ് കത്തിച്ചതിനു ശേഷമാണ് മറ്റേയാൾ കത്തിച്ചതെന്ന് അയാൾ പറയും. അതായത് ഒരു നിരീക്ഷകന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ ഒരേ സമയത്ത് സംഭവിച്ചതെന്നു തോന്നുന്ന രണ്ട് സംഭവങ്ങൾ മറ്റൊരു നിരീക്ഷകനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം വ്യത്യസ്ത സമയങ്ങളിൽ സംഭവിച്ചതായി തോന്നും. ഒന്നാമത്തെ നിരീക്ഷകനെ അപേക്ഷിച്ച് രണ്ടാമത്തെ നിരീക്ഷകന് ചലനമുണ്ടെങ്കിൽ ഒരുവന് ശരിയെന്നു തോന്നുന്ന മാപനം ഇതരന് ശരിയായിക്കൊള്ളണമെന്നില്ല. രണ്ട് പേരുടെയും മാപനാധാരങ്ങൾ തമ്മിൽ സാപേക്ഷ ചലനം ഉണ്ടെങ്കിൽ അവ തമ്മിൽ ഒരിക്കലും യോജിക്കുകയില്ല. ഓരോ നിരീക്ഷകനും തന്റെ ചലനം അനുസരിച്ചാണ് കാലനിർണ്ണയം നടത്തുന്നത്. ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം കേവലസമയത്തെ തള്ളിക്കളഞ്ഞു. ഒരു ഇരട്ടകളെ സങ്കല്പിക്കുക. ഇതിലൊരാൾ ബഹിരാകാശകപ്പലിൽ പ്രകാശവേഗത്തിന്റെ 90% വേഗത്തിൽ ഒരു നീണ്ട യാത്രയ്ക്ക് പോയെന്നു കരുതുക. രണ്ടാമത്തെയാൾ ഭൂമിയിൽതന്നെ താമസം ഉറപ്പിച്ചു എന്നും കരുതുക. ബഹിരാകാശയാത്രയ്ക്ക് പോയ ആൾ തിരിച്ച് വരുമ്പോൾ ഭൂമിയിൽ നിന്ന ആളിന്റെ പകുതി വയസ്സേ ഉണ്ടാകൂ. ഇതിനെയാണ് ഇരട്ട വിരോധാഭാസം (Twin Paradox) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഇതൊരു വിരോധാഭാസം ആകുന്നത് ഒരാളുടെ മനസ്സിൽ കേവലസമയത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ആശയം നിലനില്ക്കുമ്പോഴാണ്. ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിൽ കേവലകാലം എന്നൊന്നില്ല. എന്നാൽ ഓരോ വ്യക്തിക്കും വ്യക്തിനിഷ്ഠമായ കാലയളവു കളുണ്ട്. അത് അയാൾ എവിടെ നില്ക്കുന്നു, എങ്ങനെ സഞ്ചരിക്കുന്നു എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചാണ്. സ്ഥലവും കാലവും പരസ്പരബദ്ധമായി കാണാത്തിടത്തോളം കാലം പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഒരു സംഭവത്തെയും ശരിയായ വിധം വിവരിക്കുവാൻ കഴിയില്ല. ഐൻസ്റ്റിനാണ് പഴയ ത്രിമാന പ്രപഞ്ചചിത്രത്തിന് പകരം കാലം കൂടി ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഒരു സ്ഥലകാലചതുർമാന പ്രപഞ്ചചിത്രം വരച്ചു കാട്ടിയത്.

വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം, പ്രകാശം, സ്ഥലം, കാലം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് മാത്രമല്ല ദ്രവ്യത്തെയും പഠനവിധേയമാക്കി. അത് ദ്രവ്യത്തിന്റെ വാസ്തുവിദ്യ പരിശോധിക്കുന്നു. വൈദ്യുതകാന്തികതയാണ് അണുകേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റും ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഇലക്ട്രോണിനെ പിടിച്ച് നിർത്തുന്നതും തന്മാത്രകളിൽ അണുക്കളെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നതും, വസ്തു രൂപംകൊള്ളുന്നതിന് തന്മാത്രകളെ വരിഞ്ഞു കെട്ടുന്നതും. നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും ഈ പേജും ഇത് വായിക്കുന്ന കണ്ണുകളും വൈദ്യുതകാന്തികതയുടെ ഊടും പാവിലുമാണ് രൂപംകൊണ്ടിട്ടുള്ളത്.

പ്രാപഞ്ചികവസ്തുക്കളെയും പ്രതിഭാസങ്ങളെയും നിരീക്ഷിക്കുമ്പോൾ നിരീക്ഷിതവസ്തുവും നിരീക്ഷിക്കുന്ന വ്യക്തിയും തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷികാർത്ഥംകൂടി കണക്കിലെടുക്കേണ്ടത് അനിവാര്യമാണെന്ന് ആപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തം തെളിയിച്ചു. അങ്ങനെ നിരീക്ഷകൻ നിരീക്ഷിത പ്രതിഭാസത്തെക്കുറിച്ച് രൂപീകരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിലെ ഒരു പ്രധാന പങ്കാളിയായി മാറി. അതേ സമയം പഴയ പ്രപഞ്ചചിത്രത്തിൽ നിരീക്ഷകന് സ്ഥാനം ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. അവൻ നിരീക്ഷിതവസ്തുവിന് പുറത്ത് അതുമായി ബന്ധം ഇല്ലാതെ

നിഷ്ക്രിയനായി നോക്കി നില്ക്കുക മാത്രമേ ചെയ്യിരുന്നുള്ളു. ആ പ്രാപഞ്ചിക ചിത്രം നിരീക്ഷകനിൽനിന്നും സ്വതന്ത്രമായിരുന്നതുകൊണ്ട് നിരീക്ഷകനിൽ വരുന്ന മാറ്റം അതിനെ ബാധിക്കുമായിരുന്നില്ല. നിരീക്ഷകൻ എവിടെനിന്ന് എപ്പോൾ നോക്കിയാലും ആ ചിത്രം ഒന്നുതന്നെ ആയിരിക്കും. എന്നാൽ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിച്ച പുതിയ പ്രപഞ്ചചിത്രത്തിലെ അവിഭാജ്യഘടകമാണ് നിരീക്ഷകൻ. അതോടെ പഴയ നിഷ്ക്രിയമായ പ്രപഞ്ചചിത്രത്തിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമായി സജീവവും ചലനാത്മകവുമായ ഒരു പുതിയ പ്രപഞ്ചചിത്രം അവതരിപ്പിക്കപ്പെട്ടു. പുതിയൊരു പ്രപഞ്ച വീക്ഷണം രൂപംകൊണ്ടു.

വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ കണ്ടെത്തലുകൾ മിഥ്യയാണോ? അതോ അത് മനസ്സിന്റെ വിഭ്രാന്തിയാണോ? അത് നഗ്നമായ യാഥാർത്ഥ്യമാണ്. വസ്തുനിഷ്ഠമാണ്. നിരവധി പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിക്കപ്പെട്ടതാണിത്! കണിക ത്വരകങ്ങളിൽ (Particle accelerators) വളരെ ഉയർന്ന വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന കണങ്ങൾക്ക് ആപേക്ഷിക മായി ദ്രവ്യമാന വർദ്ധനവ് ഉണ്ടാകുന്നു. വളരെ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ബഹിരാകാശവാഹനങ്ങളിലെ അണു ക്ലോക്കുകൾക്ക് (Atomic clocks) ആപേക്ഷികമായി സമയമാന്ദ്യം അനുഭവപ്പെടുന്നതായി പരീക്ഷണങ്ങൾ തെളിയിച്ചിട്ടുണ്ട്. കണികത്വരകങ്ങൾ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്നത് വിശിഷ്ടാപേക്ഷി കതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. ദൈനംദിന ലോകത്തെ വിശദീകരിക്കാൻ പൂർണ്ണമായും വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന് കഴിയുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ പ്രപഞ്ചത്തിലാകെ വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന ഗുരുത്വാ കർഷണബലത്തെ അത് ശരിയായി കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നില്ല. അത് ന്യൂട്ടന്റെ സാർവ്വത്രികഗുരുത്വാകർഷണനിയമവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നവയാ യിരുന്നില്ല. വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന് ഏകാത്മകം അല്ലാത്ത ചലനങ്ങളോ വക്രപഥങ്ങളിലൂടെയുള്ള ചലനങ്ങളോ അല്ലെങ്കിൽ ഗ്രഹചലനങ്ങളോ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. ത്വരിതപ്പെട്ടതോ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് വിധേയമാകുന്നതോ ആയ ചലനങ്ങളെ വിശദീകരി ക്കുവാൻ ഒരു പുതിയ സിദ്ധാന്തം ആവശ്യമായിരുന്നു. ഇത്തരം ഒരു ഗുരുത്വാ കർഷണസിദ്ധാന്തം കണ്ടുപിടിക്കുവാനുള്ള ശ്രമം 1905-നും 1914-നും ഇടയിൽ ഐൻസ്റ്റിൻ നടത്തുകയുണ്ടായി. 1911-ൽ 'പ്രകാശസഞ്ചരണത്തിൽ ഗുരുത്വാ കർഷണത്തിന്റെ സ്വാധീനം' എന്നൊരു പ്രബന്ധം ഐൻസ്റ്റിൻ പ്രസിദ്ധീ കരിക്കുകയുണ്ടായി. ഇത് പൂർണ്ണമായി വിജയിച്ചില്ല. വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തം കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നത് ജഡത്വദ്രവ്യമാന (Inertial mass) ത്തെയാണ്. വസ്തുക്കളുടെ മേലുള്ള ഗുരുത്വം അതിന്റെ ഗുരുത്വദ്രവ്യമാന (Gravitational mass) ത്തെ ആശ്രയിച്ചായിരിക്കും. അതായത് അവയുടെ ഭാരത്തെ ആശ്രയിച്ച്. ഒരു സ്യൂട്ട്കെയ്സ് നിങ്ങൾ മിനുസമുള്ള തറയിൽക്കൂടി നീക്കുമ്പോൾ നിങ്ങൾക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്നതാണ് ജഡത്വദ്രവ്യമാനം. ആ സ്യൂട്ട്കെയ്സ് നിങ്ങൾ പൊക്കുമ്പോൾ നിങ്ങൾക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്നതാണ് ഗുരുത്വദ്രവ്യമാനം. ഇത് രണ്ടും തമ്മിൽ വ്യത്യാസം ഉണ്ടെന്ന് തോന്നാം. ഗുരുത്വബലത്തിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യത്തിൽ മാത്രമേ ഗുരുത്വദ്രവ്യമാനം ഉള്ളു.

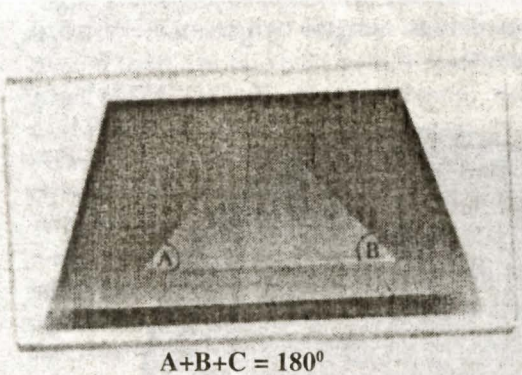
അതേസമയം ജഡത്വദ്രവ്യമാനം ദ്രവ്യത്തിന്റെ സ്ഥിരമായ ഗുണമാണ്. സ്യൂട്ട്കെയ്സിന് ബഹിരാകാശവാഹനത്തിൽ ഗുരുത്വദ്രവ്യമാനം ഇല്ല. എന്നാൽ അതിന്റെ ജഡത്വദ്രവ്യമാനം അപ്പോഴും അതുതന്നെയായിരിക്കും. ഒരു നിശ്ചിത വസ്തുവിന്റെ ജഡത്വവും ഗുരുത്വവും തുല്യമാണ്. ജഡത്വവും ഗുരുത്വവും തമ്മിലുള്ള സമാനത ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികത്തിന്റെ അദ്വൈതമായൊരു ഭാഗമാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് വ്യത്യസ്ത ഭാരമുള്ള വസ്തുക്കൾ ഒരേ വേഗതയിൽ താഴേക്കു വീഴുന്നത്. കൂടുതൽ ഗുരുത്വദ്രവ്യമാനം ഉള്ള വസ്തുവിന് കൂടുതൽ ജഡത്വദ്രവ്യമാനം ഉള്ളതുകൊണ്ട് അതിന്റെ ത്വരണം സാവധാനമാകുന്നു. ഈ രണ്ട് അളവുകളും സമാനമായതുകൊണ്ട് അവ പരസ്പരം നിരസിക്കപ്പെടുന്നു. അതുകൊണ്ടാണ് ഒരു പീരങ്കിയുണ്ടയും റബ്ബർപന്തും ഉയരത്തിൽനിന്ന് താഴേക്കിട്ടാൽ പീരങ്കിയുണ്ട റബ്ബർ പന്തിനേക്കാൾ വേഗത്തിൽ വീഴാത്തത്. ന്യൂട്ടന്റെ ബലതന്ത്രത്തിന് സമാനതാതത്ത്വത്തെ ശരിയായി വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. ഗുരുത്വത്തെയും ജഡത്വത്തെയുംകുറിച്ചുള്ള ഐൻസ്റ്റിന്റെ അഗാധജ്ഞാനമാണ് പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തിന് വെളിച്ചം വീശിയത്.

1907-ൽ ഒരു ദിവസം പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനിടയാക്കിയ ഉൾക്കാഴ്ച ഐൻസ്റ്റിന് ഉണ്ടായി. അതിനെക്കുറിച്ച് ഐൻസ്റ്റിൻതന്നെ എഴുതി, "ഞാൻ ബേണിലെ പേറ്റൻറ് ഓഫീസിലെ കസേരയിൽ ഇരിക്കുമ്പോൾ പൊടുന്നനെ ഒരു ചിന്ത എന്റെ മനസ്സിലുദിച്ചു. ഒരാൾ സ്വതന്ത്രമായി ഉയരത്തിൽനിന്ന് വീഴുകയാണെങ്കിൽ അയാൾക്ക് അയാളുടെ സ്വന്തം ഭാരം അനുഭവപ്പെടുമോ? ഈ ലളിതമായ സംശയം എന്നെ വല്ലാതെ സ്വാധീനിച്ചു. ഇതാണ് എന്നെ ഗുരുത്വസിദ്ധാന്തത്തിലേക്ക് തള്ളിവിട്ടത്." തന്റെ ജീവിതത്തിലെ ഏറ്റവും മഹത്തായ ചിന്ത ഇതായിരുന്നുവെന്ന് ഈ വെളിപാടിനെക്കുറിച്ച് പില്ക്കാലത്ത് ഐൻസ്റ്റിൻ വിശേഷിപ്പിക്കുകയുണ്ടായി. ചതുർമാനസ്ഥലകാലത്തിലെ ഗുരുത്വമാണ് ത്വരണമെന്ന് ഐൻസ്റ്റിൻ കണ്ടെത്തി. ത്വരിതപ്പെട്ട വസ്തുക്കൾ ഭൂഗണിതീയ രേഖ(Geodisic)യിലൂടെയാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെന്ന് ഐൻസ്റ്റിൻ വ്യക്തമാക്കി.

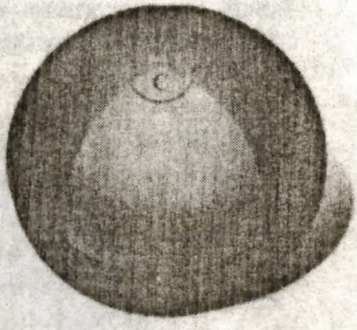
ചതുർമാനസ്ഥലകാലവക്രത വിശദീകരിക്കുവാൻ ഒരു പുതിയ ജ്യാമിതി ഐൻസ്റ്റിന് കണ്ടെത്തേണ്ടിവന്നു. ഗുരുത്വം ത്വരണമാണെങ്കിൽ ആ ത്വരണം വക്രസ്ഥലത്തിന്റെ തരംഗണ (Undulation) ത്തിലൂടെയാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഗുരുത്വാകർഷണം ഇല്ലാത്തയിടത്ത് സ്ഥലകാലം പരന്നതായിരിക്കും. ഗുരുത്വാകർഷണം ഉള്ളിടത്ത് സ്ഥലകാലം വക്രമായിരിക്കും.

ജ്യാമിതി ഉപയോഗിച്ചാണ് പ്രപഞ്ചത്തെ വിശദീകരിക്കുന്നത്. പ്രപഞ്ചത്തെ മനസ്സിലാക്കുവാൻ ജ്യാമിതി അനിവാര്യമാണ്. ചതുർമാന സ്ഥലകാലസാതത്യസങ്കല്പം ആദ്യമായി അവതരിപ്പിച്ചത് ഐൻസ്റ്റിൻ പഠിച്ച പോളിടെക്നിക്കിലെ ഗണിതശാസ്ത്രാദ്ധ്യാപകനായിരുന്ന ഹെർമാൻ മിൻകോവ്സ്കിയായിരുന്നു. 1908-ൽ ലോറൻസ് സിദ്ധാന്തത്തെക്കുറിച്ച്

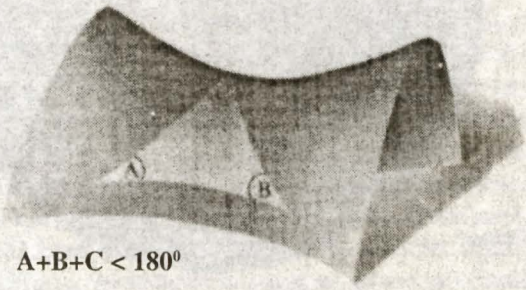
മിൻകോവ്സ്കി അവതരിപ്പിച്ച പ്രബന്ധത്തിൽ കാലം ചതുർമാനപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഒരു മാനമാണെന്ന് സ്ഥാപിച്ചു. അദ്ദേഹം എഴുതി, ''സ്ഥലത്തിന് തനിച്ചോ കാലത്തിന് തനിച്ചോ നിലനില്പില്ല. അത് വെറും നിഴലായി മാറും. രണ്ടിന്റെയും സംയോഗമാണ് ഭൗതികയാഥാർത്ഥ്യം.'' ഭാരവും ജഡത്വവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തിന്റെ രഹസ്യം കണ്ടെത്തുന്നതിന് മിൻകോവ്സ്കിയുടെ സിദ്ധാന്തത്തെക്കുറിച്ച് അന്വേഷിക്കണമെന്ന് ഐൻസ്റ്റിന് ബോദ്ധ്യപ്പെട്ടു. മിൻകോവ്സ്കിയുടെ സ്ഥലകാലസാതത്യം വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന് അനുയോജ്യമായിരുന്നെങ്കിലും അത് പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നില്ല. മിൻ കോവ്സ്കിയുടെ സ്ഥലം പരന്നതായിരുന്നു. ത്വരണം വക്രസ്ഥലത്തിന്റെ തരംഗണത്തിലൂടെയാണ് സംഭവിക്കുന്നതെന്നതുകൊണ്ട് അത് വിശദീകരിക്കുവാൻ പരന്ന സ്ഥലത്തിന്റെ ജ്യാമിതി അനുയോജ്യമായിരുന്നില്ല. പരന്ന സ്ഥലത്തിന്റെ ജ്യാമിതിയാണ് യൂക്ലിഡിയൻ ജ്യാമിതി. അതുകൊണ്ട് ഐൻസ്റ്റിൻ ആദ്യമായി പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ജ്യാമിതി വിശദീകരിക്കുവാൻ യൂക്ലിഡിയേതരജ്യാമിതിയിലേക്ക് തിരിഞ്ഞു.



$A+B+C = 180^0$



$A+B+C > 180^0$



$A+B+C < 180^0$

നാം ഹൈസ്കൂളിൽ പഠിക്കുന്ന ജ്യാമിതിയാണ് യൂക്ലിഡിയൻ ജ്യാമിതി. അതിലെ ഒരു പ്രധാന അഭിഗൃഹിതമാണ് (Axiom) സമാന്തരരേഖകൾ അനന്തതയിൽ മാത്രമേ സന്ധിക്കൂ എന്നത്. യൂക്ലിഡിയൻ ജ്യാമിതി അനുസരിച്ച് പരന്ന സ്ഥലത്തിൽ വരയ്ക്കുന്ന ഒരു ത്രികോണത്തിന്റെ കോണുകളുടെ തുക 180^0 ആയിരിക്കും.

വക്രസ്ഥലം രണ്ടു തരത്തിലുണ്ട്. അധിവക്രസ്ഥലവും (Positively Curved), ന്യൂനവക്രസ്ഥലവും (Negatively Curved). അധിവക്രവും ന്യൂനവക്രവുമായ പ്രതലങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം അവയിൽ പരക്കുന്ന ത്രികോണങ്ങളുടെ കോണുകളുടെ തുകകൊണ്ടറിയാം. ഗോളോപരിതലം അധിവക്രസ്ഥലമാണ്. ഗോളോപരിതലത്തിൽ വരയ്ക്കുന്ന ത്രികോണത്തിന്റെ കോണുകളുടെ തുക 180^0-യിൽ കൂടുതലായിരിക്കും. കുതിരച്ചേണകത്തിന്റെ (Saddle Shaped) രൂപം ഉള്ള ഹൈപ്പർബോളയുടെ ഉപരിതലം ന്യൂനവക്രസ്ഥലമാണ്. അതിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ വരയ്ക്കുന്ന ത്രികോണത്തിന്റെ കോണുകളുടെ തുക 180^0-യിൽ കുറവായിരിക്കും. പരന്ന പ്രതലത്തിലെ രണ്ട് ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ദൂരത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്ന രേഖയാണ് ഋജുരേഖ (Straight line). ഗോളത്തിന്റെയും ഹൈപ്പർബോളയുടെയും പ്രതലത്തിലെ രണ്ട് ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിലുള്ള ഏറ്റവും കുറഞ്ഞ ദൂരത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്ന രേഖയാണ് ഭൂഗണിതീയ രേഖ അല്ലെങ്കിൽ ജിയോഡെസിക്.

ഭൂഗണിതീയരേഖ

ഇത് വക്രരേഖയാണ്. ഒരു ഗോളോപരിതലത്തിൽ പിടിക്കുന്ന ചരടിന്റെ പന്ഥാവ് ഭൂഗണിതീയരേഖയായിരിക്കും. കാഷ്മീരിൽനിന്നും കന്യാകുമാരിയിലേക്ക് ഭൂതലത്തിന്റെ വളവിനനുസരിച്ച് കാക്ക പറക്കുന്ന വഴി ഭൂഗണിതീയരേഖയാണ്. രണ്ട് തരത്തിലുള്ള വക്രസ്ഥലങ്ങളെ നമുക്ക് സങ്കല്പിക്കാം.

ഒന്ന്, ഗോളാകൃതം അല്ലെങ്കിൽ അടഞ്ഞ (closed) സ്ഥലം. ഇവിടെ ഗോളോപരിതലത്തിലെ ജ്യാമിതീയനിയമങ്ങളാണ് പ്രസക്തം. മറ്റത് ഹൈപ്പർ ബോളികം അല്ലെങ്കിൽ തുറന്ന (open) സ്ഥലമാണ്. ഇതിന്റെ ജ്യാമിതി ഹൈപ്പർബോളോയുടെ ഉപരിതലത്തിലെ ജ്യാമിതീയനിയമങ്ങൾ അനുസരിക്കുന്നു.

ഐൻസ്റ്റിന്റെ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിക്കുന്നതിന് വളരെ മുമ്പുതന്നെ ചതുർമാന ജ്യാമിതി കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു. 1854-ൽ ജർമ്മൻ ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ജോർജ് ഫ്രഡ്റിച്ച് റീമാൻ (George Friedrich Riemann) ഗോളാകാരചതുർമാനസ്ഥല ജ്യാമിതി വികസിപ്പിച്ചെടുത്തു. 1829-ൽ റഷ്യൻ ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായ നിക്കോളാസ് ഇവാനോവിച്ച് ലൊബാച്ചേവ്സ്കി (Nikolai Ivanovich Lobachevski) ചതുർമാന ഹൈപ്പർബോളയുടെ ജ്യാമിതി മുന്നോട്ട് വച്ചു. ചതുർമാന ഹൈപ്പർബോളിയ ജ്യാമിതി അവതരിപ്പിച്ച മറ്റൊരു ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു ഹംഗറിക്കാരൻ ജാനോസ് ബോളയ് (Janos Bolyai). ചതുർമാനസ്ഥലകാല ജ്യാമിതി ഐൻസ്റ്റിൻ പഠിച്ചത് അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹപാഠിയായിരുന്ന മാഴ്സൽ ഗ്രോസ്മാന്റെ സഹായത്തോടെയായിരുന്നു. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ജ്യാമിതിയാണ്—അത് സ്ഥലകാലത്തിന്റെ ജ്യാമിതിയാണ്. ഐൻസ്റ്റിന്റെ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ രൂപത്തെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. ഒരു ഭൂപ്രദക്ഷിണം നടത്താതെതന്നെ ഭൂമിയുടെ താരതമ്യേന ചെറിയൊരു ഭാഗത്തിന്റെ ജ്യാമിതീയ പഠനംകൊണ്ട് അതിന്റെ ജ്യാമിതീയരൂപം മനസ്സിലാക്കാം. എന്നതുപോലെ ദൂരദർശിനിയുടെ വീക്ഷണപരിധിക്ക് ഉള്ളിലുള്ള പ്രപഞ്ചസ്ഥലത്തിന്റെ ജ്യാമിതി പഠിച്ച് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ജ്യാമിതീയരൂപം തെളിയിക്കാവുന്നതാണ്.

1915-ൽ ഐൻസ്റ്റിൻ അവതരിപ്പിച്ച പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം (General Theory of Relativity) എല്ലാത്തിനും ഉപരിയായി ഒരു ഗുരുത്വസിദ്ധാന്തമാണ്. ഇത് ത്വരിതപ്പെട്ടതും ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് വിധേയമാകുന്നതുമായ ചലനങ്ങളെ ഫലപ്രദമായി വിശദീകരിച്ചു. ഇതിന്റെ കാഴ്ചപ്പാട് തികച്ചും വിപ്ലവാത്മകമായിരുന്നു. ഗുരുത്വം എന്നു പറയുന്നത് ഗലീലിയോയും ന്യൂട്ടനും ധരിച്ചിരുന്ന രീതിയിൽ മറ്റുള്ള ബലങ്ങളെപ്പോലെ ഒരു ബലമാണെന്ന് ചിന്തിക്കരുതെന്ന് ഐൻസ്റ്റിൻ നമ്മോട് പറഞ്ഞു. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിൽ ഗുരുത്വം സ്ഥലത്തിന്റെ ജ്യാമിതിയാണ്. അതുകൊണ്ട് അത് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ജ്യാമിതി ആകുന്നു. ദ്രവ്യത്തിന്റെയോ ഊർജ്ജത്തിന്റെയോ സാന്നിദ്ധ്യം സ്ഥലകാലത്തിൽ വക്രതയുണ്ടാക്കുന്നു. സഞ്ചാരം സുഗമമാക്കുന്നതിനായി വസ്തുക്കൾ ഈ വക്രപഥത്തിലൂടെ

സഞ്ചരിക്കുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ അതിനെ വളച്ച് പിരിക്കുന്നു. സ്ഥലം ദ്രവ്യത്തോട് എങ്ങനെ ചലിക്കണമെന്ന് പറയുന്നു; ദ്രവ്യം സ്ഥലത്തോട് എങ്ങനെ വളയണമെന്ന് പറയുന്നു. ഈ വക്രതയുള്ള ഭ്രമണപഥത്തിലൂടെയാണ് ഭൂമിയെപ്പോലെയുള്ള ഗ്രഹങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ഗുരുത്വാകർഷണ ബലംകൊണ്ടല്ല ഭൂമിയെപ്പോലുള്ള വസ്തുക്കൾ വക്രപഥത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്നത്. പകരം അവ വക്രതയുള്ള സ്ഥലത്തിലൂടെ ഏറ്റവും അടുത്ത വസ്തുവിലേക്ക് ഭൂഗണിതീയരേഖയിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുകയാണ്. ചതുർമാനസ്ഥലകാലത്തിൽ ഭൂമി നേർരേഖയിലൂടെയാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നതെങ്കിലും സൂര്യന്റെ ദ്രവ്യമാനം സ്ഥലകാലങ്ങളെ വളയ്ക്കുന്നതുകൊണ്ട് അത് ത്രിമാനസ്ഥലത്തിൽ വൃത്താകാരമായ പഥത്തിലൂടെയാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത്.

ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണനിയമങ്ങൾക്ക് ഗ്രഹങ്ങളുടെ ചലനങ്ങൾ കൃത്യമായി വിശദീകരിക്കുവാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. അതിലൊന്നായിരുന്നു ബുധന്റെ ചലനത്തിൽ നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ട പൊരുത്തക്കേട്. സൂര്യന്റെ ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള ഗ്രഹമാണ് ബുധൻ. ബുധചലനം ഐൻസ്റ്റിന്റെ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് കൃത്യമായി കണക്കു കൂട്ടി. ഇത് അദ്ദേഹത്തിന്റെ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ആദ്യത്തെ സ്ഥിരീകരണമായിരുന്നു. അടുത്തകാലത്ത് ബുധൻ ഉൾപ്പെടെയുള്ള മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളുടെ ഭ്രമണപഥങ്ങളുടെ വ്യതിയാനങ്ങൾ റഡാർ ഉപയോഗിച്ച് നിർണ്ണയിച്ചപ്പോൾ അത് പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പ്രവചിച്ചതുപോലെതന്നെയായിരുന്നു.

പ്രകാശരശ്മി സാധ്യമായതിൽ ഏറ്റവും ഹ്രസ്വമായ പാതയിലൂടെയാണ് സഞ്ചരിക്കുവാൻ ശ്രമിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട് പ്രകാശരശ്മികളും ഭൂഗണിതീയരേഖയിലൂടെയാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത്. സ്ഥലം വക്രിതമായതുകൊണ്ട് ഋജുരേഖയിലൂടെയല്ല പ്രകാശസംചരണം. അതുകൊണ്ട് ഐൻസ്റ്റിന്റെ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഗുരുത്വാകർഷണക്ഷേത്രം (Gravitational Field) പ്രകാശരശ്മികളെയും വളയ്ക്കണം. ദൂരെയുള്ള ഒരു നക്ഷത്രത്തിൽനിന്ന് സൂര്യന്റെ തൊട്ടടുത്തുകൂടി വരുന്ന ഒരു പ്രകാശരശ്മി എത്ര കണ്ട് വളയുമെന്ന് ഐൻസ്റ്റിൻ കണക്കാക്കി. 1.75 സെക്കൻറ് എന്ന് കിട്ടുകയും ചെയ്തു. സാധാരണ പരിതഃസ്ഥിതികളിൽ ഐൻസ്റ്റിന്റെ സിദ്ധാന്തം തെളിയിക്കുന്നതിന് പ്രായോഗികമായ പ്രതിബന്ധമുണ്ടായിരുന്നു. സൂര്യന്റെ തേജസ്സ് കാരണം ചുറ്റുമുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളെ പകൽ നമുക്ക് കാണാൻ സാധ്യമല്ലല്ലോ? പക്ഷേ, സമ്പൂർണ്ണമായ ഒരു സൂര്യഗ്രഹണം വരുമ്പോൾ പകൽസമയത്തുപോലും നക്ഷത്രങ്ങളെ സ്പഷ്ടമായി കാണാൻ കഴിയും. ഈ സൗകര്യം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി ഐൻസ്റ്റിന്റെ പ്രവചനം ശരിയാണോ എന്ന് പ്രസിദ്ധ ബ്രിട്ടീഷ് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരായിരുന്ന ആർതർ സ്റ്റാൻലി എഡിങ്ടണും സർ ഫ്രാങ്ക് ഡൈസണും പരിശോധിച്ചു. 1919 മെയ് 29-ന് ഒരു സൂര്യഗ്രഹണം ഉണ്ടായിരുന്നു. പശ്ചിമാഫ്രിക്കയിലെ പ്രിൻസിപ്പ് ദ്വീപിലും ബ്രസീലിലെ സോബ്രാലിലും ഈ സൂര്യഗ്രഹണം സമ്പൂർണ്ണമാകുമെന്ന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് അറിയാമായിരുന്നു. ഈ

രണ്ട് സ്ഥലത്തുവച്ചും സൂര്യഗ്രഹണം നിരീക്ഷിക്കാൻ രണ്ട് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്ര സംഘത്തെ ബ്രിട്ടൻ അയച്ചു. പ്രിൻസിപ്പാദീപിലേക്ക് പോയ സംഘത്തിന്റെ തലവൻ എഡിങ്ടണും ബ്രസീലിൽ പോയ സംഘത്തിന്റെ തലവൻ ഡൈസണുമായിരുന്നു. സമ്പൂർണ്ണ സൂര്യഗ്രഹണസമയത്ത് ഹൈയഡസ് (Hyades) നക്ഷത്രക്കൂട്ടത്തിലെ ഏറ്റവും ശോഭയുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്ന് വരുന്ന പ്രകാശരശ്മികൾ സൂര്യന്റെ അടുത്തുകൂടെ വരുമ്പോൾ വളയുന്നതായി രണ്ട് സംഘങ്ങളും കണ്ടു. അവർ അതിന്റെ ഫോട്ടോകളെടുത്തു. രണ്ട് സംഘങ്ങളുടെയും നിരീക്ഷണങ്ങൾ ഒത്തു നോക്കിയപ്പോൾ ഐൻസ്റ്റിന്റെ പ്രവചനപ്രകാരം പ്രകാശരശ്മികൾ 1.75 സെക്കൻറ് വളഞ്ഞതായി കണ്ടു. പില്ക്കാലത്ത് നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങളുടെയും ഫലം ഏതാണ്ട് ഇതു തന്നെയായിരുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണം പ്രകാശത്തെ വളയ്ക്കുന്നു എന്ന് തെളിഞ്ഞു. ഈ പരീക്ഷണം മറ്റൊരു കാര്യംകൂടി വ്യക്തമാക്കി. സൂര്യന്റെ ദ്രവ്യമാനം അതിന്റെ ചുറ്റുമുള്ള സ്ഥലത്തെ വക്രീകരിക്കുന്നു.

അതിശക്തമായ ഗുരുത്വക്ഷേത്രത്തിൽപ്പെട്ട അണുക്കളുടെ കമ്പനം മന്ദീഭവിക്കണം. വെള്ളക്കുള്ളൻ (White Dwarf) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒരുതരം നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഇതിനാവശ്യമായത്ര ശക്തമായ ഗുരുത്വക്ഷേത്രമുണ്ട്. വെള്ളക്കുള്ളൻ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ വർണ്ണരാജി പരിശോധിച്ചുനോക്കിയപ്പോൾ ഇത് ശരിയാണെന്ന് തെളിഞ്ഞു. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ മറ്റൊരു പ്രവചനം തമോഗർത്തങ്ങളുടെ അസ്തിത്വമാണ്. ഇന്ന് നമുക്കറിയാം തമോഗർത്തങ്ങൾ ഒരു യാഥാർത്ഥ്യമാണെന്ന്. ഭൂമിയെപ്പോലെ ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുക്കൾക്ക് സമീപം കാലം സാവധാനത്തിലാകുമെന്ന് പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പ്രവചിക്കുകയുണ്ടായി. ഇതിന് കാരണം പ്രകാശത്തിന്റെ ഊർജ്ജവും അതിന്റെ ആവൃത്തിയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധമാണ്. ഊർജ്ജം കൂടുമ്പോൾ ആവൃത്തി കൂടുമല്ലോ? ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണവലയത്തിൽ പ്രകാശം മുകളിലോട്ട് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ അതിന് ഊർജ്ജനഷ്ടം ഉണ്ടാകുന്നതുകൊണ്ട് അതിന്റെ ആവൃത്തി കുറയുന്നു. ഇതിനർത്ഥം തരംഗദൈർഘ്യം കൂടുന്നു എന്നാണ്. അതായത് തരംഗശീർഷങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള സമയ ദൈർഘ്യം കൂടുന്നു. മുകളിലിരിക്കുന്ന ഒരാൾക്ക് താഴെ നടക്കുന്ന എല്ലാ സംഭവങ്ങളും സാവധാനം നടക്കുന്നതായി അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രവചനം 1962-ൽ കൃത്യതയുള്ള രണ്ട് ക്ലോക്കുകളിലൊന്ന് ഉയരത്തിലും മറ്റേത് താഴെയും വച്ച് നിരീക്ഷിക്കുകയുണ്ടായി. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പ്രസ്താവിച്ചതുപോലെ താഴെ വച്ചിരുന്ന ക്ലോക്ക് സാവധാനത്തിൽ ഓടുന്നതായി കണ്ടു.

ഗുരുത്വഭൗതികവും വക്രസ്ഥല ജ്യാമിതിയും സംയോജിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തെ പഴയ കാഴ്ചപ്പാടുകളിൽനിന്നും മോചിപ്പിച്ചു. പ്രപഞ്ചം അനന്തവും അതിരില്ലാത്തതുമാണോ? അതോ അത് സാന്തവും അതിരുള്ളതുമാണോ? ഈ ചോദ്യം മനുഷ്യന്റെ മനസ്സിൽ എക്കാലവും നിലനിന്നിരുന്നു. അനന്തപ്രപഞ്ചത്തിലാണ് പൊതുവെ എല്ലാവരും വിശ്വസിച്ചിരുന്നത്. ഈ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഐൻസ്റ്റിന്റെ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം മറുപടി നല്കുന്നു. അനന്തപ്രപഞ്ചം വലുതാണെന്ന് മാത്രമല്ല അത് ആദിയും അന്ത്യവും ഇല്ലാത്തതാണ്. പ്രപഞ്ചം അനന്തമാണെന്ന

തിനർത്ഥം അത് എല്ലാക്കാലവും മാറ്റമില്ലാതെ നിലനിന്നു വെന്നും അത് എല്ലാക്കാലവും നിലനില്ക്കുമെന്നുമാണ്. അനന്തപ്രപഞ്ചം മാറ്റമില്ലാത്ത പ്രപഞ്ചമാണ്. അനന്തമായ പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഓരോ ബിന്ദുവും ഒരു കേന്ദ്രബിന്ദുവായി കണക്കാക്കാം. കാരണം, ഓരോ ബിന്ദുവിനു ചുറ്റും അനന്തകോടി നക്ഷത്രങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും. ഭൂമിയും സൂര്യനും ചന്ദ്രനുമെല്ലാം പ്രപഞ്ചകേന്ദ്രത്തിലായിരിക്കും. അത്തരം ഒരു പ്രപഞ്ചത്തിൽ നമ്മൾ ഓരോരുത്തരും പ്രപഞ്ചകേന്ദ്രമാണ്.

അനന്തപ്രപഞ്ചത്തിൽ അനന്തഎണ്ണം നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഗുരുത്വാകർഷണം അനന്തമാണ്. അങ്ങനെ വന്നാൽ പ്രാദേശിക ഗുരുത്വത്തെ അത് ഗ്രസിക്കും. അപ്പോൾ നമ്മുടെ സൗരയൂഥത്തിന്റെയും നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും നിലനില്പ് അപകടത്തിലാകും. ഈ പ്രശ്നം ഐസക് ന്യൂട്ടനെയും അലട്ടിയിരുന്നു. വ്യക്തമായ ഉത്തരം കണ്ടെത്താൻ കഴിയാതെ വന്നപ്പോൾ അദ്ദേഹം നക്ഷത്രങ്ങൾ താഴെ വീഴാതിരിക്കുന്നത് ദൈവത്തിന്റെ കൃപകൊണ്ടാണെന്ന് പറഞ്ഞു.

മറ്റൊരു പ്രശ്നം അനന്തപ്രപഞ്ചത്തിൽ അനന്തയെണ്ണം നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്നുള്ള പ്രകാശം നിശാകാശത്തെ പ്രകാശപൂരിതമാക്കും എന്നതായിരുന്നു. അതായത് രാത്രിയും പകലും ഉണ്ടാകില്ലെന്നർത്ഥം. പ്രസിദ്ധ ജർമ്മൻ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന വിൽഹെം ഓൾബേഴ്സ് (Wilhelm Olbers) അനന്തവും അചരവുമായ പ്രപഞ്ചത്തിനെതിരായി അദ്ഭുതകരമായ ഒരു കണ്ടുപിടിത്തം നടത്തി. ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തെ ഓൾബേഴ്സ് വിരോധാഭാസം (Olbers Paradox) എന്നാണ് പറയുന്നത്. അനന്തപ്രപഞ്ചത്തിൽ ഏറെക്കുറെയെങ്കിലും ഏകസമാനമായി അനന്തം നക്ഷത്രങ്ങൾ വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ഭൂമിയിൽനിന്നു നോക്കുമ്പോൾ ഏതു ദിശയിലും ഒരു നക്ഷത്രമെങ്കിലും ഉണ്ടായിരിക്കണം. ഓരോ നക്ഷത്രത്തിൽനിന്നും വരുന്ന പ്രകാശം എത്രതന്നെ ചെറുതായാലും അനന്തനക്ഷത്രങ്ങളുണ്ടെങ്കിൽ ആകാശം മുഴുവനും രാത്രിയിൽപോലും പ്രകാശിക്കണം. യഥാർത്ഥത്തിൽ നിരീക്ഷിക്കപ്പെടുന്നത് ഇങ്ങനെയല്ല. ഓൾബേഴ്സ് വെച്ച ബദൽ നിർദ്ദേശം രസകരമാണ്. ദൂരെയുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്നു വരുന്ന പ്രകാശം ഇടയ്ക്കുള്ള വസ്തുക്കൾ ആഗിരണം ചെയ്യുമെന്നും അതുകൊണ്ടാണ് നിശാകാശം ഇരുണ്ടതായി കാണുന്നതെന്നുമാണ്. എന്നാൽ യഥാർത്ഥ വസ്തുത നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്നു വരുന്ന പ്രകാശത്തെ ഇടയ്ക്കുള്ള വസ്തുക്കൾ ആഗിരണം ചെയ്താൽ അവ ചൂടുപിടിക്കുകയും ഒടുവിൽ നക്ഷത്രങ്ങളെപ്പോലെ പ്രകാശിക്കുകയുംചെയ്യും. നിശാകാശം പകൽപോലെയിരിക്കും. അതുകൊണ്ടാണ് ഓൾബേഴ്സിന്റെ നിർദ്ദേശത്തെ വിരോധാഭാസമായി വിശേഷിപ്പിച്ചത്.

എന്തുകൊണ്ട് നിശാകാശം ഇരുണ്ടിരിക്കുന്നു? ഉത്തരം ഇന്ന് നമുക്ക് വ്യക്തമായി അറിയാം. പ്രപഞ്ചവികാസത്തിന്റെ ഫലമായി വിദൂരസ്ഥ ഗാലക്സികൾ ഉൽസർജ്ജിക്കുന്ന വികിരണത്തിന്റെ ഊർജ്ജം നഷ്ടപ്പെടുന്നു. എത്രത്തോളം വിദൂരസ്ഥമാണോ അത്രത്തോളം ഊർജ്ജനഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നു. അതിവിദൂരസ്ഥമായ ഗാലക്സികളിൽനിന്നുള്ള പ്രകാശം നേരിയതോതിലെ എത്തിച്ചേരുന്നുള്ളു. അതുപോലെ നക്ഷത്രങ്ങൾ ഏകസമാനമായി

വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുകയല്ല. നക്ഷത്രങ്ങൾ ഗാലക്സികളിൽ കൂട്ടമായിട്ടാണ് കാണുന്നത്. അതുകൊണ്ട് പ്രകാശം ഒരേപോലെ എത്തിച്ചേരുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നതുകൊണ്ടും നക്ഷത്രങ്ങൾ ഏകസമാനമായി വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടില്ലാത്തതുകൊണ്ടുമാണ് നിരീക്ഷിത പ്രപഞ്ചത്തിലെ പ്രകാശത്തിന് രാത്രിയിൽ ആകാശത്തെ പ്രഭാപൂരിതമാക്കാൻ കഴിയാത്തത്. ഇന്ന് നമ്മൾക്കറിയാം, അനന്തപ്രപഞ്ചമായാലും മിക്കവാറും പ്രകാശത്തിന് ഭൂമിയിലെത്തിച്ചേരാൻ കഴിയില്ലെന്ന്. അതുകൊണ്ട് അനന്തപ്രപഞ്ചമായാലും നിശാകാശം ഇരുണ്ടിരിക്കും.

1915-ൽ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിക്കുന്ന തിനു മുമ്പ് സ്ഥലവും കാലവും സ്ഥിരവേദിയാണെന്നും അവിടെ നടക്കുന്ന സംഭവങ്ങൾ സ്ഥലത്തെയും കാലത്തെയും യാതൊരു തരത്തിലും സ്വാധീനിക്കുകയില്ലെന്നും കരുതപ്പെട്ടു. വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തപ്രകാരം പോലും ഇതു ശരിയായിരുന്നു. വസ്തുക്കൾ ചലിക്കുമ്പോൾ അവ തമ്മിൽ ആകർഷിക്കപ്പെടുകയും വികർഷിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ സ്ഥലവും കാലവും യാതൊരു മാറ്റത്തിനും വിധേയമാകാതെ അനുസ്യൂതം തുടരുന്നു. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ കാഴ്ചപ്പാട് ഇതിൽ നിന്നും തികച്ചും വ്യത്യസ്തമാണ്. സ്ഥലവും കാലവും വളരെ ചലനാത്മകമായ പരിമാണങ്ങളാണ്. ഒരു വസ്തു ചലിക്കുമ്പോൾ അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ബലം പ്രയോഗിക്കുമ്പോൾ അത് സ്ഥലകാലത്തിന്റെ വക്രതയെ ബാധിക്കുന്നു. തിരിച്ച് വസ്തു സഞ്ചരിക്കുന്നതും ബലം പ്രയോഗിക്കുന്നതുമായ രീതിക്കനുസരിച്ചും സ്ഥലകാലത്തിന്റെ ഘടനയിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നു. എന്നുമാത്രമല്ല പ്രപഞ്ചത്തിൽ നടക്കുന്ന എല്ലാ സംഭവങ്ങളും സ്ഥലകാലത്തിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാക്കുന്നു. സ്ഥലത്തെയും കാലത്തെയുംകുറിച്ച് ധാരണ ഇല്ലാത്ത ഒരാൾക്ക് പ്രപഞ്ചത്തിലെ സംഭവങ്ങളെക്കുറിച്ച് സംസാരിക്കാൻ കഴിയാത്തതുപോലെ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിൽ പ്രപഞ്ചപരിധിക്കപ്പുറത്തുള്ള സ്ഥലത്തെയും കാലത്തെയുംപറ്റി പറയുന്നതും അർത്ഥ രഹിതമാണ്. ദ്രവ്യമില്ലാതെ സ്ഥലകാലമില്ല. സ്ഥലകാലമില്ലാതെ ദ്രവ്യമില്ല. പ്രപഞ്ചത്തിനൊരറ്റം ഉണ്ടെന്ന് സങ്കല്പിക്കുവാൻ പ്രയാസമാണ്. 14-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ചൈനയിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന ലീയുചി(Liu chi) പ്രസക്തമായൊരു ചോദ്യം ഉന്നയിച്ചു: "സ്വർഗ്ഗത്തിന് അതിരുണ്ടെങ്കിൽ അതിനപ്പുറം എന്താണ്" സ്ഥലത്തിന് അവസാനം ഉണ്ടെന്ന് സങ്കല്പിക്കാൻ പൗരാണിക ഗ്രീക്ക് ചിന്തകന്മാരും തയ്യാറായിരുന്നില്ല.

പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പ്രപഞ്ചത്തെയാകെ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നു. ഈ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചം സ്വാന്തവും അതിരില്ലാത്തതു മാണ്. സ്വാന്തവ്യാപ്തസ്ഥലത്ത് സ്വാന്തയെണ്ണം നക്ഷത്രങ്ങൾ മാത്രമാണുള്ളതെന്ന് അത് സമർത്ഥിച്ചു. ദ്രവ്യം സ്ഥലത്തെ വക്രാകാരമാക്കുമെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചത്തിലെ മൊത്തം ഗാലക്സികളുടെ ദ്രവ്യം പ്രപഞ്ചസ്ഥലത്തെയാകെ വക്രാകാരമാക്കണം. അതിന്റെ ഫലം അടഞ്ഞ ചതുർമാനഗോള പ്രപഞ്ചമാണ്. ഏത് നിരീക്ഷകരും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ എവിടെനിന്ന് നോക്കിയാലും ഗാലക്സികൾ അഗാധസ്ഥലത്തിൽ എല്ലാ ദിശയിലും വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്നതായി കാണാം. അയാൾ സ്ഥലത്തിനൊരറ്റം ഇല്ലെന്ന നിഗമനത്തിലെത്തും. എന്നാൽ അടഞ്ഞ പ്രപഞ്ചത്തിൽ(closed) ആകെയുള്ള സ്ഥലം

സ്വാന്തമാണ്. സാഹസികനായ ഒരു സഞ്ചാരി തിരുവനന്ത പുരത്തുനിന്നും തിരിച്ച് നേരേ വടക്കോട്ടുതന്നെ നിരന്തരം സഞ്ചരിച്ചാൽ അയാൾ ഭൂമിയെ ചുറ്റി വീണ്ടും തിരുവനന്തപുരത്ത് എത്തുന്നതുപോലെ ഒരു അതിസാഹ സികനായ ബഹിരാകാശസഞ്ചാരി എല്ലാ ഗാലക്സികളും സന്ദർശിച്ച് നമ്മുടെ ഗാലക്സിയിൽ തിരിച്ചെത്തും. അയാൾ ഒരിക്കലും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അറ്റം കാണില്ല. ഇത് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലംപോലെ സ്വാന്തവും അതിരില്ലാത്തതുമാണ്. അതുകൊണ്ട് അടഞ്ഞ പ്രപഞ്ചം സ്വാന്തവും അതിരില്ലാത്തതുമാണ്. പ്രപഞ്ചം യൂക്ലിഡിയൻ ജ്യാമിതിയെയോ ലെബച്ചോവ്സ്കിയുടെ ജ്യാമിതി യെയോ ആണ് അനുസരിക്കുന്നതെങ്കിൽ അതിന്റെ അനന്തരഫലങ്ങൾ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കുമെന്ന് ഐൻസ്റ്റിൻ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. പ്രപഞ്ചം ഹൈപ്പർ ബോളികവും തുറന്നതും അല്ലെങ്കിൽ ഗോളാകൃതവും അടഞ്ഞതുമാണോ എന്ന ചോദ്യത്തിന് ഉത്തരം കാണാതെ അവശേഷിക്കുകയാണ്. എന്നാൽ ഐൻസ്റ്റിന്റെ സ്വാന്തവും അതിരില്ലാത്ത തുമായ പ്രപഞ്ചം പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിൽ പുതിയൊരു ചിന്താസരണി വെട്ടിത്തുറന്നു. അത് അർത്ഥപൂർണ്ണമായ ചർച്ചയ്ക്ക് ഇടയാക്കി.

സ്ഥലത്തെയും കാലത്തെയുംകുറിച്ചുള്ള ഈ പുതിയ അറിവ് നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചവീക്ഷണത്തിൽ വിപ്ലവാത്മകമായ ഒരു മുന്നേറ്റമായിരുന്നു. എല്ലാക്കാലവും നിലനിന്നിരുന്നതും തുടർന്നും എക്കാലവും നിലനിന്നേക്കാവുന്നതുമായ മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകാത്ത ഒരു പ്രപഞ്ചം എന്ന പഴയ ആശയത്തെ മാറ്റി പകരം പ്രപഞ്ചം ചലനാത്മകവും വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതുമാണെന്ന ആശയം സ്ഥാപിക്കപ്പെട്ടു. എന്നുമാത്രമല്ല, ഗതികവും വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതുമായ പ്രപഞ്ചം ഒരു നിശ്ചിത കാലത്താണ് ആരംഭിച്ചതെന്നും ഭാവിയിലത് നിശ്ചിത സമയത്ത് അവസാനിക്കുമെന്നും തെളിഞ്ഞു. പ്രപഞ്ചത്തിന് ആദിയും അന്തവുമുണ്ടെന്ന് ചിന്തിക്കാൻ തുടങ്ങി. ഐൻസ്റ്റിന്റെ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഭൂതകാലത്ത് ഒരു നിശ്ചിത സമയത്ത് ആരംഭിച്ച പ്രപഞ്ചം ഭാവിയിൽ ഒരു നിശ്ചിത സമയത്ത് അവസാനിക്കും. നാം ജീവിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മാതൃകകൾ നിർമ്മിക്കുന്നതിന് ഐൻസ്റ്റിൻ നല്കിയ ഗണിതശാസ്ത്രപരമായ ആയുധമാണ് പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം. അത് പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തെ തത്ത്വചിന്തകന്മാരുടെയും അതിഭൗതികവാദികളുടെയും പിടിയിൽനിന്ന് മോചിപ്പിച്ച് അതിനെ ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഭാഗമാക്കി. ലോകപ്രശസ്ത ബ്രിട്ടീഷ് ഗണിത ശാസ്ത്രജ്ഞനായ റോജർ പെൻറോസ് പൊതു ആപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തത്തിൽ 1965-ൽ നടത്തിയ ഗവേഷണങ്ങളിൽ തെളിയിച്ചത് പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കവും ഒടുക്കവും ഉണ്ടെന്നാണ്. പ്രപഞ്ചം ഒരു മഹാവിസ്ഫോടന വൈചിത്ര്യത്തിൽ (Big bang singularity) ആരംഭിച്ച് ഒരു മഹാവിഭേദന വൈചിത്ര്യത്തിൽ (Big crunch singularity) അവസാനിക്കുന്നു.

വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചം

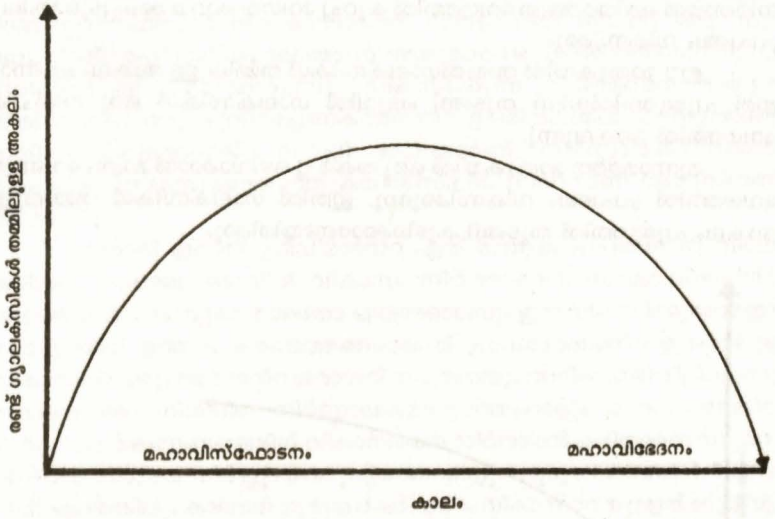
പ്രകൃതി ചലനത്തിൽ ജീവിക്കുന്നു. ചലനമാണ് പ്രകൃതിയുടെ നില നില്പിനാധാരം. ജീവന്റെ ഏക ലക്ഷണം ചലനമാണ്. ആധുനിക പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിന് തുടക്കം കുറിച്ചത് 1917-ൽ പൊതു ആപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഐൻസ്റ്റിൻ പ്രസിദ്ധീകരിച്ച പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രസംബന്ധമായ പ്രബന്ധങ്ങളായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മൊത്തത്തിലുള്ള ഗുണധർമ്മങ്ങൾ വിവരിക്കാനായി ഐൻസ്റ്റിൻ വളരെ സുപ്രധാനമായ ഒരുസെറ്റ് സമീകരണങ്ങൾ ഈ പ്രബന്ധത്തിൽ നല്കിയിട്ടുണ്ട്. ഈ സമീകരണങ്ങൾ ക്ഷേത്രസമീകരണങ്ങൾ (Field Equations) എന്ന പേരിലാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. ഐൻസ്റ്റിൻ അവതരിപ്പിച്ച പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മാതൃക വളരെ ലളിതമാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിൽ നെബുലകൾ, ഗാലക്സികൾ, നക്ഷത്രങ്ങൾ എന്നീ രൂപത്തിലെല്ലാം ദ്രവ്യം ഏറിയും കുറഞ്ഞും സംഘനിതമായിട്ടാണ് നിലകൊള്ളുന്നതെങ്കിലും മൊത്തത്തിൽ ദ്രവ്യം ഏകസമാനമായി സ്ഥലത്തിൽ വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഐൻസ്റ്റിന്റെ പ്രപഞ്ചം ഒരു ഗോളോപരിതലംപോലെ അടഞ്ഞതാണ്. അതിന് അതിരുകളില്ല. തടസ്സപ്പെടാതെ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രകാശരശ്മി ഈ പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഒരു വൃത്തത്തിലൂടെ സഞ്ചരിച്ച് അത് തിരിച്ചയിടത്ത് തിരിച്ചെത്തും. ഐൻസ്റ്റിന്റെ സമീകരണങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കിയത് നാം ജീവിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചമാണെന്നാണ്. എന്നാൽ ഐൻസ്റ്റിൻതന്നെ തന്റെ പ്രപഞ്ചം അചരമാണെന്ന് സങ്കല്പിച്ചു. ഇതിന് കാരണം അദ്ദേഹത്തിന്റെ മതവിശ്വാസമായിരുന്നു. ഒരു അചര പ്രപഞ്ച മാതൃക സൃഷ്ടിക്കുന്നതിനു വേണ്ടി ഐൻസ്റ്റിൻ അദ്ദേഹത്തിന്റെ സമീകരണത്തിൽ ഒരു പ്രാപഞ്ചികസ്ഥിരാങ്കം (Cosmological Constant) ഉൾപ്പെടുത്തി. ലാംഡ (lambda) എന്ന ഗ്രീക്ക് അക്ഷരമാണ് പ്രാപഞ്ചിക സ്ഥിരാങ്കത്തെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത്. പ്രപഞ്ചത്തിലുള്ള മൊത്തം ദ്രവ്യാത്മകവസ്തുക്കളുടെ പരസ്പരാകർഷണം സംതുലനം ചെയ്യുവാനാണ് പ്രാപഞ്ചികസ്ഥിരാങ്കം ഐൻസ്റ്റിൻ ഉപയോഗിച്ചത്. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ പ്രപഞ്ച വ്യാസാർദ്ധം കാലത്തിന്റെ മുന്നോട്ടുള്ള പ്രയാണത്തിൽ സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നതിന് വേണ്ടിയാണ് സ്ഥിരാങ്കം ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടത്. പ്രാപഞ്ചികസ്ഥിരാങ്കം ഉൾപ്പെടുത്തിയതോടെ ഐൻസ്റ്റിന്റെ ചരപ്രപഞ്ചം ഒരചരപ്രപഞ്ചമായി മാറി.

ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ബൗദ്ധിക വിപ്ലവങ്ങളിലൊന്നായിരുന്നു പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നു എന്ന കണ്ടുപിടിത്തം. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നു എന്ന യാഥാർത്ഥ്യം 17-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ന്യൂട്ടനുതന്നെ പ്രവചിക്കാമായിരുന്നു. ന്യൂട്ടന്റെ ഒന്നാം ചലനനിയമം സ്ഥലത്തിൽ കേവലമൊരു സ്ഥാനം ഇല്ലെന്ന് വ്യക്തമാക്കിയിരുന്നു. സ്ഥലത്തിൽ കേവലമൊരു സ്ഥാനം ഇല്ലെങ്കിൽ സ്ഥലം കേവലമല്ലെന്നാണ് അർത്ഥം. സ്ഥലം കേവലമല്ലെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നു എന്നാണ് വ്യംഗ്യാർത്ഥം. എന്നാൽ ന്യൂട്ടനും അചരവും അനന്തവുമായ ഒരു പ്രപഞ്ചത്തെയാണിഷ്ടപ്പെട്ടത്. പ്രപഞ്ചം വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു എന്നതിന് സൈദ്ധാന്തികവും നിരീക്ഷിതവുമായ വ്യക്തമായ തെളിവുകളുണ്ടെങ്കിലും പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നു എന്ന യാഥാർത്ഥ്യം ഇന്നും പലരും അംഗീകരിക്കുന്നില്ല.

1922-ൽ റഷ്യൻ ഭൗതികജ്ഞനും ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനുമായിരുന്ന അലക്സാണ്ടർ ഫ്രീഡ്മാൻ (Alexander Friedmann) ഐൻസ്റ്റിന്റെ ക്ഷേത്രസമീകരണത്തിലെ തെറ്റുകൾ കണ്ടുപിടിക്കുകയും അതിനെ മതവിശ്വാസത്തിന്റെ ചങ്ങലക്കെട്ടുകളിൽനിന്ന് സ്വതന്ത്രമാക്കുകയും ആപേക്ഷികതാപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ യഥാതഥമായ വിവരണം നല്കുകയും ചെയ്തു. ഫ്രീഡ്മാന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തെ തുടർന്ന് ഐൻസ്റ്റിൻ തനിക്ക് പറ്റിയ തെറ്റ് സമ്മതിച്ചു. അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു: "എനിക്ക് പറ്റിയ മഹാബദ്ധമായിരുന്നു ക്ഷേത്രസമീകരണങ്ങളിൽ പ്രാപഞ്ചികസ്ഥിരാങ്കം ഉൾപ്പെടുത്തിയത്."

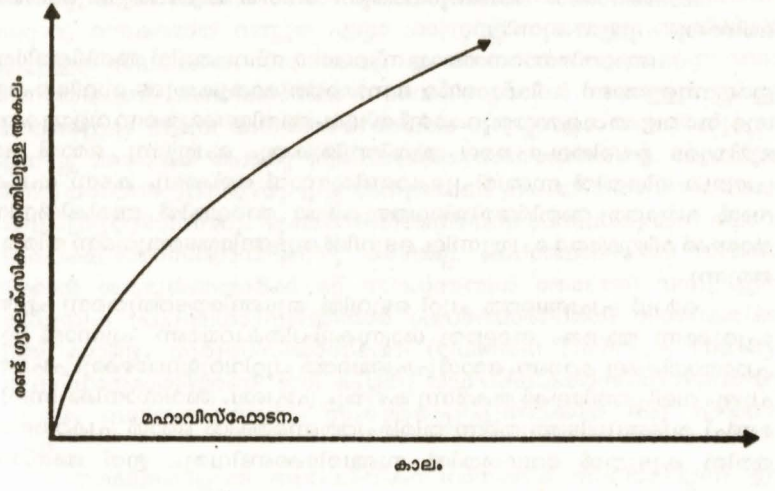
ഫ്രീഡ്മാന്റെ മാതൃകയിൽ എല്ലാ ഗാലക്സികളും നമ്മിൽനിന്ന് അന്യോന്യം ഋജുവായി അകന്നുപോകുന്നു. ഉപരിതലത്തിൽ ധാരാളം ചായത്തിന്റെ കുത്തുകൾ വരച്ചിട്ടുള്ള ഒരു ബലൂണിനെ സങ്കല്പിക്കുക. അത് ഊതി വീർപ്പിക്കുക. ഓരോ പുള്ളിക്കുത്തും മറ്റുള്ളവയിൽനിന്ന് അകന്നകന്ന് പോകുന്നതു കാണാം. ഈ പുള്ളിക്കുത്തുകൾ വളരെ അകന്നിരിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ വേഗതയും വർദ്ധിക്കുന്നു. ഇതുപോലെ ഫ്രീഡ്മാന്റെ മാതൃകയിൽ രണ്ട് ഗാലക്സികൾ തമ്മിൽ അകലുന്ന വേഗത അവ തമ്മിലുള്ള അകലത്തിന് ആനുപാതികമാണ്. ഹബിളിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തിന് മുൻപ് 1922-ൽ ഫ്രീഡ്മാൻ ഗാലക്സികളുടെ ചുവപ്പ് നീക്കം (Red shift) നമ്മിൽനിന്ന് അതിനുള്ള അകലത്തിന് ആനുപാതികമാണെന്ന് പ്രവചിച്ചു. 1920-കളിൽ ഹബിൾ നടത്തിയ നിരീക്ഷണങ്ങൾ ഫ്രീഡ്മാന്റെ പ്രവചനങ്ങൾ ശരി വയ്ക്കുകയുണ്ടായി. പ്രപഞ്ചത്തെ നാം ഏതു ദിശയിൽനിന്ന് നോക്കിയാലും ഒരേ രൂപത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നതുകൊണ്ടും പ്രപഞ്ചത്തെ മറ്റെവിടെനിന്ന് നോക്കിയാലും ഒരേപോലെ ഇരിക്കുന്നതുകൊണ്ടും പ്രപഞ്ചം അചരമാണെന്ന് കരുതിക്കൂടാ എന്ന് ഫ്രീഡ്മാൻ നമ്മോട് പറഞ്ഞു. ഫ്രീഡ്മാൻ മൂന്ന് വ്യത്യസ്തതരം പ്രപഞ്ചമാതൃകകൾ അവതരിപ്പിച്ചു.

ഒന്നാമത്തെ മാതൃകയിൽ പ്രപഞ്ചം വളരെ സാവധാനമാണ് വികസിക്കുന്നത്. ഇതിൽ ഗാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണബലം വികാസത്തെ കുറച്ചുകുറച്ച് ഇല്ലാതാക്കുന്നു. അതിനുശേഷം ക്രമേണ ഗാലക്സികൾ അടുക്കുകയും പ്രപഞ്ചം ചുരുങ്ങാൻ തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു.



കാലത്തിനനുസരിച്ച് രണ്ട് അയൽഗാലക്സികളുടെ അകലം എങ്ങനെ മാറുന്നു എന്ന് കാണാം. ഇത് പൂജ്യത്തിൽനിന്ന് തുടങ്ങി കൂടിക്കൂടി പരമാവധിവരെ എത്തി പിന്നിട് പൂജ്യത്തിലേക്കുതന്നെ കുറഞ്ഞുവരുന്നു.

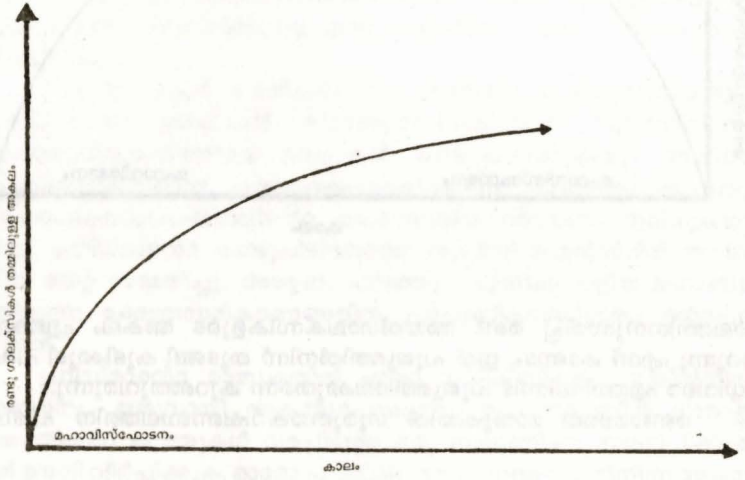
രണ്ടാമത്തെ മാതൃകയിൽ ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തിന് പിടിച്ചു



നിർത്താൻ കഴിയാത്തത്ര വേഗത്തിൽ കുറച്ച് വേഗത കുറയ്ക്കപ്പെടുമെങ്കിലും പ്രപഞ്ചം വികസിക്കും.

ഈ മാതൃകയിൽ അയൽഗാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള അകലം കാണാം. ഇത് പൂജ്യത്തിൽനിന്ന് തുടങ്ങി ഒടുവിൽ ഗാലക്സികൾ ഒരു നിശ്ചിത വേഗത്തിൽ അകലുന്നു.

മൂന്നാമത്തെ മാതൃകയിൽ ഒരു തകർച്ച ഒഴിവാക്കാൻ മാത്രം വേണ്ടത്ര വേഗത്തിൽ പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നു. ഇതിൽ ഗാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള അകലം പൂജ്യത്തിൽ തുടങ്ങി കൂടിക്കൊണ്ടേയിരിക്കും.



ഗാലക്സികൾ അകന്നുപോകുന്ന വേഗത കുറഞ്ഞുവരുമെങ്കിലും ഒരിക്കലും പൂജ്യമാകുന്നില്ല.

പ്രപഞ്ചത്തിനൊരനന്തമായ സ്ഥലമോ, സ്ഥലത്തിന് അതിർത്തിയോ ഇല്ലെന്നുള്ളതാണ് ഫ്രീഡ്മാന്റെ ഒന്നാമത്തെ മാതൃകയുടെ സവിശേഷത. ഗുരുത്വം വളരെ ശക്തമായതുകൊണ്ട് സ്ഥലം അതിലേക്കുതന്നെ വളയുകയും ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലംപോലെ ആയിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരാൾ ഒരു പ്രത്യേക ദിശയിൽ സഞ്ചരിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നാൽ ഒരിക്കലും കടന്ന് പോകുവാൻ വയ്യാത്ത അതിർത്തിയിലെത്തുകയോ അല്ലെങ്കിൽ അരികിൽനിന്ന് താഴേക്ക് വീഴുകയോ ചെയ്യുന്നില്ല. ഒടുവിൽ തുടങ്ങിയേടത്തുതന്നെ തിരിച്ചെത്തുന്നു.

ഒരാൾ പ്രപഞ്ചത്തെ ചുറ്റി ഒടുവിൽ തുടങ്ങിയേടത്തുതന്നെ എത്തിച്ചേരുമെന്ന ആശയം നല്ലൊരു ശാസ്ത്രകല്പിതകഥയാണ്. എന്നാൽ ഇത് പ്രായോഗികമല്ല. കാരണം ഒരാൾ പ്രപഞ്ചത്തെ ചുറ്റിവരുമ്പോഴേക്കും പ്രപഞ്ചം പൂജ്യം വലിപ്പത്തിലേക്ക് തകർന്നു കഴിയും. പ്രപഞ്ചം അവസാനിക്കുന്നതിന് മുൻപ് തുടങ്ങിയിടത്തുതന്നെ തിരിച്ചെത്തണമെങ്കിൽ ഒരാൾ പ്രകാശവേഗത്തിൽ കൂടുതൽ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കേണ്ടിവരും. ഇത് അസാധ്യ

മാണല്ലോ? ഫ്രീഡ്മാന്റെ ഒന്നാമത്തെ മാതൃകയിൽ സ്ഥലം ഒരു ഫുട് ബോളിന്റെ ഉപരിതലംപോലെയാണ്. അതുകൊണ്ട് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വ്യാപ്തി പരിമിതമാണ്. എല്ലാക്കാലവും വികസിക്കുന്ന രണ്ടാമത്തെ മാതൃക യിൽ സ്ഥലം ഒരു കുതിരച്ചേണകത്തിന്റെ ഉപരിതലംപോലെ വളയുന്നു. ഇതിൽ സ്ഥലത്തിന്റെ വ്യാപ്തി അനന്തമാണ്. നിർണ്ണായകനിരക്കിൽ വികസിക്കുന്ന മൂന്നാമത്തെ മാതൃകയിൽ സ്ഥലം പരന്നതാണ്. അതുകൊണ്ട് അനന്തവും.

എന്നാൽ ഇതിൽ ഫ്രീഡ്മാന്റെ ഏത് മാതൃക പ്രപഞ്ചത്തെ വിശദീ കരിക്കും. പ്രപഞ്ചം ഒടുവിൽ വികാസം നിർത്തുകയും സങ്കോചിക്കുവാൻ തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുമോ? അതോ എല്ലാക്കാലവും ഇത് വികസിക്കുമോ? ഈ ചോദ്യത്തിന് ഉത്തരം കണ്ടെത്തണമെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഇപ്പോഴുള്ള വികാസനിരക്കും അതിന്റെ ശരാശരി സാന്ദ്രതയും അറിയേണ്ടിയിരിക്കുന്നു. സാന്ദ്രത ഒരു നിശ്ചിത നിർണ്ണായകമൂല്യത്തെക്കാളും കുറവാണെങ്കിൽ ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തിന് വികാസത്തെ നിർത്താൻ കഴിയാതെ വരുന്നു. എന്നാൽ സാന്ദ്രത നിർണ്ണായകമൂല്യത്തെക്കാളും കൂടുതലാണെങ്കിൽ ഭാവി യിൽ ഏതെങ്കിലും കാലത്ത് ഗുരുത്വാകർഷണം വികാസത്തെ തളയ്ക്കുകയും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ തകർച്ചയിൽ ചെന്നെത്തുകയും ചെയ്യും.

ഫ്രീഡ്മാന്റെ വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചമാതൃക അർത്ഥമാക്കു ന്നത് ഭൂതകാലത്ത് ഏതെങ്കിലും ഒരു സമയത്ത് അയൽ ഗാലക്സികൾ തമ്മി ലുള്ള അകലം പൂജ്യം ആയിരുന്നിരിക്കണമെന്നാണ്. അപ്പോൾ പ്രപഞ്ച വ്യാപ്തം പൂജ്യമാണെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും സ്ഥലകാലവക്ര തയും അനന്തമായിരുന്നിരിക്കണം. ഇത്തരം ഒരു ബിന്ദുവിനെ ഗണിതശാസ്ത്ര ജ്ഞന്മാർ വൈചിത്ര്യം (Singularity) എന്നു വിളിക്കുന്നു. പ്രപഞ്ചം ഒരു മഹാവിസ്ഫോടന വൈചിത്ര്യത്തിലാരംഭിക്കുന്നു. ഫ്രീഡ്മാന്റെ പ്രപഞ്ചം പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളതാണ്. മറ്റൊരു രസകരമായ വസ്തുത എല്ലാ ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തങ്ങളും ആവിഷ്കരി ച്ചിട്ടുള്ളത് സ്ഥലകാലം സ്നിഗ്ദ്ധവും ഏകദേശം പരന്നതുമാണെന്ന അനു മാനത്തിലാണ്. മഹാവിസ്ഫോടനവൈചിത്ര്യത്തിൽ അതായത് സ്ഥല കാലങ്ങളുടെ വക്രത അനന്തമായ അവിടെ ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തങ്ങൾക്ക് പ്രസ ക്തിയില്ല. അതായത് പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിനും വൈചിത്ര്യ ത്തിൽ യാതൊരു പ്രസക്തിയും ഇല്ല. അതുകൊണ്ട് പ്രപഞ്ചം മഹാവിസ്ഫോടന വൈചിത്ര്യത്തിൽനിന്നും എങ്ങനെ തുടങ്ങിയെന്ന് പ്രവചിക്കുവാൻ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിനു കഴിയില്ല. പ്രപഞ്ചോല്പത്തി വിശദീക രിക്കാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് മറ്റ് സിദ്ധാന്തങ്ങൾ തേടേണ്ടി വന്നു. ഇന്ന് ആധുനിക പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പ്രപഞ്ചോൽപത്തി വിശദീകരിക്കു ന്നത് ക്വാണ്ടം ഗുരുത്വസിദ്ധാന്തത്തെ (Quantum Theory of Gravity) അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ്. ഇത് പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെയും ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രത്തെയും സംയോജിപ്പിച്ചുണ്ടാക്കിയ ഒരു സിദ്ധാന്ത മാണ്.

നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ആപേക്ഷികസ്ഥാനങ്ങൾ സ്ഥിരമല്ലെന്ന് ഈ

നൂറ്റാണ്ടിന്റെ തുടക്കത്തിൽതന്നെ ബോധ്യമായിരുന്നു. നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്ന് വരുന്ന പ്രകാശത്തെ സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പിൽകൂടി പരിശോധിച്ചാൽ അതിന്റെ ചലനവേഗത്തിന്റെ, നമുക്ക് നേർക്കുള്ള ഘടകത്തിന്റെ പരിമാണം കണ്ടുപിടിക്കാം. അത് നമ്മോട് അടുക്കുകയാണെങ്കിൽ ഡോപ്ലാർ പ്രഭാവം കാരണം തരംഗദൈർഘ്യം കുറയുകയും എല്ലാ സ്പെക്ട്രം രേഖകളും വയലറ്റ് ഭാഗത്തേക്ക് നീങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. നമ്മിൽനിന്ന് അകലുകയാണെങ്കിൽ നീക്കം ചുവപ്പ് ഭാഗത്തേക്കും. തരംഗദൈർഘ്യം കൂടുന്നതു കൊണ്ടാണിത്. 1842-ൽ ആസ്ട്രിയൻ ഭൗതികജ്ഞനായ ക്രിസ്റ്റ്യൻ ജോഹാൻ ഡോപ്ലറാണ് (Christian Johann Doppler) ഇത് കണ്ടുപിടിച്ചത്. അതു കൊണ്ടാണിതിനെ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ബഹുമാനാർത്ഥം ഡോപ്ലാർ പ്രഭാവം എന്ന് പേരിട്ടത്.

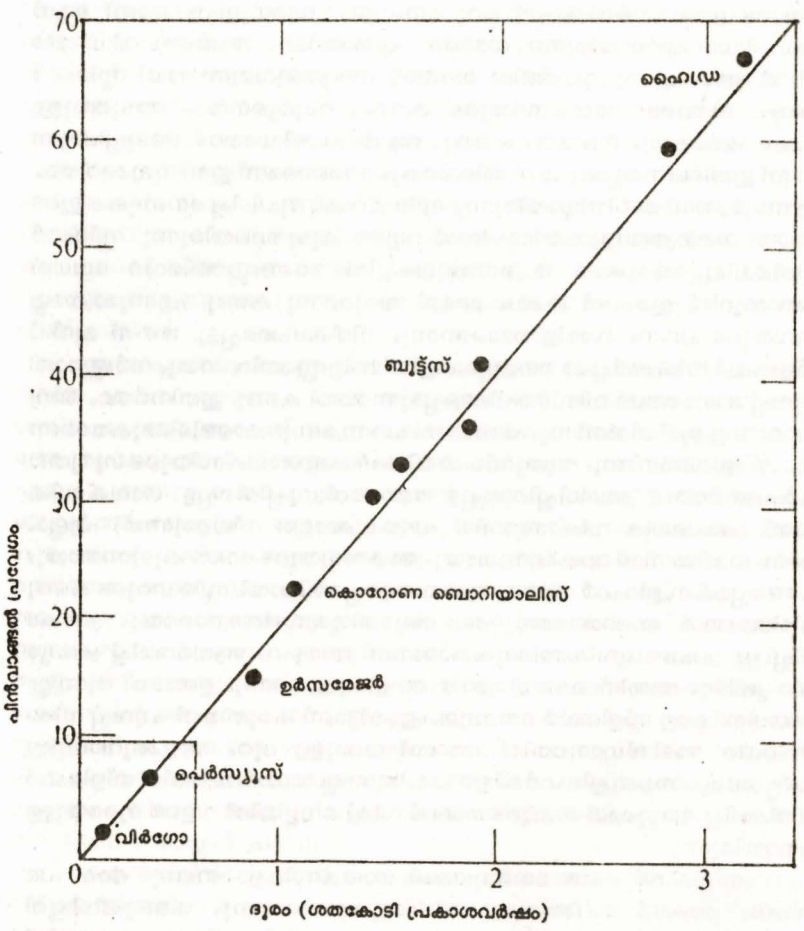
കൂകിപ്പാഞ്ഞു വരുന്ന തീവണ്ടി നിങ്ങളുടെ അടുത്തേക്ക് വരുമ്പോൾ വലിയ ശബ്ദം തോന്നും. അത് നിങ്ങളിൽനിന്ന് അകന്നുപോകുമ്പോൾ ശബ്ദം കുറഞ്ഞുകുറഞ്ഞ് വരും. ശബ്ദത്തിന്റെ പ്രഭാവം നിങ്ങളുടെ അടുത്തേക്കു വരുമ്പോൾ നിങ്ങളുടെ കാതിൽ പതിക്കുന്ന ശബ്ദതരംഗങ്ങളുടെ എണ്ണം കൂടുന്നു. തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തി കൂടുന്നു. നിങ്ങളിൽനിന്ന് അകലുമ്പോൾ തരംഗങ്ങളുടെ എണ്ണം കുറയുന്നു. ആവൃത്തി കുറയുന്നു. ആവൃത്തി കൂടുമ്പോൾ ശബ്ദം പരുക്കനാവുന്നു. ആവൃത്തി കുറയുമ്പോൾ ശബ്ദം നേർത്തതാകുന്നു. ഡോപ്ലാർ പ്രഭാവം ശബ്ദത്തിന് മാത്രമല്ല എല്ലാത്തരം തരംഗങ്ങൾക്കും ബാധകമായ ഒന്നാണ്. വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗങ്ങൾക്കും ബാധകമാണ്. പ്രകാശം വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗമാണല്ലോ? പ്രകാശസ്രോതസ്സും നിരീക്ഷകനും തമ്മിലുള്ള ദൂരത്തിൽ വ്യത്യാസം വന്നുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ അപ്പോഴും അനുഭവപ്പെട്ട ആവൃത്തിയിൽ മാറ്റം വരുന്നതാണ്. ആവൃത്തി കൂടുമ്പോൾ പ്രകാശത്തിന്റെ നിറം ചുവപ്പിൽനിന്ന് വയലറ്റിലേക്കും ആവൃത്തി കുറയുമ്പോൾ വയലറ്റിൽനിന്ന് ചുവപ്പിലേക്കും മാറുന്നു. പ്രപഞ്ചപ്രതിഭാസങ്ങളെപ്പറ്റിയുള്ള പഠനത്തിൽ അതിപ്രധാനമായൊരു കരുവാണ് ഡോപ്ലാർ പ്രഭാവം.

ഐൻസ്റ്റിൻ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിച്ച അതേ വർഷം അമേരിക്കൻ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ വെസ്റ്റോസ്ലിഫെർ (Vesto Slipher) പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുകയാണെന്ന് സമർത്ഥിച്ചുകൊണ്ട് ഒരു പ്രബന്ധം പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. നിരീക്ഷണത്തെളിവുകൾ അടങ്ങുന്നതായിരുന്നു ഈ പ്രബന്ധം. സ്ലിഫെർക്ക് പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെക്കുറിച്ച് അറിയില്ലായിരുന്നു. അദ്ദേഹം ഒരു സൈദ്ധാന്തിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നില്ല. അമേരിക്കയിൽ ആരിസോണായിലെ ലോവെൽ നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ നിരീക്ഷകനായിരുന്നു അദ്ദേഹം. നെബുലകളുടെ ചലനമായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ മുഖ്യ നിരീക്ഷണലക്ഷ്യം. സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പ് ഉപയോഗിച്ച് നിരവധി സർപ്പിളനെബുലകളുടെ വർണ്ണരാജികൾ സ്ലിഫെർ വിശകലനം ചെയ്തു. നമ്മുടെ അയൽപക്കത്തുള്ള ആൻഡ്രോമിഡ നെബുലയുടെ ചലനങ്ങൾ അദ്ദേഹം സസൂക്ഷ്മം നിരീക്ഷിച്ചു. അന്ന് നെബുലയും ഗാലക്സിയും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം അത്ര വ്യക്തമായിരുന്നില്ല.

നമ്മുടെ ഗാലക്സിയിൽപ്പെട്ട ഒരു നെബുല ധൂമധൂളിപടലമാണ് ആൻഡ്രോമിഡാ എന്നായിരുന്നു ധാരണ. ഏതായാലും ആൻഡ്രോമിഡ 200 കി. മീ./സെ. എന്ന വേഗത്തിൽ നമ്മോട് അടുത്തുവരുന്നതായി സ്ലിഫെർ കണ്ടു. നമ്മുടെ ഗാലക്സിയുടെ കറക്കം സൂര്യനെയും അടുത്തുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളെയും നമ്മെത്തന്നെയും ആൻഡ്രോമിഡയോട് അടുപ്പിക്കുന്നതാണ് ഇതിലെ നല്ലൊരു ഭാഗത്തിന്റെയും കാരണമെന്ന് ഇന്ന് നമുക്കറിയാം. എന്നാൽ അന്ന് അറിയില്ലായിരുന്നു. സ്ലിഫെർ കണ്ടുപിടിച്ച നെബുലകളുടെ വേഗത നക്ഷത്രങ്ങളുടേതിനേക്കാൾ വളരെ കൂടുതലായിരുന്നു. സ്ലിഫെർ നിരീക്ഷിച്ച ആദ്യത്തെ 15 നെബുലകളിൽ രണ്ടെണ്ണത്തിന്റെ വേഗത മണിക്കൂറിൽ ഇരുപത് ലക്ഷം മൈൽ വരുമെന്നു കണ്ടു. എന്നുമാത്രമല്ല അവയുടെ ചലനം സമ്മിളിതമാണെന്നും നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടു. 1917-ന് മുൻപ് സ്ളിഫെർ നിരീക്ഷിച്ച 25 നെബുലകളിൽ 21 എണ്ണത്തിന്റെയും വർണ്ണരാജി ചുവപ്പ് ഭാഗത്തേക്ക് വിസ്ഥാപിക്കപ്പെടുന്നതായി കണ്ടു. ഇതിനർത്ഥം അവ ഓരോന്നും ഭൂമിയിൽനിന്നും പരസ്പരം പറന്നകന്നുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്നാണ് (ഇതിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണത്താൽ ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെട്ട ലോക്കൽഗ്രൂപ്പിൽപ്പെട്ട ഗാലക്സികളാണ് പ്രാപഞ്ചിക വികാസത്തിൽ പങ്കെടുക്കാതെ നില്ക്കുന്നത്) എല്ലാം തന്നെ നമ്മിൽനിന്ന് അകലുന്നതായും അകൽച്ചയുടെ വേഗം കൂടുന്നതായും കണ്ടപ്പോൾ സ്ളിഫെർ ആകെ ആശയക്കുഴപ്പത്തിലായി. സ്ലിഫെറുടെ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങൾ അക്കാലത്തെ പല ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെയും പ്രകോപിപ്പിച്ചു. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുകയാണെന്ന് അദ്ദേഹം ആവർത്തിച്ച് പ്രഖ്യാപിച്ചെങ്കിലും അതിന് ഖണ്ഡിതമായ തെളിവുകളൊന്നും ഉണ്ടായി രുന്നില്ല. ഗാലക്സികളെ സ്ളിഫെർ നെബുലകളായിട്ടാണ് കരുതിയത്. ചുവപ്പ് നീക്കത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അവയിലേക്കുള്ള ദൂരം അളക്കുവാനുള്ള മാർഗ്ഗങ്ങളൊന്നും സ്ളിഫെർക്ക് ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. യഥാർത്ഥത്തിൽ സ്ളിഫെർ നിരീക്ഷിച്ച വസ്തുക്കൾ നമ്മുടെ ഗാലക്സിക്ക് വെളിയിൽ വളരെ ദൂരെയുള്ള വയായിരുന്നു.

സ്ളിഫെർ കണ്ട നെബുലകൾ ഗാലക്സികളാണെന്നും അവ പരസ്പരം അകന്ന് പൊയ്ക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്നും കണ്ടുപിടിച്ചത് എഡ്വിൻ ഹബിളായിരുന്നു. (അദ്ദേഹത്തെക്കുറിച്ച് മുൻ അദ്ധ്യായത്തിൽ പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ട്). എഡ്വിൻ ഹബിളാണ് ലോകത്ത് ആദ്യമായി പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നു എന്നതിന് വ്യക്തമായ തെളിവുകൾ നിരത്തിയത്. ചുവപ്പ് നീക്കത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ 1929 ആയപ്പോഴേക്കും 25 ഗാലക്സികളിലേക്കുള്ള ദൂരം ഹബിൾ അളന്നു. ഗാലക്സികദൂരവും അകലൽവേഗതയും (Recession Velocity) തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കാണിക്കുന്ന ഗ്രാഫ് വരച്ചപ്പോൾ അദ്ദേഹത്തിന് കിട്ടിയത് ഒരു ഋജുരേഖയായിരുന്നു.

പ്രപഞ്ചവികാസത്തിന്റെ രൂപരേഖയായിട്ടാണ് ഹബിൾഗ്രാഫിനെ കരുതപ്പെടുന്നത്. ഇത് പ്രപഞ്ചവികാസത്തിന്റെ ഒരു ചിത്രം നമ്മുടെ മുന്നിൽ അവതരിപ്പിക്കുന്നു. ഭൂമി വികസിക്കുന്നു എന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. ഭൂമിയുടെ ദ്വിമാന പ്രതലം പ്രാപഞ്ചിക ത്രിമാനസ്ഥലമായി കരുതുക. ഇത്തരം



എല്ലാ ഗാലക്സികളും തമ്മിൽ അകന്നു പോകുന്ന ഈ അകലലിന്റെ വേഗത ഗാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള അകലം കൂടുന്നതിന് ആനുപാതികമായിരിക്കും.

ഒരവസ്ഥയിൽ ഓരോ നിരീക്ഷകനും ഭൂമിയിലെ ഓരോ നഗരവും അയാളിൽ നിന്നും അകന്നു പോകുന്നതായി കാണും. അകലൽവേഗം ദൂരത്തിന് ആനുപാതികമായിരിക്കും. ഓരോ മണിക്കൂറിലും ഭൂമിയുടെ വ്യാസം ഇരട്ടിയായാൽ നഗരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അകലം ഓരോ മണിക്കൂറിലും ഇരട്ടിയാകും. ഗാലക്സികളുടെ പ്രവേഗ ദൂരബന്ധം ഹബിൾ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഗാലക്സികളിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന് ആനുപാതികമാണ് അവയുടെ അകലൽ വേഗമെന്ന് സ്ഥാപിച്ചു. ഇത് ഹബിൾ നിയമം എന്ന പേരിലാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. എല്ലാ ഗാലക്സികളുടെയും ചലനവേഗം

ഹബിൾ നിയമത്തെ അനുസരിക്കുന്നതായി നിരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്ന് വ്യക്തമായി. ഒരു ഗാലക്സിയുടെ ചുവപ്പ് നീക്കത്തിൽനിന്ന് അതിന്റെ ആപേക്ഷികവേഗവും അതിൽനിന്ന് ഹബിൾ നിയമം ഉപയോഗിച്ച് അതിന്റെ ദൂരവും കണക്കാക്കാം. ശതകോടിക്കണക്കിന് പ്രകാശവർഷം അകലെയുള്ള ഗാലക്സികളിലേക്കുള്ള ദൂരം ഇങ്ങനെയാണ് ഹബിൾ തിട്ടപ്പെടുത്തിയത്. പ്രാപഞ്ചികസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ ചങ്ങലക്കെട്ടുകളിൽനിന്നും പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെ ഹബിൾ നിയമം മോചിപ്പിച്ചു. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നു ഹബിളിന്റെ നിരീക്ഷണങ്ങളും നിയമങ്ങളും. ഏറ്റവും രസകരമായ വസ്തുത ഹബിൾ പൊതുആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെക്കുറിച്ച് അജ്ഞനായിരുന്നു എന്നതാണ്. നിരീക്ഷണങ്ങൾ സിദ്ധാന്തത്തെ ആവിഷ്കരിക്കുമെന്ന് അദ്ദേഹത്തിന് അറിയാമായിരുന്നു. ഐൻസ്റ്റീൻ ഹബിൾ നിയമത്തെക്കുറിച്ച് പറഞ്ഞു. "പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ സൃഷ്ടികർമ്മം നടക്കുമ്പോൾ ഹബിളിന്റെ പ്രപഞ്ചവികാസനിയമങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നെങ്കിൽ പ്രാപഞ്ചികസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ തടവറയിൽ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പെടുമായിരുന്നില്ല."

എന്തുകൊണ്ട് ഗാലക്സികൾ അകന്നുപോകുന്നു? എന്തുകൊണ്ട് ദൂരത്തിന് ആനുപാതികമായി വേഗം കൂടുന്നു? പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കവും ഒടുക്കവും ഉണ്ടോ? എന്നീ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം നല്കിയത് ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തമാണ്. 1917-ൽ ഡച്ച് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ വില്യം ദെ സിറ്റർ (William de Sitter) ഒരു പ്രപഞ്ചമാതൃക മുന്നോട്ടുവെച്ചു. ഐൻസ്റ്റീന്റെ പ്രപഞ്ചത്തിൽനിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി ഇതിൽ ദ്രവ്യമുണ്ടായിരുന്നില്ല. പൂർണ്ണമായും ശൂന്യമായ ഒരു പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഗണിതപരമായ വിവരണമായിരുന്നു ദെ സിറ്ററുടേത്. ദെസിറ്ററുടെ പ്രപഞ്ചത്തിൽ ദ്രവ്യം ഉണ്ടെന്ന് സങ്കല്പിച്ചപ്പോൾ ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ഒരു വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മാതൃകയാണ് ലഭിച്ചത്. ഐൻസ്റ്റീന്റെ എല്ലാ ക്ഷേത്രസമീകരണങ്ങളെയും തൃപ്തിപ്പെടുത്തുന്നതായിരുന്നു ദെ സിറ്ററുടെ പ്രപഞ്ചമാതൃക. ദ്രവ്യം ഉള്ള ദെ സിറ്ററുടെ പ്രപഞ്ചമാതൃക ഹബിൾ നിയമവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നു.

1920-കളുടെ അവസാനം ആയപ്പോഴേക്കും പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുകയാണെന്ന യാഥാർത്ഥ്യം ശാസ്ത്രലോകം അംഗീകരിച്ചു. ബെൽജിയൻ ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനും പുരോഹിതനുമായ ജോർജ്ജസ് എഡ്വേർഡ് ലെമയ്ത്രെ (Georges Edward Lemaitre) ഐൻസ്റ്റീന്റെ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെയും ഗാലക്സികളുടെ ചുവപ്പ് നീക്കത്തെയും സമന്വയിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് പുതിയൊരുൽപത്തിസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിച്ചു. അത്രയൊന്നും അറിയപ്പെടുന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നില്ല ലെമയ്ത്രെ. അക്കാലത്തെ ഏറ്റവും വലിയ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരായിരുന്ന എഡിങ്ടന്റെയും ദെ സിറ്ററുടെയും പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രസംബന്ധമായ ലേഖനങ്ങളായിരുന്നു ലെമയ്ത്രെയ്ക്ക് പ്രചോദനമായത്. 1929-ൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ച ഹബിളിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങൾ പ്രപഞ്ചവികാസത്തെ സംബന്ധിച്ച് അദ്ദേഹത്തിന് കൂടുതൽ അറിവ് പകർന്നു. ഈ

പശ്ചാത്തലത്തിലാണ് വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ശാസ്ത്രം ലെമയ്ത്രെ എഴുതിയത്. ഹബിളിന്റെ വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിനനുരോധമായിരുന്നു ലെമയ്ത്രെയുടെ സിദ്ധാന്തം.

ലെമയ്ത്രെയുടെ പ്രപഞ്ചോല്പത്തിയെക്കുറിച്ചുള്ള ചിന്തകൾ പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിനൊരു പുതിയ മാനം നല്കി. വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചം ഒരിക്കൽ ഇന്നത്തേതിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കണം. ഇന്ന് ദശലക്ഷക്കണക്കിന് പ്രകാശവർഷം അകലെയുള്ള ഗാലക്സികൾ ഭൂതകാലത്ത് അടുത്തായിരുന്നിരിക്കണം. തീർച്ചയായും തുടക്കത്തിൽ അവയെല്ലാം വളരെ അടുത്തായിരുന്നിരിക്കണം. അന്ന് പ്രപഞ്ചം അതിസാന്ദ്രമായിരുന്നിരിക്കാം. അതിന്റെ സാന്ദ്രത ഒരുപക്ഷേ, അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയ്ക്ക് തുല്യമായിരുന്നിരിക്കാം. കാലത്തിലൂടെ പിന്നോക്കം ചിന്തിച്ച് ലെമയ്ത്രെ പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രവും അണുഭൗതികവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടുപിടിച്ചു. സ്ഥൂലലോകഭൗതികവും സൂക്ഷ്മലോകഭൗതികവും തമ്മിൽ കൂട്ടിയിണക്കി. പണ്ടുപണ്ട് വളരെ പണ്ട് പ്രപഞ്ചമാകെ അതിലുള്ള ദ്രവ്യവും ഊർജ്ജവും എല്ലാംകൂടി ഊഹിക്കാനാവാത്തത്ര സംഘനിച്ച് നമ്മുടെ സൂര്യന്റെ മുപ്പത് ഇരട്ടി വലിപ്പമുള്ള ഒരു ഗോളമായിത്തീർന്നു എന്ന് ലെമയ്ത്രെ സങ്കൽപിച്ചു. ഇതിനെ ആദിമ അണു (Primordial atom) എന്ന് അദ്ദേഹം വിളിച്ചു. ഈ ആദിമ അണു അഥവാ പ്രപഞ്ചാണ്ഡം അസ്ഥിരമായിരുന്നു. അത് പൊട്ടിത്തെറിച്ചു. ആ പൊട്ടിത്തെറിയുടെ ഫലമായി തെറിച്ച് അകലുന്ന കഷണങ്ങളാണ് ഇന്ന് നാം കാണുന്ന ഗാലക്സികൾ. ഈ സംഭവത്തെയാണ് മഹാവിസ്ഫോടനം (Big Bang) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഈ ആശയം അക്കാലത്തെ പ്രശസ്ത ജ്യോതിശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ഫ്രെഡ് ഹോയലിന് ഇഷ്ടപ്പെട്ടില്ല. അദ്ദേഹം ഈ സംഭവത്തിന് പരിഹസിച്ചിട്ട പേരാണ് ബിഗ്ബാങ്. എന്നാൽ ഇന്ന് ഈ പദത്തെ ശാസ്ത്രലോകം അംഗീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ലെമയ്ത്രെ ആദിമ അണുവിൽ നിന്നാണ് പ്രപഞ്ചോൽപത്തി എന്ന് അഭിപ്രായപ്പെടുമ്പോൾ അണു (Atom) എന്താണെന്ന് ആർക്കും വ്യക്തമായി അറിയില്ലായിരുന്നു. ആദിമ അണു വിഭജനത്തിലൂടെയാണ് എല്ലാ പ്രപഞ്ചദ്രവ്യവും ഉണ്ടായതെന്ന് ലെമയ്ത്രെ വിശ്വസിച്ചു. എന്നാൽ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ദ്രവ്യത്തിൽ മുക്കാൽ പങ്ക് ഹൈഡ്രജനും ബാക്കി സിംഹഭാഗം ഹീലിയവുമായിരിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ടെന്ന് വിശദീകരിക്കാൻ ലെമയ്ത്രെയ്ക്ക് കഴിഞ്ഞില്ല. ജോർജ് ഗാമോവാണ് പ്രപഞ്ചോല്പത്തിയിലാണ് മൂലകങ്ങൾ വാചകം ചെയ്യപ്പെട്ടതെന്ന ആശയം അവതരിപ്പിച്ചത്. സർ ആർതർ എഡിങ്ടണും, ജോർജ്ഗാമോവും ലെമയ്ത്രെയുടെ സിദ്ധാന്തത്തെ അംഗീകരിക്കുകയും വികസിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തു.

ഐൻസ്റ്റിനെപ്പോലെ പ്രതിഭാധനനായ ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു ജോർജ് ഗാമോവ്. മഹാനായ ശാസ്ത്രജ്ഞനും ശാസ്ത്രസാഹിത്യകാരനുമായിരുന്ന അദ്ദേഹം അണുഭൗതികത്തിനും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിനും തന്മാത്രജീവശാസ്ത്രത്തിനും നല്കിയ സംഭാവനകൾ അമൂല്യമാണ്. ഗാമോവ് 1904-ൽ യുക്രേനിലെ ഒഡേസ്സായിൽ ജനിച്ചു. ലെനിൻഗ്രാഡ് യൂണിവേഴ്സിറ്റിയിലായിരുന്നു അദ്ദേഹം ഉപരിപഠനം നടത്തിയത്. 1928-ൽ

അവിടെനിന്നും ഡോക്ടറേറ്റെടുത്തു. അലക്സാണ്ടർ ഫ്രീഡ്മാന്റെ വത്സലശിഷ്യന്മാരിൽ ഒരാളായിരുന്നു അദ്ദേഹം. 1933-ൽ ഗാമോവ് അമേരിക്കൻ പൗരത്വം സ്വീകരിച്ചു. ഗാമോവിന്റെ ഉല്പത്തിസിദ്ധാന്തം ആധുനിക പ്രപഞ്ചോല്പത്തിവിജ്ഞാനത്തിന് അടിത്തറ പാകി. അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രധാനമായ ഗവേഷണം ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിൽ മൂലകങ്ങൾ എങ്ങനെ രൂപപ്പെട്ടു എന്നതായിരുന്നു. ഗാമോവിന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചം അതിസാന്ദ്രവും ശ്വേതതപ്തദീപ്തവുമായിരുന്നു. അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ സംയോജിച്ച് നമുക്ക് ഇന്ന് അറിയാവുന്ന മൂലകങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതിനനുയോജ്യമായ താപനില അന്നുണ്ടായിരുന്നു. ഗാമോവിന്റെ കാഴ്ചപ്പാടനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചം തുടങ്ങിയത് അത്യുഗ്രതാപനിലയിൽ നിന്നാണെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചം വികസിക്കാൻ തുടങ്ങിയതോടെ അത് തണുക്കാൻ തുടങ്ങി. 1948-ൽ ഏപ്രിൽ 1-ന് ഗാമോവും ആൽഫറും ചേർന്ന് മഹാവിസ്ഫോടനമാതൃകയുടെ ആധുനികശാസ്ത്രീയ വ്യാഖ്യാനം അടങ്ങുന്ന ഒരു പ്രബന്ധം പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. മഹാവിസ്ഫോടനസമയത്തെ അത്യുഗ്രതാപത്തിന്റെ അവശിഷ്ടം പ്രപഞ്ചത്തിൽ അവശേഷിക്കുന്നുണ്ടെന്നും അത് ഇപ്പോഴും നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയുന്നതാണെന്നും ഗാമോവും കൂട്ടുകാരും ഈ പ്രബന്ധത്തിലവകാശപ്പെട്ടു. പ്രപഞ്ചവികാസത്തിന്റെ ഫലമായി ഉല്പത്തിസമയത്തെ ഉന്നതോർജം പ്രപഞ്ചത്തിലാകെ വ്യാപിക്കുകയും അതിന്റെ ഫലമായി ഊർജത്തിന്റെ ആവൃത്തി കുറയുകയും ചെയ്തു. ശാസ്ത്രഭാഷയിൽ പറഞ്ഞാൽ മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലെ ഊർജവാഹകരായ ഫോട്ടോണുകളുടെ തരംഗദൈർഘ്യം പ്രകാശത്തിന്റേതായിരുന്നു. എന്നാൽ പ്രപഞ്ചവികാസത്തിന്റെ ഫലമായുള്ള ചുവപ്പ് നീക്കംമൂലം ആവൃത്തി കുറഞ്ഞ വൈദ്യുതകാന്തിക ഊർജ്ജമായി അത് മാറുകയുംചെയ്തു. അതിനെയാണ് മൈക്രോവേവ് വികിരണം (Microwave Radiation) എന്നു പറയുന്നത്. പ്രപഞ്ചം മുഴുവൻ ഈ മൈക്രോവേവ് വികിരണത്തിൽ മുങ്ങിക്കുളിച്ച് നില്ക്കുകയാണെന്നും അതിന്റെ താപനില 50 ഡിഗ്രി കെൽവിനാണെന്നും ഗാമോവ് കണക്കാക്കി. പിന്നീട് ഗാമോവിന്റെ സഹപ്രവർത്തകരായ റാൽഫ് ആൽഫറും റോബർട്ട് ഹെർമാനും ഗാമോവിന്റെ പ്രബന്ധത്തിലെ ഗണിതപരമായ പിശക് തിരുത്തുകയും പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തല വികിരണത്തിന്റെ താപനില ഏകദേശം 5 ഡിഗ്രി കെൽവിനാണെന്ന് തിട്ടപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്തു. മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലെ അവശിഷ്ടവികിരണത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ഗാമോവ്, ആൽഫർ, ഹെർമാൻ എന്നിവരുടെ പ്രവചനം അക്കാലത്ത് ആരുടെയും ശ്രദ്ധയിൽപ്പെടാതെ കിടന്നു. ഗാമോവ് ആകട്ടെ പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിൽനിന്ന് തിരിഞ്ഞ് തന്മാത്രാ ജീവശാസ്ത്രത്തിന്റെ (Molecular Biology) ലോകത്തിൽ ശ്രദ്ധ കേന്ദ്രീകരിച്ചു. പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തല വികിരണം സൃഷ്ടിയുടെ പ്രതിധ്വനിയാണ്. ഈ അവശിഷ്ടവികിരണത്തെ നിരീക്ഷിക്കുവാൻ അന്ന് സാദ്ധ്യമായിരുന്നില്ല. കാരണം, റേഡിയോ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രം അപ്പോൾ ശൈശവദശയിലായിരുന്നു. അക്കാലത്ത് ശക്തിയുള്ള റേഡിയോ ടെലസ്കോപ്പുകൾ ഭൂമിയിലുണ്ടായിരുന്നില്ല. 1960-കളിലാണ് ലോകത്തെ പല ഭാഗത്തും റേഡിയോ ദൂരദർശിനികൾ സ്ഥാപിക്കപ്പെട്ടത്. 1965-ൽ ന്യൂജഴ്സിയിലെ ബെൽ

ടെലഫോൺ ലാബറട്ടറിയിലെ രണ്ട് അമേരിക്കൻ ഗവേഷകരായ ആർണോ പെൻസിയാസിന്റെയും (Arno Penzias) റോബർട്ട് വിൽസന്റെയും (Robert Wilson) ശ്രദ്ധയിൽപെട്ടു. സൃഷ്ടിയുടെ പ്രതിധ്വനിയായ ഈ പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തല വികിരണത്തിന്റെ താപനില 2.7 ഡിഗ്രി കെൽവിനാണെന്ന് അവർ കണക്കാക്കി. ഈ വികിരണം നിരീക്ഷിതമായ പ്രപഞ്ചത്തെ മുഴുവനും കുറുകെ കടന്നുകൊണ്ടാണ് നമ്മിലെത്തിച്ചേരുന്നതെന്ന് അവരുടെ പരീക്ഷണങ്ങൾ തെളിയിച്ചു. ഏത് ദിശയിൽ പരിശോധിച്ചപ്പോഴും പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തല വികിരണത്തിന്റെ ശബ്ദം പതിനായിരത്തിലൊരു ഭാഗംപോലും മാറുന്നില്ലെന്ന് കണ്ടു. ഏകദേശം ഇതേകാലത്തുതന്നെ പ്രിൻസ്റ്റൺ സർവ്വകലാശാലയിലെ രണ്ട് അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞന്മാരായ റോബർട്ട് ഡിക്കും ജിംപീബിൾസും പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തല വികിരണത്തെക്കുറിച്ച് ഗവേഷണം നടത്തുകയുണ്ടായി. ഇവർ ഗാമോവിന്റെ ശിഷ്യന്മാരായിരുന്നു. പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തല വികിരണത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തം ആദ്യം പ്രസിദ്ധീകരിച്ചത് ബെല്ലിലെ ഗവേഷകരായിരുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി പെൻസിയാസിനും വിൽസണും 1978-ലെ ഭൗതികത്തിനുള്ള നോബൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചു. ഗാമോവിന്റെ പേര് നോബൽസമ്മാനത്തിന് പരിഗണിക്കപ്പെടാതിരുന്നത് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കിടയിൽ വമ്പിച്ച പ്രതിഷേധത്തിനു കാരണമായി.

മഹാവിസ്ഫോടനസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിക്കപ്പെട്ടതോടെ പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കം ഉണ്ടെന്നു വന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കം ഉണ്ടെന്ന ആശയം പലരും ഇഷ്ടപ്പെട്ടില്ല. ഇത് അവരുടെ പഴയ വിശ്വാസങ്ങൾക്ക് എതിരായിരുന്നു. അവരുടെ കാഴ്ചപ്പാടിൽ പ്രപഞ്ചം ആദിമദ്ധ്യാന്തവിഹീനമാണ്. ഇതുമൂലം മഹാവിസ്ഫോടനം ഉണ്ടായിരുന്നു എന്ന നിഗമനം ഒഴിവാക്കാൻ ധാരാളം ശ്രമങ്ങൾ നടന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി മുന്നോട്ടു വയ്ക്കപ്പെട്ടതാണ് സ്ഥിരസ്ഥിതിസിദ്ധാന്തം (Steady State Theory) ഈ രണ്ട് സിദ്ധാന്തങ്ങളും തമ്മിൽ 1940 മുതൽ ഏതാണ്ട് മൂന്ന് ദശാബ്ദക്കാലം ഏറ്റുമുട്ടി. ബ്രിട്ടിഷ് ഭൗതികജ്ഞനായിരുന്ന ഫ്രെഡ്ഹോയൽ (Fred Hoyal) ആയിരുന്നു സ്ഥിരസ്ഥിതിസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ മുഖ്യവക്താവ്. മഹാവിസ്ഫോടനം എന്ന സങ്കല്പംതന്നെ അസംബന്ധമാണെന്നായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ കാഴ്ചപ്പാട്. ഇതിന് ബദലായി 1948-ൽ ഫ്രെഡ് ഹോയലും ഹെർമൺ ബോണ്ടിയും തോമസ് ഗോൾഡും ചേർന്ന് സ്ഥിരസ്ഥിതിസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിച്ചു. ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഏത് ഭാഗം എടുത്താലും ഏതു കാലത്തും ആയിരം കോടി വർഷം മുൻപേയും ആയിരം കോടി വർഷം കഴിഞ്ഞാലും മൊത്തം പ്രകൃതം ഒരുപോലെയിരിക്കും. പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കമോ ഒടുക്കമോ ഇല്ല. അത് അനന്തമാണ്. ഇവരുടെ പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നതായിരുന്നില്ല. എന്നാൽ ഇവരുടെ പ്രപഞ്ചത്തിലും ഗാലക്സികൾ അന്യോന്യം അകന്നുപോകുന്നു. ഗാലക്സികൾ അകന്നുപോകുമ്പോൾ അവയ്ക്കിടയിൽ ദ്രവ്യം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു എന്നും ഈ ദ്രവ്യം പുതിയ ഗാലക്സികൾക്ക് രൂപം നല്കുന്നു എന്നും അവർ നിർദ്ദേശിച്ചു. ഇതുമൂലം പ്രപഞ്ചം ഏകദേശം എല്ലാ സ്ഥലകാലബിന്ദുക്കളിലും ഒരേപോലെ

കാണുന്നു. സ്ഥിരസ്ഥിതി പ്രപഞ്ചത്തിൽ ശൂന്യതയിൽനിന്നും ദ്രവ്യം സൃഷ്ടിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും. ശൂന്യതയിൽനിന്നും ദ്രവ്യസൃഷ്ടി എന്ന കാഴ്ചപ്പാട് ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചത്തിൽ ശൂന്യസ്ഥലം എന്നൊന്നില്ല. നമ്മൾ എന്താണോ ശൂന്യസ്ഥലമായി കാണുന്നത് അത് പൂർണ്ണമായും ശൂന്യമല്ല. ദ്രവ്യത്തെ ശൂന്യതയിൽനിന്നും സൃഷ്ടിക്കാനാവില്ല. സ്ഥിരസ്ഥിതി സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പ്രവചനങ്ങളിലൊന്ന് നമ്മൾ പ്രപഞ്ചത്തിൽ എവിടെ എപ്പോൾ നോക്കിയാലും നിശ്ചിതവ്യാപ്തം സ്ഥലത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഗാലക്സികളുടെ എണ്ണം തുല്യമായിരിക്കും എന്നതായിരുന്നു. 1960-കളുടെ തുടക്കത്തിൽ ബ്രിട്ടീഷ് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ മാർട്ടിൻറൺ നടത്തിയ നിരീക്ഷണങ്ങൾ സ്ഥിരസ്ഥിതിസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ഈ പ്രവചനത്തിനെതിരായിരുന്നു. സ്ഥിരസ്ഥിതിസിദ്ധാന്തം അനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചം ഇന്നുള്ളതിനെക്കാൾ പണ്ട് സാന്ദ്രമായിരുന്നില്ല. പ്രാപഞ്ചികപശ്ചാത്തല വികിരണത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തം പ്രപഞ്ചം ആദ്യകാലത്ത് വളരെ സാന്ദ്രമായിരുന്നു എന്നു തെളിയിച്ചു.

1963-ൽ റഷ്യൻ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരായ ഇവഗനിലിഫ്ഷിറ്റ്സും (Evgenii Lifshitz) ഐസക് എലാത്ത്നിക്കോവും (Issac Ekhalatnikove) ഇപ്പോഴുള്ള വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചം ഉണ്ടായത് മഹാവിസ്ഫോടനവൈചിത്ര്യത്തിൽ നിന്നല്ല, മറിച്ച് ആദ്യകാലത്തെ ചുരുങ്ങുന്ന പ്രവാവസ്ഥയിൽനിന്നാണെന്ന് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. എന്നാൽ പിന്നീടവർ 1970-ൽ മഹാവിസ്ഫോടനത്തെ അംഗീകരിക്കുകയുണ്ടായി.

1965-ൽ ബ്രിട്ടീഷ് ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായ റോജർ പെൻറോസ് സ്വന്തം ഗുരുത്വംകൊണ്ട് തകർച്ചയ്ക്ക് വിധേയമാകുന്ന ഒരു നക്ഷത്രത്തിന്റെ ഉപരിതലം പൂജ്യം വലിപ്പത്തിലേക്ക് ചുരുങ്ങുമെന്നും അതിന്റെ ദ്രവ്യം മുഴുവനും പൂജ്യം വ്യാപ്തത്തിനുള്ളിൽ അടക്കം ചെയ്യപ്പെടുമെന്നും സൈദ്ധാന്തികമായി കണ്ടെത്തി. പൂജ്യം വലിപ്പത്തിലെത്തുന്ന നക്ഷത്രത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും സ്ഥലകാലവക്രതയും അനന്തമായിത്തീരുന്നു. മറ്റൊരർത്ഥത്തിൽ സ്ഥലകാലത്തിൽ ഒരു വൈചിത്ര്യം രൂപംകൊള്ളുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണത്തകർച്ചയ്ക്ക് വിധേയമാകുന്ന ഏതൊരു വസ്തുവും ഒടുക്കം വൈചിത്ര്യത്തിലെത്തുമെന്ന് പെൻറോസ് ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി സ്ഥാപിച്ചു. പെൻറോസിന്റെ സിദ്ധാന്തം പ്രപഞ്ചത്തിന് ബാധകമാക്കുമ്പോൾ അതൊരിക്കൽ വൈചിത്ര്യത്തിൽ അവസാനിക്കും. സമയത്തിൽ പിന്നോട്ട് സഞ്ചരിച്ചാൽ പ്രപഞ്ചം വൈചിത്ര്യത്തിൽ തുടങ്ങിയെന്ന നിഗമനത്തിലെത്താം. തകരുന്ന ഒരു നക്ഷത്രം ഒടുക്കം വൈചിത്ര്യത്തിലെത്തുമെങ്കിൽ വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചം ഒരു വൈചിത്ര്യത്തിൽനിന്ന് തുടങ്ങിയിരിക്കണം.

നാം വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിലാണ് ജീവിക്കുന്നത് എന്നുള്ളതിന് പിൻബലമായിട്ടുള്ളത് മൂന്ന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രഗവേഷണഫലങ്ങളാണ്.

ഒന്ന്, ഗാലക്സികളുടെ അകലൽവേഗത അവയുടെ ദൂരത്തിന് ആനുപാതികമാണ് എന്ന നിരീക്ഷിത യാഥാർത്ഥ്യം. ഗാലക്സികളുടെ പിൻവാങ്ങൽ പ്രവേഗത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് ചുവപ്പ് നീക്കം ഉണ്ടാകുന്നതെന്ന വസ്തുതയും. രണ്ടാമത്തെ തെളിവ് പ്രാപഞ്ചികപശ്ചാത്തല വികിരണ

മാണ്. എല്ലാ ദിശകളിൽനിന്നും ഒരുപോലെയാണ് ഇത് വരുന്നത്. മൂന്നാമത്തേത് പ്രപഞ്ചവികാസനിരക്കിൽനിന്നും പ്രപഞ്ചപ്രായം ഗണിച്ചെടുക്കാനുള്ള മാർഗ്ഗം. ഇന്ന് നാം തിട്ടപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള പ്രപഞ്ചപ്രായമാണ് പ്രപഞ്ചവികാസത്തിനുള്ള തെളിവ്. ആധുനികമായി തിട്ടപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള പ്രപഞ്ചപ്രായം ഏകദേശം ആയിരത്തിഅഞ്ഞൂറ് കോടി വർഷമാണ്. വളരെ പഴക്കം ഉള്ള, ഏതാണ്ട് ആയിരത്തി ഇരുനൂറ് കോടിമുതൽ ആയിരത്തി അഞ്ഞൂറ് കോടി വർഷംവരെ പ്രായം ഉള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതാണ് നമ്മൾ തിട്ടപ്പെടുത്തിയ പ്രപഞ്ചപ്രായം. അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ മുതൽ കോടിക്കണക്കിന് പ്രകാശവർഷം വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങൾ വരെ പരിണമിച്ചുണ്ടാകുന്നതിന് ഇത്രയും കാലം ആവശ്യമാണ്. കാലാനുക്രമമുള്ള പ്രപഞ്ചചരിത്രം പ്രപഞ്ചപഠനത്തിൽ വളരെ പ്രാധാന്യം ഉള്ളതാണ്. വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിന് മാത്രമേ ചരിത്രമുണ്ടാകൂ. സ്ഥിരസ്ഥിതിപ്രപഞ്ചം ചലനാത്മകമല്ല. വികസിക്കുന്ന ഒരു പ്രപഞ്ചത്തിൽ മാത്രമേ മൂലകങ്ങളും മനുഷ്യനും പരിണമിച്ചുണ്ടാകൂ.

പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രായം

മനുഷ്യൻ എങ്ങനെയാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ചരിത്രം മനസ്സിലാക്കിയത്? ഈ ചോദ്യം നമുക്ക് വിസ്മയകരമായി തോന്നാം. എന്നാൽ നമുക്കിന്ന് നാം ജീവിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ കാലാനുക്രമമായ ചരിത്രമെഴുതാനുള്ള അറിവും കഴിവും ഉണ്ട്. പുരാതന ഭാരതീയ ഋഷിമാരിലും ഗ്രീക്ക് ചിന്തകന്മാരിലും കാലചക്രസങ്കല്പം സ്വാധീനിച്ചിരുന്നു. പ്രപഞ്ചചരിത്രത്തിൽ നിരവധി കാലചക്രങ്ങൾ, മഹാവർഷങ്ങൾ ഉണ്ടെന്ന് അവർ വിശ്വസിച്ചു. പ്രളയംമുതൽ പ്രളയംവരെ ആയിരുന്നു അവരുടെ കാലചക്രം. അവർക്ക് കാലചക്രം അനന്തമായി ആവർത്തിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു പ്രക്രിയ ആയിരുന്നു. കാലത്തിന് കാലത്തിൽ ഒരു തുടക്കം ഉണ്ടെന്ന് സങ്കല്പിക്കുന്നത് വിരോധാഭാസമാണെന്ന് അരിസ്റ്റോട്ടിൽ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. കാലചക്രം അനന്തമായി ആവർത്തിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുമെന്ന വിശ്വാസമായിരുന്നു അരിസ്റ്റോട്ടിലും പുലർത്തിയിരുന്നത്. ഹിന്ദുപുരാണങ്ങളിലും ദർശനങ്ങളിലും പ്രപഞ്ചം ചാക്രികമാണ്. ഭഗവദ്ഗീതയിൽ പ്രളയംമുതൽ പ്രളയംവരെയുള്ള കാലം 3140 കോടി വർഷമാണ്. ചില ഗീതാവ്യാഖ്യാനങ്ങളിൽ ഇതിന്റെ ദൈർഘ്യം ഇതിലും കുറവായിട്ടാണ് കാണുന്നത്. പുരാണങ്ങളിൽ ഏറ്റവും പഴക്കമുള്ള വിഷ്ണുപുരാണത്തിലെ കാലനിർണ്ണയമനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചത്തിനിപ്പോൾ 1500 കോടി വയസ്സുണ്ട്. പ്രപഞ്ചചക്രത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പുരാതന ഭാരതീയ സങ്കല്പങ്ങൾ അനുമാനങ്ങൾ മാത്രമായിരുന്നു.

ഇതിന് സൈദ്ധാന്തികമോ നിരീക്ഷിതമോ ആയ തെളിവുകളുടെ പിൻബലം ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. ഇതുതന്നെയായിരുന്നു ഗ്രീക്കുകാരുടെ കാലചക്രസങ്കല്പത്തിന്റെയും സ്ഥിതി.

കാലചക്രം ഇന്നും ജനങ്ങൾക്കിടയിൽ പ്രചാരം ഉള്ള സങ്കല്പമാണ്. പ്രപഞ്ചം ആദ്യം അത്യന്തം നേർത്തയൊരു വാതകപടലമായിരുന്നുവെന്നും കോടിക്കണക്കിന് കൊല്ലം അത് സങ്കോചിച്ചുസങ്കോചിച്ച് പ്രപഞ്ചാണ്ഡമായിത്തീർന്നതാണെന്നും ഇപ്പോഴത്തെ വികാസം ഒരു ഘട്ടം കഴിഞ്ഞാൽ അവസാനിക്കുമെന്നും വീണ്ടും സങ്കോചം തുടങ്ങുമെന്നും അങ്ങനെ പ്രപഞ്ചചക്രം ആവർത്തിക്കപ്പെടുമെന്നും നിരവധി പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വിശ്വസിക്കുന്നു. ചാക്രികചരിത്രമുള്ള ഇത്തരം ഒരു പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ കാലം യഥാർത്ഥത്തിൽ നിശ്ചയിക്കാൻ കഴിയില്ല. പ്രപഞ്ചചക്രം അനന്തമായി ആവർത്തിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും.

ആദ്യകാലത്ത് ക്രിസ്ത്യൻ പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രം പ്രപഞ്ചചരിത്രത്തെ പരിമിതപ്പെടുത്തുവാൻ ശ്രമിച്ചു. ക്രിസ്തുമതപണ്ഡിതന്മാർ ബൈബിളിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് പ്രപഞ്ചപ്രായം കണക്കു കൂട്ടിയത്. കോൺസ്റ്റന്റൈനിന്റെ ചക്രവർത്തിയുടെ സദസ്സിലെ പണ്ഡിതനായിരുന്ന ഇയുസെബിയുസ് (Eusebius) ആദമിന്റെയും ഏബ്രഹാമിന്റെയും ജനനത്തിനിടയിൽ 3184 വർഷം കടന്നു പോയതായി കണക്കു കൂട്ടി. സെയിന്റ് അഗസ്റ്റിൻ ഉല്പത്തി ക്രി.മു. 5500-ലാണെന്ന് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. 17-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ അയർലണ്ടിലെ ബിഷപ്പായിരുന്ന ജെയിംസ് ഉഷർ കാലത്തിന്റെ തുടക്കം ക്രി. മു. 4004 ഒക്ടോബർ മാസം 23-ാം തീയതിക്ക് തൊട്ടുമുമ്പുള്ള രാത്രിയിലായിരുന്നു എന്ന നിഗമനത്തിലെത്തി.

ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പ്രപഞ്ചപ്രായം തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നത് വിശുദ്ധഗ്രന്ഥങ്ങളെ ആധാരമാക്കിയല്ല. അവർ ശാസ്ത്രീയമായ നിരീക്ഷണപഠനങ്ങളിലൂടെയാണ് പ്രപഞ്ചപ്രായം കണക്കുകൂട്ടുന്നത്. വ്യവസായവിപ്ലവത്തോടെ നിരവധി ഖനികൾ കുഴിക്കപ്പെട്ടു. വലിയ കനാലുകളും അണക്കെട്ടുകളും നിർമ്മിച്ചു. ഈ ആവശ്യങ്ങൾക്കുവേണ്ടി ഭൂമിയുടെ അഗാധതയിലേക്ക് പ്രയാണം നടത്തിയ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അവിടെ കോടിക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ പഴക്കമുള്ള പലതരം പുരാവസ്തുക്കൾ കണ്ടു. ഈ പുരാവസ്തുക്കളെ പരിശോധനയ്ക്ക് വിധേയമാക്കിയപ്പോൾ അവയ്ക്ക് വളരെയേറെ പഴക്കമുണ്ടെന്ന് മനസ്സിലായി. ഭൂഗർഭശാസ്ത്രവും പുരാവസ്തുഗവേഷണവും വികസിച്ചതോടെ നമ്മുടെ ഗ്രഹത്തിന് സുദീർഘമായൊരു ചരിത്രം ഉണ്ടെന്ന് വ്യക്തമാകാൻ തുടങ്ങി. ഭൂമിക്കടിയിലെ പാറകളിൽ കണ്ട സസ്യജന്തുജാലങ്ങളുടെ ഫോസിലുകൾ ഭൂമിയുടെ പ്രായം നിർണ്ണയിക്കുന്നതിനുള്ള മാർഗ്ഗരേഖക ളായി. ഇന്ന് ലോകത്തില്ലാത്ത നിരവധി ജീവികളുടെയും സസ്യങ്ങളുടെയും ഫോസിലുകൾ കണ്ടെത്തി. ജീവജാലങ്ങളെയെല്ലാം ഒരേ ദിവസമാണ് ദൈവം സൃഷ്ടിച്ചത് എന്നുള്ള ബൈബിളിലെ സൃഷ്ടിവർണ്ണന തെറ്റാണെന്ന് തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. പണ്ടുകാലത്ത് ജീവിച്ചിരുന്ന പല ജീവിവർഗ്ഗങ്ങളും അപ്രത്യക്ഷമായിപ്പോയെന്ന് ഫോസിൽപഠനങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കി. സസ്യജന്തു ജാലങ്ങളുടെ ഉല്പത്തിക്ക് വളരെ കൂടുതൽ പഴക്കം ഉണ്ടെന്നും ബിഷപ്പ് ഉഷറിന്റെ കണക്ക് തെറ്റാണെന്നും തെളിയിക്കപ്പെട്ടു.

സ്കോട്ടിഷ് ഭൂഗർഭശാസ്ത്രജ്ഞനായ ചാൾസ് ലെയലിന്റെ (Charles Lyell) കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളാണ് ചാറൽസ് ഡാർവിന്റെ പരിണാമസിദ്ധാന്തത്തിന് മാർഗ്ഗദീപമായത്. 1797ൽ സ്കോട്ട്ലാൻഡിൽ ജനിച്ച ലെയൽ പ്രകൃതിശാസ്ത്രത്തിനും ഭൂഗർഭശാസ്ത്രത്തിനും നൽകിയ സംഭാവനകൾ വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ടവയായിരുന്നു. ലെയൽ ആണ് നമ്മുടെ ഭൂമിക്ക് ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വയസ്സുണ്ടെന്ന് അഭിപ്രായപ്പെട്ട ആദ്യത്തെ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ. ലെയൽ എഴുതിയ ഭൂഗർഭശാസ്ത്രത്തിന്റെ തത്ത്വങ്ങൾ (Principles of Geology) എന്ന ഗ്രന്ഥം ഭൂഗർഭശാസ്ത്രത്തിലും പ്രകൃതിശാസ്ത്രത്തിലും തുടർന്നുള്ള നൂറ്റാണ്ടുകളിൽ നടന്ന വിജ്ഞാനസ്ഫോടനങ്ങൾക്ക് അടിസ്ഥാനമായി. ചാറൽസ് ഡാർവിൻ ഈ പുസ്തകത്തെക്കുറിച്ചെഴുതി: "ലെയലിന്റെ പുസ്തകം കാലത്തിലൂടെയുള്ള യാത്രയാണ്. എന്റെ പുസ്തകങ്ങളുടെ ആശയങ്ങളിൽ

പകുതിയും ചാൾസ് ലെയലിന്റെ മസ്തിഷ്കത്തിൽനിന്നും ഉദ്ഭവിച്ചതാണ്." ലോകം പഴക്കമുള്ളതാണെന്നും അതിന്നും തുടർച്ചയായി മാറ്റത്തിന് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്നുള്ള ഡാർവിന്റെ ആശയം ലെയലിൽ നിന്നും കടം എടുത്തതായിരുന്നു.

1809-ൽ ഇംഗ്ലണ്ടിൽ ജനിച്ച പ്രകൃതിശാസ്ത്രജ്ഞനായ ചാറൽസ് ഡാർവിൻ പരിണാമസിദ്ധാന്തത്തിലൂടെ ഒരു ചിന്താവിപ്ലവം അഴിച്ചുവിട്ടു. ഡാർവിന്റെ പരിണാമസിദ്ധാന്തത്തിന് മുന്നിൽ സ്രഷ്ടാവായ ദൈവം മരിച്ചുവീണു. ദൈവത്തിന്റെ മരണത്തിന്റെ മണിമുഴക്കമായിരുന്നു പരിണാമവാദം. ഇന്നു കാണുന്ന രൂപത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളും ജന്തുക്കളും മനുഷ്യരും ആദ്യകാലത്ത് ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. ജീവികളുടെ വികാസത്തിന് പല ഘട്ടങ്ങളുണ്ട്. ഓരോ ഘട്ടത്തിലും ജീവികളുടെ ശരീരഘടനയും സ്വഭാവവിശേഷങ്ങളും മാറുന്നു. ഇടയ്ക്കിടയ്ക്ക് പുതിയ ജാതി ജീവികൾ താനേ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതാണ് പരിണാമം. ഏക കോശജീവിയിൽനിന്നും മൽസ്യം, ഇഴജന്തുക്കൾ, പക്ഷികൾ, സ്ഥലജലപ്രാണികൾ, കുരങ്ങുകൾ, മനുഷ്യൻ എന്നിവയെല്ലാം ഇങ്ങനെ പരിണമിച്ചുണ്ടായതാണ്. ബൂഗിൾ (Beagle) എന്ന കപ്പലിൽ ഡാർവിൻ സഞ്ചരിച്ച് ഗാലപ്പഗോസ് ദ്വീപിലും ശാന്തസമുദ്രത്തിലെ നിരവധി ദ്വീപുകളിലും പ്രകൃതിയെക്കുറിച്ച് അഗാധമായ പഠനം നടത്തി. പര്യവേക്ഷണത്തിനിടയിൽ കണ്ട ജൈവവൈവിധ്യം ഡാർവിനെ അത്ഭുതപ്പെടുത്തി. ലോകത്തിന്റെ നാനാഭാഗങ്ങളിൽനിന്നും അദ്ദേഹം ശേഖരിച്ച ഫോസിലുകൾ സൂക്ഷ്മപഠനത്തിന് വിധേയമാക്കി. ഈ നിരീക്ഷണങ്ങളുടെയും ഗവേഷണങ്ങളുടെയും ഫലങ്ങളെ ക്രോഡീകരിച്ച് 'ജീവിവംശ ഉല്പത്തി' (The Origin of Species) എന്ന വിശ്വപ്രസിദ്ധമായ പുസ്തകമെഴുതി പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. ലോകത്തെ ഉത്കൃഷ്ടകൃതികളിൽ ഒന്നാണിത്. ഡാർവിന്റെ പരിണാമസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ആഗമനത്തോടെ ഭൂമിയുടെ പ്രായത്തെസംബന്ധിച്ച ചോദ്യത്തിന് പ്രസക്തി വർദ്ധിച്ചു. അത് ഭൂമിയുടെ പ്രായം വീണ്ടും പുറകോട്ട് തള്ളി. മനുഷ്യപരിണാമത്തിന് ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളെടുത്തെന്ന് പരിണാമസിദ്ധാന്തം തെളിയിച്ചു. ജൂതക്രിസ്ത്യൻ സൃഷ്ടിവാദത്തിനേറ്റ മാരകമായ പ്രഹരമായിരുന്നു ഇത്. ഭൂമിയിലെ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളെയും യഹോവയായ ദൈവം ആറ് ദിവസംകൊണ്ട് സൃഷ്ടിച്ച് ആദിപിതാവായ ആദമിനെയും ആദിമാതാവായ ഹൗവ്വയെയും ഉൾപ്പെടെ സകല ജീവജാലങ്ങൾക്കും പാർക്കാൻ ഏദൻതോട്ടം ഒരുക്കിക്കൊടുത്തു. എന്നിട്ട് ഏഴാം നാൾ യഹോവയായ ദൈവം വിശ്രമമെടുത്തു. ഈ കഥയ്ക്ക് വിപരീതമായി കോടിക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളിലൂടെ പ്രകൃതിനിർദ്ധാരണ പ്രക്രിയയിലൂടെ പരിണമിച്ചുണ്ടായതാണ് സകല ജീവജാലങ്ങളും എന്നാണ് ഡാർവിന്റെ സിദ്ധാന്തം. റോമൻ കത്തോലിക്കാസഭ പരിണാമസിദ്ധാന്തത്തെ എതിർത്തു. ഡാർവിനെ അവിശ്വാസിയായി പ്രഖ്യാപിച്ചു. എന്നാൽ ഇന്ന് കത്തോലിക്കാസഭ പരിണാമസിദ്ധാന്തം അംഗീകരിക്കുന്നുണ്ട്. അടുത്ത കാലത്ത് ജീവിവംശത്തിന്റെ ഉല്പത്തി എന്ന പുസ്തകത്തിന്റെ മുഖ്യ അംശം സാധുവാണെന്ന് സഭ പ്രഖ്യാപിക്കുകയുണ്ടായി. ഭൂമിയുടെ പ്രായം വളരെയേറെ ഉണ്ടെന്ന് മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് സുപ്രധാനമായൊരു പങ്ക് പരിണാമസിദ്ധാന്തം വഹിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിലും അതിന് ഭൂമിയുടെ പ്രായം നിർണ്ണയിക്കാൻ

കഴിഞ്ഞില്ല. ലെയലിന്റെ ഭൂഗർഭശാസ്ത്രവും ഭൂമിയുടെ പ്രായം തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നതിൽ പരാജയപ്പെട്ടു.

ഭൂമിയുടെ പ്രായം തിട്ടപ്പെടുത്തുവാനുള്ള നിയോഗം ഭൗതികജ്ഞന്മാർക്കായിരുന്നു. 18-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനമായപ്പോഴേക്കും താപഗതികം (Thermodynamics) എന്നൊരു പുതിയ ഭൗതികശാസ്ത്രശാഖ രൂപംകൊണ്ടു. ഈ ശാസ്ത്രശാഖയുടെ വളർച്ചയ്ക്കും വ്യവസായവിപ്ലവവുമായി ബന്ധം ഉണ്ടായിരുന്നു. ആഴമേറിയ കൽക്കരി ഖനികളിൽ പണിയെടുത്ത തൊഴിലാളി ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗം ഉപരിതലത്തെക്കാൾ ചൂടുള്ളതാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കി. ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗത്തെ താപം പുറത്തേക്ക് ഉൽസർജിക്കപ്പെടുന്നതായി ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നിരീക്ഷിച്ചു. ഭൂമി ആദ്യകാലത്ത് ഉരുകിത്തിളച്ച് മറിയുന്ന ഗോളമായിരുന്നുവെന്ന നിഗമനത്തിൽ അവർ എത്തി. ഉരുകിത്തിളച്ച് മറിയുന്ന ഭൂമിയെപ്പോലുള്ള ഒരു ഗോളം തണുത്തുറഞ്ഞ് ഇന്നത്തെ അവസ്ഥയിലെത്തുവാൻ എത്രകാലം എടുത്തുകാണുമെന്ന് അവർ ചിന്തിച്ചു. ഭൂമി തണുക്കുന്നതിനെടുത്ത സമയത്തിൽനിന്നും ഭൂമിയുടെ പ്രായം കണക്കുകൂട്ടാമെന്ന നിഗമനത്തിലവർ എത്തി. ഈ തത്ത്വത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമിയുടെ വയസ്സ് നിർണ്ണയിക്കാൻ 1770-കളിൽ ബഫോൺ (Buffon) എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ഒരു ശ്രമം നടത്തി. അദ്ദേഹം ഭൂമിയുടെ പ്രായം 75000-നും 168000-നും വർഷങ്ങൾക്കിടയിലാണെന്ന് കണക്കാക്കി. പിന്നീട് അദ്ദേഹംതന്നെ ഭൂമിയുടെ പ്രായം 5 ലക്ഷം വർഷത്തിനടുത്ത് വരുമെന്ന് പ്രവചിച്ചു. പരിണാമവാദമനുസരിച്ച് മനുഷ്യവംശത്തിന്റെ ഉല്പത്തിക്ക് ഈ സമയം തികച്ചും അപര്യാപ്തമായിരുന്നു. ഭൂമി തണുക്കുന്ന തിനും ജീവപരിണാമത്തിനും കോടിക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ എടുത്തിട്ടുണ്ടെന്ന് 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആരംഭമായപ്പോഴേക്കും ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ബോദ്ധ്യമായി. ആവിയന്ത്രങ്ങളുടെ കണ്ടുപിടിത്തവും വികാസവും താപഗതികത്തെ ശക്തിപ്പെടുത്തി. 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിലെ പ്രമുഖരായ ചില ബുദ്ധിജീവികൾ താപഗതികത്തിൽ ആകൃഷ്ടരായി. ഇവരിൽ പ്രമുഖരായിരുന്നു ലോർഡ് കെൽവിൻ (Lord Kelvin), ഹെർമൺ വോൺ ഹെം ഹോൾട്സ് (Hermann von Holtz), റുഡോൾഫ് ക്ലേഷ്യസ് (Rudolf Clausius), ലുഡ്വിഗ് ബോൾട്സ്മാൻ (Ludwig Boltzmann) എന്നിവർ. ഇവർ കണക്കു കൂട്ടിയ ഭൂമിയുടെ കാലപ്പഴക്കവും പരിണാമവാദികളുടെയും ഭൂഗർഭശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെയും കാലനിർണ്ണയവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നില്ല.

19-ാം നൂറ്റാണ്ടിലെ മഹാരഥന്മാരായ ഭൗതികജ്ഞന്മാർ ഭൂമിയുടെ പ്രായം തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നതിനെക്കാൾ താത്പര്യം കാട്ടിയത് സൂര്യന്റെ പ്രായം നിർണ്ണയിക്കുന്നതിനായിരുന്നു. സൂര്യപ്രായം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ആദ്യം താത്പര്യമെടുത്ത ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു ഹെം ഹോൾട്സ്. അദ്ദേഹം അക്കാലത്തെ പ്രഗല്ഭനായ ദാർശനികനും ശാസ്ത്രജ്ഞനുമായിരുന്നു. ഇമ്മാനുവൽ കാൻറ് സൂര്യനെക്കുറിച്ച് അഭിപ്രായപ്പെട്ടിരുന്നത് അത് കത്തുന്ന തിളക്കമുള്ള ദ്രവ്യാത്മകവസ്തുവല്ലെന്നും അത് വെറുമൊരു ജ്വാലാത്മകവസ്തുവാണെന്നുമായിരുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ചുരുങ്ങൽ മൂലമാണ് സൂര്യനിൽ ഊർജോത്പാദനം നടക്കുന്നതെന്ന രഹസ്യം ഹെം

ഹോൾട്സ് കണ്ടുപിടിച്ചു. സൂര്യപ്രായം 2 കോടി മുതൽ 4 കോടി വർഷങ്ങൾ വരുമെന്ന് അദ്ദേഹം കണക്കുകൂട്ടി. ബഫോണിന്റെയും ബൈബിളിന്റെയും കാലനിർണ്ണയത്തേക്കാൾ ഇത് വളരെ ദീർഘമായിരുന്നെങ്കിലും ഡാർവിന്റെ പ്രവചനത്തെ തൃപ്തിപ്പെടുത്താൻ ഇതിനായില്ല. സൂര്യപ്രായം കണ്ടുപിടിക്കാൻ ശ്രമിച്ച മറ്റൊരു ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ലോർഡ് കെൽവിനായിരുന്നു. 1824-ൽ ബ്രിട്ടനിൽ ബെൽഫാസ്റ്റിൽ ജനിച്ച കെൽവിൻ ഒരസാധാരണ ശാസ്ത്രപ്രതിഭയായിരുന്നു. ഒന്നും രണ്ടും താപഗതികനിയമങ്ങൾ ആവിഷ്കരിക്കുന്നതിൽ മുഖ്യമായ പങ്ക് വഹിച്ചത് അദ്ദേഹമായിരുന്നു. താപം അളക്കുന്നതിനുള്ള സ്കെയിൽ കെൽവിന്റെ നാമധേയത്തിലാണ്. 50 കോടി വർഷങ്ങളായി സൂര്യൻ ജ്വലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്ന് കെൽവിൻ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. കെൽവിൻ നിർണ്ണയിച്ച സൂര്യപ്രായവും ഡാർവിനെയും ലെയലിനെയും തൃപ്തിപ്പെടുത്താൻ മതിയാകുമായിരുന്നില്ല.

പ്രകൃതിയിലെ രണ്ട് അടിസ്ഥാനബലങ്ങളായ ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലത്തെയും (Strong Nuclear Force) ദുർബ്ബല അണുകേന്ദ്രബലത്തെയും (Week Nuclear Force) കുറിച്ച് അന്ന് യാതൊരറിവും ഇല്ലായിരുന്നു. ആണവോർജത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തോടെയാണ് ഭൂമിയുടെയും സൂര്യന്റെയും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെതന്നെയും പ്രായം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനുള്ള ശാസ്ത്രവിദ്യ മനുഷ്യന് കൈവന്നത്. റേഡിയോ ആക്ടീവതയുള്ള മൂലകങ്ങളാണ് ഭൂമിയുടെ താപനില ഏതാണ്ട് 500 കോടി വർഷങ്ങളായി നിലനിർത്തിയിരിക്കുന്നത്. റേഡിയോ ആക്ടീവ് ക്ഷയത്തിന് കാരണം ദുർബ്ബല അണുകേന്ദ്രബലമാണ്. 500 കോടി വർഷങ്ങളായി സൂര്യൻ കത്തിജ്വലിച്ച് നില്ക്കുന്നത് അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം (Nuclear Fusion) മൂലമാണ്. അണുകേന്ദ്രസംയോജനത്തിന് ആധാരമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന ബലം ശക്തഅണുകേന്ദ്രബലമാണ്. സൂര്യന് ഇനിയും 500 കോടി വർഷങ്ങൾ കത്തിജ്വലിക്കുവാനാവശ്യമായ ആണവ ഇന്ധനം ഉണ്ടെന്ന് ഇന്ന് ജ്യോതിഭൗതികജ്ഞന്മാർക്കറിയാം. ആണവോർജത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തോടെ ഭൂമിയുടെ പ്രായത്തെക്കുറിച്ചുള്ള സംവാദം ഡാർവിന്റെ പരിണാമസിദ്ധാന്തത്തിന് അനുകൂലമായി. അണുഭൗതികം പ്രപഞ്ചപ്രായം ഗണിച്ചെടുക്കുന്നതിനുള്ള മാർഗ്ഗം നമുക്ക് കാണിച്ചുതന്നു.

അണുയുഗപ്പിറവിക്ക് തുടക്കം കുറിച്ചത് ജർമ്മൻ ഭൗതികജ്ഞനായ വില്യം കോൺറാഡ് റോൺട്ജൻ (Wilhelm Conrad Rontgen) ആയിരുന്നു. 1895 നവംബർ 8-ാം തീയതി വൂർസ്ബർഗ് (Wurzberg) യൂണിവേഴ്സിറ്റിയിലെ പരീക്ഷണശാലയിൽ ഒരു സെമി വാക്വം ട്യൂബിൽ വൈദ്യുതി കടന്നുപോകുമ്പോൾ എന്തു സംഭവിക്കുമെന്നു പരീക്ഷണം നടത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുമ്പോൾ ട്യൂബിന്റെ അടുത്തുണ്ടായിരുന്ന ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് ഫിലിമുകളിൽ പ്രകാശം പതിച്ചാൽ എന്നപോലെ ചില അടയാളങ്ങൾ വീഴുന്നതു കണ്ടു. ഫിലിമുകളെ കറുത്ത കടലാസുകൊണ്ട് പൊതിഞ്ഞുവെച്ചിരുന്നാൽപോലും ഈ പ്രവർത്തനം നടക്കുന്നതായി അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി. ഇത് സാധാരണ പ്രകാശംകൊണ്ടല്ലെന്നും വ്യക്തമായി. പ്രകാശം പുറത്തു പോകാത്ത തരത്തിൽ ട്യൂബ് കറുത്ത കാർഡ്ബോഡിനുള്ളിൽ വെച്ചിട്ട് റോൺട്ജൻ തന്റെ കൈ

ട്യൂബിന്റെയും സ്ക്രീനിന്റെയും ഇടയിൽവെച്ചപ്പോൾ കൈഎല്ലുകൾ സ്ക്രീനിൽ പതിഞ്ഞു. ഇത്തരം കിരണങ്ങളെക്കുറിച്ച് അന്ന് കേട്ടുകേൾവി പോലുമില്ലായിരുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഇതിനെ എക്സ് കിരണങ്ങൾ എന്നു വിളിച്ചു. അണുവിനുള്ളിലെ കക്ഷകളിലുള്ള ഇലക്ട്രോണിന്റെ ചലനംമൂലം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ഉന്നതോർജ്ജഫോട്ടോണുകളാണ് എക്സ് കിരണങ്ങൾ (X- ray).

അണുഭൗതികത്തിന്റെ മുന്നേറ്റത്തിനു കളമൊരുക്കിയ മറ്റൊരു കണ്ടുപിടിത്തം റേഡിയോ ആക്ടീവതയുടേതായിരുന്നു. റേഡിയോ ആക്ടീവത കണ്ടുപിടിച്ചത് ഫ്രഞ്ച് ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഹെൻറി ബക്കറൽ (Henri Becquerel) ആണ്. ബക്കറലും അദ്ദേഹത്തിന്റെ അച്ഛനും മുത്തച്ഛനും പ്രദീപ്തി (Phosphoresence) എന്ന പ്രതിഭാസത്തെക്കുറിച്ച് ഗവേഷണത്തിലേർപ്പെട്ടിരുന്നവരായിരുന്നു. ബക്കറൽ റേഡിയോ ആക്ടീവത കണ്ടുപിടിച്ചത് ആകസ്മികമായിട്ടാണ്. പരീക്ഷണശാലയിൽ എക്സ് കിരണങ്ങളെക്കുറിച്ച് പരീക്ഷണം നടത്തിക്കൊണ്ടിരുന്ന അവസരത്തിൽ ഒരു ദിവസം കറുത്ത കടലാസുകൊണ്ടു പൊതിഞ്ഞ ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് പ്ലേറ്റ് മേശയ്ക്കകത്തു വെച്ചിട്ട് അതിന്റെ മുകളിൽ കുറച്ച് പൊട്ടാസ്യം യുറാനിൻ സൾഫേറ്റും വെച്ചു, എന്നിട്ട് മേശപൂട്ടി. കുറച്ചു ദിവസം കഴിഞ്ഞ് ഫോട്ടോഗ്രാഫിക്ക് പ്ലേറ്റ് എടുത്ത് ഡെവലപ് ചെയ്യുനോക്കിയപ്പോൾ അദ്ഭുതമെന്നു പറയട്ടെ പ്ലേറ്റുകൾ അതിശക്തങ്ങളായ വികിരണങ്ങൾ ഏറ്റതുകൊണ്ടെന്ന പോലെ നല്ലവണ്ണം ഇരുണ്ടതായി കാണപ്പെട്ടു. ഇതേപ്പറ്റിയുള്ള അന്വേഷണമാണ് യുറാനിൻ സൾഫേറ്റിലെ യുറാനിയമാണ് കറുത്ത കടലാസിനെ തുളച്ചു കടന്ന് ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് പ്ലേറ്റിനെ ആക്രമിച്ച പ്രസരണങ്ങളെ പുറത്ത് വിട്ടുകൊണ്ടിരുന്നതെന്നും അത് പുറമേനിന്ന് യാതൊരു പ്രകോപനവും ഇല്ലാതെ സ്വമേധയാ ഈ പ്രക്രിയ തുടർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണെന്നുമുള്ള കണ്ടുപിടിത്തത്തിലേക്ക് ബക്കറലിനെ നയിച്ചത്. സ്ഥിരമായ യുറാനിയം അണുവിലെ ഉപ ആണവകണങ്ങളുടെ ഉൽസർജ്ജനംമൂലമാണ് റേഡിയോ ആക്ടീവത ഉണ്ടാകുന്നതെന്ന് ബക്കറൽ 1896-ൽ പ്രഖ്യാപിച്ചു. ഓരോ അണുവും ഊർജ്ജക്കെട്ടുകളാണെന്ന ഐൻസ്റ്റിന്റെ പ്രവചനത്തെ ശരിവയ്ക്കുന്നതായിരുന്നു ബക്കറലിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തം.

ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികജ്ഞനായ ഏണസ്റ്റ് റുഥർഫോർഡ് റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങൾക്ക് ധാരാളം ഊർജ്ജം ഉത്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിവുണ്ടെന്നു കണ്ടുപിടിച്ചു. റുഥർഫോർഡാണ് റേഡിയോ ആക്ടീവത ഉപയോഗിച്ച് വസ്തുക്കളുടെ കാലപ്പഴക്കം കണ്ടുപിടിക്കാമെന്നു പറഞ്ഞത്. റേഡിയോമെട്രിയുടെ ഉപജ്ഞാതാവായിരുന്നു അദ്ദേഹം. ഒരു ചെറിയ കഷണം റേഡിയത്തിന് വളരെ കൂടുതൽ താപോർജ്ജം ഉത്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയുമെന്നും അത് ആയിരക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ തുടർച്ചയായി താപോർജ ഉത്പാദനം നടത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുമെന്നും റുഥർഫോർഡ് തെളിയിച്ചു. ചില റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങൾക്ക് ശതകോടിക്കണക്കിന് വർഷം ഊർജ്ജോത്പാദനം നടത്താൻ ശേഷിയുണ്ടെന്നും അദ്ദേഹം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഭൂമിയുടെ ചൂട് നിലനില്ക്കുന്നതിന് കാരണം ഭൂഗർഭത്തിലെ പാറകൾക്കിടയിലും അതിന്റെ

കാതലിനുള്ളിലുമുള്ള റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന താപമാണ്. ഭൂമിയുടെ ആയുർദൈർഘ്യത്തിന് കാരണം റേഡിയോ ആക്ടീവതമൂലം സൃഷ്ടിക്കുന്ന താപോർജ്ജമാണെന്ന് റുഥർഫോർഡ് മനസ്സിലാക്കി. പരിണാമം സുദീർഘമായൊരു പ്രക്രിയയാണെന്ന് ഭൂഗർഭ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെയും ജീവശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെയും നിഗമനാനുമാനം ശരിതന്നെയാണെന്ന് റുഥർഫോർഡ് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ പഴക്കത്തിനുള്ള തെളിവുകൾ മാത്രമല്ല. അവ ഉപയോഗിച്ച് നിരവധി വസ്തുക്കളുടെ പ്രായം നിശ്ചയിക്കാം. പാറകളിൽ കാണുന്ന റേഡിയത്തിന്റെയും യുറാനിയത്തിന്റെയും റേഡിയോ ആക്ടീവത പഠിച്ച് അവയുടെ പഴക്കം കണ്ടുപിടിക്കാം. റുഥർഫോർഡിന്റെ പക്കൽ റേഡിയോ ആക്ടീവതയുള്ള പിച്ച്ബ്ലെൻഡ് അയിര് ഉണ്ടായിരുന്നു. അദ്ദേഹം അതിന്റെ പഴക്കം 70 കോടി വർഷമാണെന്ന് തിട്ടപ്പെടുത്തി. റേഡിയോ ആക്ടീവതയുള്ള ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്റെ ക്ഷയ (Decay) നിരക്കിനെ സ്വാധീനിക്കുവാനോ നിയന്ത്രിക്കുവാനോ താപം, മർദ്ദം എന്നീ സാഹചര്യങ്ങൾക്ക് കഴിയില്ല. എല്ലാ റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഐസോടോപ്പുകളും ഒരേ നിരക്കിലല്ല ക്ഷയിക്കുന്നത്. വിവിധ റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഐസോടോപ്പുകളുടെ ക്ഷയനിരക്ക് സൂചിപ്പിക്കുന്നതിന് അർദ്ധായുസ്സ് (Half-life) എന്ന മൂല്യമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഒരു നിശ്ചിത അളവ് റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഐസോടോപ്പ് ക്ഷയിച്ച് അതിന്റെ പകുതി ഭാഗമായി മാറുന്നതിന് ആവശ്യമായ കാലയളവിനെ ആ ഐസോടോപ്പിന്റെ അർദ്ധായുസ്സ് എന്നു പറയുന്നു. ഈ കാലയളവ് ഒരു റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഐസോടോപ്പിനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം സ്ഥിരമായിരിക്കും. ഒരു സെക്കൻറിന്റെ അംശംമുതൽ കോടിക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾവരെ അർദ്ധായുസ്സുള്ള റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഐസോടോപ്പുകൾ ഉണ്ട്. റേഡിയോ ആക്ടീവ് ഐസോടോപ്പുകളടങ്ങിയ പാറകൾ, അമ്പുകൾ, എല്ലുകൾ എന്നിവയുടെ കാലപ്പഴക്കം റേഡിയോ ആക്ടീവ് പദാർത്ഥത്തിന്റെ അർദ്ധായുസ്സിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി തിട്ടപ്പെടുത്താം. ഭൂമിയിലെ എല്ലാ ജീവനുള്ള വസ്തുക്കളിലും കാർബൺ (Carbon) അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതുകൊണ്ട് ജൈവ വസ്തുക്കളുടെ കാലപ്പഴക്കം നിർണ്ണയിക്കുന്നതിന് കാർബണിന്റെ ഐസോടോപ്പായ കാർബൺ 14 ഉപയോഗിച്ച് വരുന്നു. റേഡിയോ കാർബൺ ഉപയോഗിച്ച് കാലപ്പഴക്കം നിർണ്ണയിക്കുന്നതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന തത്ത്വം എന്താണെന്ന് പരിശോധിക്കാം. ബഹിരാകാശത്തുനിന്ന് വരുന്ന വികിരണങ്ങളുടെ കോസ്മിക് രശ്മികളുടെ പ്രവർത്തനഫലമാണ് അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാർബൺ 14 ഉണ്ടാകുന്നത്. ഉപ ആണവകണങ്ങൾ അടങ്ങിയ വികിരണങ്ങൾ ഭൗമാന്തരീക്ഷത്തിൽ എത്തുമ്പോൾ അവ വായുവിലെ വിവിധ ഇനം അണുക്കളുമായി കൂട്ടിയിടിച്ച് അവയെ ന്യൂട്രോൺ, പ്രോട്ടോൺ തുടങ്ങിയ കണങ്ങളുമായി വിഘടിപ്പിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ ഉണ്ടാകുന്ന ചില ന്യൂട്രോൺ നൈട്രജൻ (Nitrogen) അണുവിൽ വന്നിടിക്കുമ്പോൾ നൈട്രജൻ അണുവിന്റെ അണുകേന്ദ്രം (Nucleus) ശിഥിലീകരിച്ച് പ്രോട്ടോണിനെ പുറത്തു വിടുന്നു. അങ്ങനെ ഒരു പ്രോട്ടോൺ നഷ്ടപ്പെട്ട നൈട്രജൻ അണു

വിന്റെ അണുഭാരം 14 തന്നെയായ റേഡിയോ കാർബൺ (Radio carbon) ആയി മാറുന്നു.

$7^{N\,14} + 0^{n1} - 6^{e14} + 1^{H1}$ (N ന്യൂട്രോൺ H പ്രോട്ടോൺ)

ഈ റേഡിയോ കാർബൺ ഒരു നിശ്ചിത ക്രമത്തിൽ ക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. ഇതിന്റെ അർദ്ധായുസ്സ് 5760 വർഷമാണ്. എന്നാൽ കോസ്മിക് രശ്മികളുടെ പ്രവർത്തനം മുഖേന അന്തരീക്ഷത്തിലെ റേഡിയോ കാർബണിന്റെ അളവ് സ്ഥിരമായി നിലനിർത്തപ്പെടുന്നു. മനുഷ്യനും മറ്റ് ജന്തുക്കളും സസ്യങ്ങളിൽക്കൂടി അന്തരീക്ഷത്തിൽനിന്ന് കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡിനോടുകൂടി ഈ റേഡിയോ കാർബൺ ആഗിരണം ചെയ്യുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം ജന്തുസസ്യകലകളിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന റേഡിയോ കാർബണിന്റെ ക്ഷയം നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുമെങ്കിലും ജീവജാലങ്ങൾ അവയ്ക്ക് ജീവനുള്ള കാലമത്രയും റേഡിയോ കാർബൺ തുടർച്ചയായി ആഗിരണം ചെയ്ത് ഈ കുറവ് പരിഹരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു.

ഇനി ഒരു മരം വെട്ടിമുറിച്ച് ഇടുന്നു അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ജീവി മരിക്കുന്നു എന്നിരിക്കട്ടെ. അതോടെ റേഡിയോ കാർബണിന്റെ ആഗിരണം നിലയ്ക്കുന്നു. എന്നാൽ അതിലുണ്ടായിരുന്ന C -14 തുടർന്നും ക്ഷയിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും. അതിലുണ്ടായിരുന്ന C -14-ന്റെ അളവിൽ ക്ഷയത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന കുറവ് അതിന്റെ അർദ്ധായുസ്സിന് അനുസരണമായിരിക്കും. ഇങ്ങനെ പുരാതനകാലത്ത് ജീവിച്ചിരുന്ന ഒരു ജീവിയുടെയോ സസ്യത്തിന്റെയോ ഫോസിൽ കണ്ടെത്തിയാൽ ഇന്ന് അതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന റേഡിയോ കാർബണിന്റെ അളവെത്രയെന്ന് നമുക്ക് കൃത്യമായി കണ്ടുപിടിച്ച് അതിനെത്ര പഴക്കം ഉണ്ടെന്ന് നിർണ്ണയിക്കാൻ സാദ്ധ്യമാണ്. കാർബൺ -14 ഉപയോഗിച്ച് പുരാതനകാലത്ത് ജീവിച്ചിരുന്ന സസ്യജന്തുജാലങ്ങളുടെ പഴക്കം മാത്രമേ കണ്ടുപിടിക്കാനാകൂ.

ആ ജൈവവസ്തുക്കളുടെ കാലപ്പഴക്കം കണ്ടുപിടിക്കാൻ അർദ്ധായുസ്സ് വളരെ കൂടുതലുള്ള റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങൾ വേണം. ഭൂമിയുടെയും സൂര്യന്റെയും നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും പ്രായം തിട്ടപ്പെടുത്താൻ ഭൂഗർഭശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കും അർദ്ധായുസ്സ് വളരെ കൂടുതലുള്ള റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളെ ആശ്രയിക്കേണ്ടിവന്നു. യുറാനിയം 238-ന്റെ അർദ്ധായുസ്സ് 400 കോടി വർഷവും റുബിഡിയം 87-ന്റേത് 4700 കോടി വർഷവുമാണ്. ഇന്ന് നമ്മൾ ഭൂഗർഭശാസ്ത്രം, ഭൂഭൗതികം, ജ്യോതിഭൗതികം എന്നീ ശാസ്ത്രശാഖകളിൽ റേഡിയോമെട്രി വളരെ സമർത്ഥമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. ബ്രിട്ടീഷ് ഭൂഗർഭശാസ്ത്രജ്ഞനായ ആർതർ ഹോൾമെസ് (Arthur Holmes) അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രസിദ്ധമായ ഭൂമിയുടെ വയസ്സ് (The Age of the Earth) എന്ന പുസ്തകത്തിൽ റേഡിയോമെട്രി ഉപയോഗിച്ച് തിട്ടപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള ഭൂമിയിലെ പാറയടുക്കുകളുടെ കാലപ്പഴക്കം 370 കോടി വർഷമാണ്. അപ്പോളോ ബഹിരാകാശയാത്രികർ ചന്ദ്രനിൽനിന്നും ശേഖരിച്ചുകൊണ്ടുവന്ന ചന്ദ്രപ്പാറയ്ക്ക് 460 കോടി വർഷം പഴക്കമുണ്ട്. ഭൂമിയിൽ പതിച്ചിട്ടുള്ള ഉൽക്കകളുടെ പ്രായവും ഏകദേശം ഇതിന് തുല്യമാണ്. ഈ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് സൗരയൂഥത്തിന് 500 കോടി വയസ്സുണ്ടെന്ന നിഗമനത്തിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ എത്തിയത്.

1938-ൽ ജർമ്മൻ രസതന്ത്രജ്ഞന്മാരായ ഓട്ടോഹാനും (Otto Hann) ഫ്രിറ്റ്സ് സ്ട്രാസ്മനും (Fritz Strassmann) അണുകേന്ദ്രവിഭജനത്തിലൂടെ (Fission) ഊർജ്ജം ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന വിദ്യ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇതിന് ഒരു വർഷം കഴിഞ്ഞ് അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞനായ ഹാൻസ്ബേഥേ (Hans Bethe) അണുകേന്ദ്രസംയോജനത്തിലൂടെ (Fusion) എങ്ങനെ ആണവോർജ്ജം ഉത്പാദിപ്പിക്കാമെന്നും കണ്ടുപിടിച്ചു. ആണവോർജ്ജത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തോടെ സൂര്യനും നക്ഷത്രങ്ങളും എന്തുകൊണ്ടു പ്രകാശിക്കുന്നു, എങ്ങനെ നിലനില്ക്കുന്നു എന്ന് നമുക്ക് മനസ്സിലായി. സൗരയൂഥവും ഗാലക്സികളും എല്ലാം അടങ്ങുന്ന പ്രപഞ്ചവും ശതകോടിക്കണക്കിന് പ്രായം ഉള്ളതാണെന്ന് നമുക്ക് ബോദ്ധ്യപ്പെട്ടു.

പ്രപഞ്ചവികാസത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ഹബിൾ നിയമം ആണ് പ്രപഞ്ചപ്രായം തിട്ടപ്പെടുത്താൻ ആധുനിക ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഉപയോഗിക്കുന്ന മറ്റൊരു പാധി. പ്രപഞ്ചവികാസനിരക്കും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഇപ്പോഴത്തെ വലിപ്പവും അറിയാമെങ്കിൽ എത്ര കാലം മുമ്പാണ് വികാസം ആരംഭിച്ചതെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. അതുതന്നെയാണ് പ്രപഞ്ചപ്രായം. ഈ തത്ത്വം ഉപയോഗിച്ച് എഡ്വിൻ ഹബിൾ പ്രപഞ്ചത്തിന് 200 കോടി വയസ്സുണ്ടെന്ന് കണക്കു കൂട്ടി. റേഡിയോമെട്രി ഉപയോഗിച്ച് നിർണ്ണയിച്ച ഭൂമിയുടെ പ്രായത്തെക്കാൾ വളരെ കുറവായിരുന്നു ഇത്. ഭൂമിയുടെ അതേ പ്രായംതന്നെയാണല്ലോ സൗരയൂഥത്തിനും. എന്തോ പിശക് ഹബിളിന്റെ കണക്കുകൂട്ടലിൽ ഉണ്ടെന്നു വ്യക്തമായി.

നാം കാണുന്ന നിരവധി നക്ഷത്രങ്ങളും ഗാലക്സികളും ആയിരം കോടി വർഷങ്ങളുടെ പഴക്കം ഉള്ളതാണെന്ന നിഗമനത്തിൽ ജ്യോതി ഭൗതികജ്ഞന്മാർ നേരത്തേതന്നെ എത്തിച്ചേർന്നിരുന്നു. ആകയാൽ നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും ഗാലക്സികളുടെയും ചുമപ്പ് നീക്കത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള അവയുടെ ദൂരനിർണ്ണയത്തിൽ പിശകുകൾ ഉണ്ടെന്ന് അവർ കണ്ടെത്തി. ഈ പിശകുകൾ തിരുത്തുന്നതിനുള്ള യജ്ഞത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടു ജ്യോതിശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ. 1940-കളിൽ ക്ഷീരപഥത്തിനപ്പുറം ഉള്ള ഗാലക്സികളുടെ ദൂരം ഹാലെ നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ ദൂരദർശിനികൾ ഉപയോഗിച്ച് നാടകീയമായി പുനർനിർണ്ണയംചെയ്തു. 1950-കളുടെ ആദ്യം ഹബിൾ സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യവും പുനർനിർണ്ണയം ചെയ്യപ്പെട്ടു.

വാൾട്ടർബാഡെ (Walter Baade) 1893-ൽ പടിഞ്ഞാറൻ ജർമ്മനിയിൽ ജനിച്ചു. ഭൗതികത്തിൽ ഉന്നതബിരുദങ്ങൾ നേടിയതിനു ശേഷം അദ്ദേഹം ജർമ്മനിയിലെ ഹാംബെർഗ് സർവ്വകലാശാലയിൽ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രഗവേഷണങ്ങളിലേർപ്പെട്ടു. 1931-ൽ അദ്ദേഹം അമേരിക്കയിലേക്ക് കുടിയേറി. ലോകപ്രസിദ്ധമായ മൗണ്ട്വിൽസൺ, പാലോമർ എന്നീ നിരീക്ഷണാലയങ്ങളിലായി 27 വർഷം സേവനം അനുഷ്ഠിച്ചു. ബാഡേ ആധുനിക നിരീക്ഷണജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന് മഹത്തായ സംഭാവനകൾ നല്കി. 1948-ൽ ഹാലെ നിരീക്ഷണാലയത്തിൽ പുതിയതായി സ്ഥാപിച്ച 200 ഇഞ്ച് ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് പ്രപഞ്ചസീമകളിലേക്ക് നിരീക്ഷണം നടത്തുവാനുള്ള ഭാഗ്യം അദ്ദേഹത്തിന് ലഭിച്ചു. ഗാലക്സികദൂരങ്ങൾ ബാഡേ പുനർനിർണ്ണയം ചെയ്തു. ആൻഡ്രോമിഡ ഗാലക്സിയിലേക്കുള്ള ദൂരം 20 ലക്ഷം പ്രകാശവർഷ

മാണെന്ന് ബാഡേ കണക്കുകൂട്ടി. ഹബിളിന്റെ കണക്കനുസരിച്ച് ഇത് 8 ലക്ഷം പ്രകാശവർഷങ്ങൾ മാത്രമായിരുന്നു. ബാഡേ പ്രപഞ്ചപ്രായം 500 കോടി വർഷമായി പുനർനിർണ്ണയം ചെയ്തു. പ്രപഞ്ചം ഭൂമിയെയും സൗരയൂഥത്തെയുംകാൾ പ്രായം ഉള്ളതാണെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ സംശയത്തിന് ബാഡേയ്ക്കും വ്യക്തമായ ഉത്തരം നല്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല.

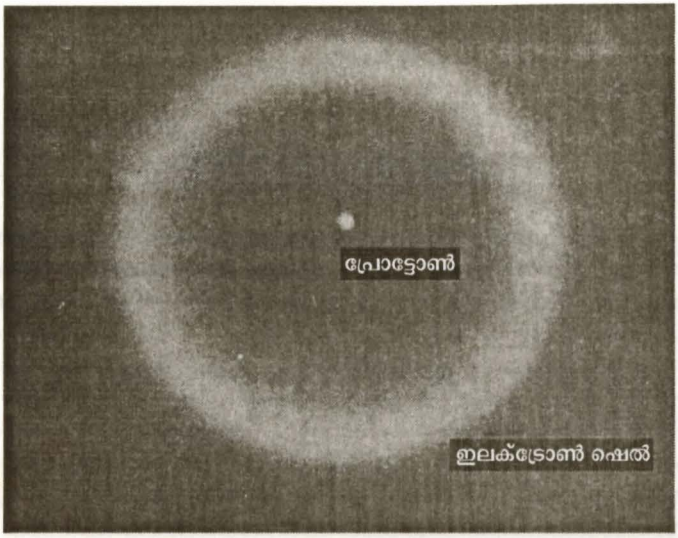
തുടർന്നുള്ള വർഷങ്ങളിൽ നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ ഹബിൾ സ്ഥിരാങ്കം വീണ്ടും വീണ്ടും പുനർനിർണ്ണയം ചെയ്യപ്പെട്ടു. ഹാലെയിലെ 200 ഇഞ്ച് ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് വാനനിരീക്ഷണം നടത്തിയ അമേരിക്കൻ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ അലൻ സാൻഡേജ് (Allen Sandage) പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രായം 2000 കോടി വർഷമാണെന്ന് തിട്ടപ്പെടുത്തി. 1950കൾ മുതൽ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അഗാധതകൾ പരിശോധിക്കുന്നതിന് റേഡിയോ ദൂരദർശിനികൾ എക്സ്-റേ ദൂരദർശിനികൾ എന്നിവ ഉപയോഗിക്കുവാൻ തുടങ്ങി. പ്രപഞ്ചത്തിലെ അതിവിദൂരസ്ഥമായ ക്വാസാറുകൾ 1500 കോടി പ്രകാശവർഷം അകലെയാണെന്നാണ് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഇപ്പോൾ തിട്ടപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നത്. പ്രപഞ്ചപ്രായവും അതിന്റെ വ്യാപ്തിയും തമ്മിൽ ബന്ധമുണ്ട്. ഇന്ന് പൊതുവായി ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ എത്തിച്ചേർന്നിട്ടുള്ള നിഗമനം പ്രപഞ്ചത്തിന് 1500 കോടി വയസ്സുണ്ടെന്നാണ്. ഹബിളിന്റെ പേരിൽ ബഹിരാകാശത്ത് അമേരിക്ക വിക്ഷേപിച്ചിരിക്കുന്ന ഹബിൾ ദൂരദർശിനി (Hubble Telescope) പ്രപഞ്ചരഹസ്യങ്ങൾ കൂടുതൽ കൃത്യതയോടെ കണ്ടുപിടിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. പ്രപഞ്ചപ്രായം കൃത്യമായി നിർണ്ണയിക്കാനുള്ള മഹായജ്ഞത്തിലാണ് ഇന്ന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ.

നക്ഷത്രപരിണാമം

20-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആരംഭമായപ്പോഴേക്കും സൂര്യൻ കത്തിജ്വലിക്കുന്നതിനും നക്ഷത്രങ്ങൾ മിന്നിത്തിളങ്ങുന്നതിനും കാരണം ആണവോർജ്ജം ആണെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് മനസ്സിലായി. ഊർജ്ജത്തിന്റെ ഉറവിടമാണ് അണു. അണുഭൗതികത്തെയും ജ്യോതിശാസ്ത്രത്തെയും സമന്വയിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് നടത്തിയ പ്രപഞ്ചപഠനം അണുവിന്റെയും നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെതന്നെയും പരിണാമചരിത്രത്തിലേക്ക് വെളിച്ചം വീശി. ഇന്ന് നാം കാണുന്ന മഹാപ്രപഞ്ചം അണുക്കളുടെയും നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും പരിണാമത്തിന്റെ ഫലമാണ്. നക്ഷത്ര ഊർജ്ജത്തെ മനസ്സിലാക്കാനുള്ള ലളിതമായ മാർഗ്ഗം അണുഘടനയെ മനസ്സിലാക്കലാണെന്ന് അമേരിക്കൻ ഭൂഗർഭ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ തോമസ് ക്രവ്ഡർ ചേമ്പർലേൻ (Thomas Crowder Chamber-lane) 1898-ൽത്തന്നെ അഭിപ്രായപ്പെടുകയുണ്ടായി. അണുഘടനയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനത്തിന് തുടക്കം കുറിച്ചത് റേഡിയോ ആക്ടീവതയുടെ കണ്ടുപിടിത്ത മാണ്. ഹെൻട്രി ബെക്കറലിന്റെയും ക്യൂറി ദമ്പതികളുടെയും പരീക്ഷണശാലകളിൽ അണുക്കൾ (Atoms) കണങ്ങളെ ഉൽസർജ്ജിക്കുന്നു എന്നും ഈ ഉൽസർജ്ജനത്തിന്റെ ഫലമായി ഒരു മൂലകം മറ്റൊരു മൂലകമായി മാറുന്നു എന്നും തെളിയിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു. എന്നാൽ അണുവിനെ വിഭജിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് ആരും വിശ്വസിക്കാൻ തയ്യാറായില്ല. ഏണസ്റ്റ് റുഥർഫോർഡും ബ്രിട്ടീഷ് രസതന്ത്രജ്ഞനായ ഫ്രെഡറിക് സോഡിയും (Frederick Soddy) അണുവിനെ വിഭജിക്കാൻ കഴിയുമെന്നു സ്ഥാപിച്ചു. അണുഭൗതികത്തിന്റെ മുന്നേറ്റത്തിന് സഹായകമായി 1897-ൽ ജെ.ജെ. തോംസന്റെ ഇലക്ട്രോൺ കണ്ടുപിടിത്തം. 1913-ൽ അദ്ദേഹംതന്നെ പ്രോട്ടോണും കണ്ടുപിടിച്ചു. 1932-ൽ ജെയിംസ് കാഡ്വിക്ക് ന്യൂട്രോൺ കണ്ടു പിടിച്ചു.

റുഥർഫോർഡിന്റെ പരീക്ഷണങ്ങളാണ് അണുഘടന വ്യക്തമാക്കിയത്. 1911-ൽ വളരെ ലളിതമായൊരു അണുമാതൃക റുഥർഫോർഡ് അവതരിപ്പിച്ചു. അണുവിന് വളരെ ചെറിയ ഒരു അണുകേന്ദ്രം (Nucleus) ഉണ്ടെന്നും അതിന്റെ ദ്രവ്യമാനം മിക്കവാറും കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത് അവിടെയാണെന്നും റുഥർഫോർഡ് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ചാർജ്ജും വ്യാസവും അദ്ദേഹം കണക്കുകൂട്ടി. ഒരു ഹൈഡ്രജൻ അണുവിന്റെ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ഒരു പ്രോട്ടോണും അതിന് ചുറ്റുമുള്ള കക്ഷയിൽ

(Shell) ഒരു ഇലക്ട്രോണുമുണ്ട്. പ്രോട്ടോണിന്റെ വലിപ്പം ഒരു തരിമണലിന്റേതാണെങ്കിൽ കക്ഷയുടെ വലിപ്പം ഒരു ഫുട്ബാൾ കോർട്ടിന് തുല്യമാണ്.



ഓരോ മൂലകത്തിന്റെയും ഭാരത്തെ സംബന്ധിച്ച ആണവവിശദീകരണവും അദ്ദേഹം നല്കി. ഭാരം ഉള്ള മൂലകങ്ങൾ ഭാരം ഉള്ളതായിരിക്കുന്നത് അവയുടെ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ ഭാരം വളരെ വലുതായതുകൊണ്ടാണെന്ന് റുഥർഫോർഡ് തെളിയിച്ചു.

ഡാനിഷ് ഭൗതികജ്ഞനായ നീൽ ബോർ (Niels Bohr) മറ്റൊരു അണുമാതൃക അവതരിപ്പിച്ചു. നീൽ ബോർ അണുവിനെ സൗരയൂഥത്തിന്റെ ചെറിയ പതിപ്പായി കരുതി. ഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യനെ ചുറ്റുന്നതുപോലെ ഇലക്ട്രോണുകൾ അണുകേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റും ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നു. ബോറിന്റെ ഈ സങ്കല്പം തെറ്റാണെന്നു പിന്നീട് തെളിഞ്ഞു. ബോറിന്റെ അണുമാതൃകയ്ക്ക് ചില പോരായ്മകൾ ഉണ്ടായിരുന്നെങ്കിലും അതാണ് വർണ്ണരാജി പഠനത്തിന് അടിസ്ഥാനമായത്. ഒരു നിശ്ചിത അണുവിലെ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തെ തീരുമാനിക്കുന്നത് അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ വൈദ്യുതി ചാർജ്ജിനെ ആസ്പദമാക്കിയാണ്. അതായത് അണുകേന്ദ്രത്തിലെ പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണത്തെ ഒരണുവിന്റെ രാസവ്യക്തിത്വം മനസ്സിലാക്കുന്നതിനുള്ള അടിസ്ഥാനമാണിത്. ഇലക്ട്രോണുകൾ അണുകേന്ദ്രത്തിനു ചുറ്റും ചില സുനിശ്ചിത കക്ഷകളിലൂടെ മാത്രമേ സഞ്ചരിക്കൂ. ഓരോ കക്ഷയിലുമുള്ള ഇലക്ട്രോണിന് സുനിശ്ചിതമായ ഊർജ്ജം ഉണ്ട്. ഇവയല്ലാതെ മറ്റ് ഊർജ്ജനിലകൾ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് കൈക്കൊള്ളാനാവില്ല. ഇവയെ കാണ്ഡം നിലകൾ എന്നു പറയുന്നു. ഒരു കക്ഷയിൽനിന്ന് ഇലക്ട്രോൺ ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ മറ്റൊരു കക്ഷയിലേക്ക് എടുത്തു ചാടും.

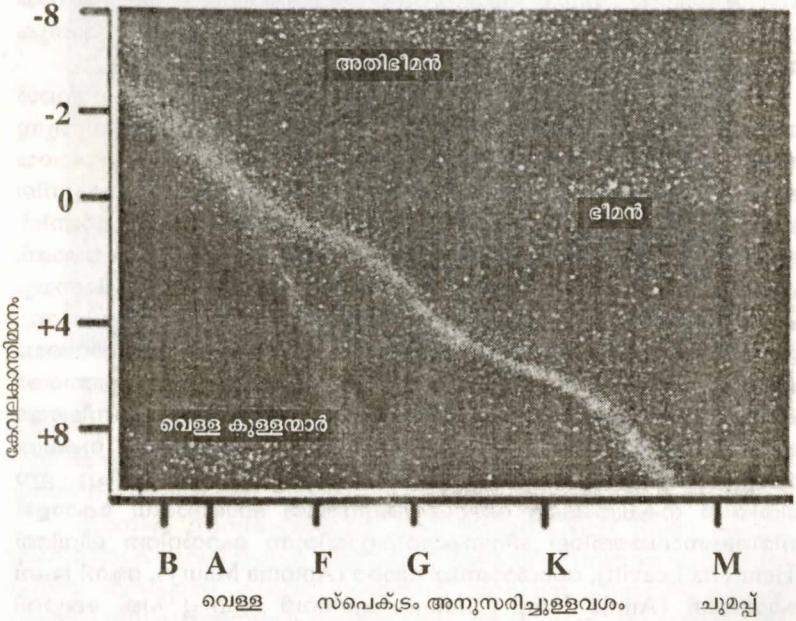
അങ്ങനെ ചാടുമ്പോൾ ഈ രണ്ട് കക്ഷകളുടെ ഊർജ്ജനിലകൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസത്തിന് തുല്യമായ ഒരു വൈദ്യുതകാന്തിക വികിരണത്തെ പുറത്തു വിടുന്നു. അതായത് ഒരു ഫോട്ടോണിനെ ഉൽസർജ്ജിക്കുന്നു.

ആ ഫോട്ടോണിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം ഇലക്ട്രോൺ ഏത് കക്ഷയിൽ നിന്നും ഏത് കക്ഷയിലേക്ക് പതിക്കുന്നു എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചാണ്. അങ്ങനെയാണ് വർണ്ണരാജി ഉണ്ടാകുന്നത്. ആ വർണ്ണരാജിക്ക് ഫോട്ടോണുകളുടെ തരംഗദൈർഘ്യമായിരിക്കും ഉണ്ടാകുക. നക്ഷത്രങ്ങളും മറ്റ് വസ്തുക്കളും ഏതു തരം മൂലകങ്ങൾകൊണ്ടാണ് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടതെന്ന് അവയുടെ വർണ്ണരാജി പരിശോധിച്ചാൽ മനസ്സിലാക്കാം. കാണ്ടം ഭൗതികത്തിന്റെ സ്ഥാപകനായ മാക്സ്പ്ലാങ്കിന്റെ വാക്കുകളിൽ പറഞ്ഞാൽ "ബോറിന്റെ അണുമാതൃക വർണ്ണരാജിപഠനത്തിനുള്ള വഴികാട്ടിയായി."

ഒരു ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് ഒരു നക്ഷത്രത്തെ നിരീക്ഷിക്കുമ്പോൾ അതിൽനിന്നുള്ള പ്രകാശ വർണ്ണരാജി നമുക്ക് കാണാൻ കഴിയും. വ്യത്യസ്ത നക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് വ്യത്യസ്ത വർണ്ണരാജി ഉണ്ട്. ഇത് അതിന്റെ താപനിലയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ചൂട്ടുപഴുത്ത ഒരു വസ്തു അതിന്റെ താപനില അനുസരിച്ച് അതിന്റെ നിറത്തിന് മാറ്റം വരുത്തുന്നതുപോലെയാണിത്. ഒരു ഇരുമ്പുകഷണം ചൂടാക്കുക. തണുത്തിരിക്കുമ്പോൾ അത് ഇരുണ്ടതാണ്, ചൂടാക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ നിറം ആദ്യം ചുവപ്പ് ആകുന്നു. പിന്നെയും ചൂടാക്കിയാൽ വെള്ളനിറവും തുടർന്ന് നീലനിറവും ആയിത്തീരുന്നു. അതുപോലെ താരതമ്യേന ചൂട് കുറഞ്ഞ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ നിറം ഓറഞ്ചോ ചുവപ്പോ ആയിരിക്കും. പിന്നെയും ചൂട് കൂടിയവയുടെ നിറം മഞ്ഞയോ പച്ചയോ ആയിരിക്കും. ഏറ്റവും ചൂട് കൂടിയവയുടെ നിറം വെളുപ്പോ നീലയോ ആയിരിക്കും. ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആദ്യ ദശകങ്ങളിൽ നക്ഷത്ര വർണ്ണരാജികളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി നക്ഷത്രങ്ങളെ വർഗ്ഗീകരിച്ചു. ഈ രീതിയിൽ നക്ഷത്രങ്ങളെ വർഗ്ഗീകരിക്കുന്നതിൽ ഹാർവാർഡ് കോളേജ് നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ ജീവനക്കാരികളായിരുന്ന ഹെൻറിത്ത ലീവിത്ത് (Henrietta Leavitt), അന്റോണിയ മോറെ (Antonia Maury), ആനി ജംബ് കാനോൺ (Annie Jump Cannon) എന്നിവർ വഹിച്ച പങ്ക് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിൽ അവിസ്മരണീയമാണ്. ഹെൻറിത്താ ലീവിത്തിന്റെ നിരീക്ഷണങ്ങളാണല്ലോ ഷേപ്പ്ലിയുടെ ഗവേഷണങ്ങളെ സഹായിച്ചത്. അന്റോണിയ മോറെ അഞ്ച് ലക്ഷം നക്ഷത്രങ്ങളുടെ വർണ്ണരാജികൾ നിരീക്ഷണവിധേയമാക്കി. നക്ഷത്രങ്ങളുടെ വർണ്ണരാജിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ 1915-ൽ കാനോൺ ഒരു നക്ഷത്രപട്ടിക തയ്യാറാക്കി. നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഉപരിതല താപനില കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് കാനോൺ OBAFGKM എന്ന വർണ്ണരാജി ശ്രേണിയിൽ ക്രമീകരിച്ചു. OB തരത്തിൽപ്പെട്ടവ നീല നക്ഷത്രങ്ങളാണ്. A തരം ധവള നക്ഷത്രങ്ങളാണ്. FG പച്ച, മഞ്ഞ നക്ഷത്രങ്ങളും K തരത്തിൽപ്പെട്ടവയുടെ നിറം ഓറഞ്ചും M തരത്തിൽപ്പെട്ടവയുടേത് ചുവപ്പുമാണ്.

ഡാനിഷ് എൻജിനീയറും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനുമായ ഇജനാർ ഹെർട്സ് സ്പ്രങ് (Ejanar Hertz Sprung) 1911-ൽ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ നിറവും

തിളക്കവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അവയുടെ വലിപ്പവും സ്ഥാനവും ദൂരവും കണ്ടുപിടിക്കുവാനുള്ള സാങ്കേതികവിദ്യ വികസിപ്പിച്ചു. ഈ കാലത്തുതന്നെ പ്രിൻസ്റ്റൺ സർവ്വകലാശാലയിലെ ജ്യോതിഭൗതികജ്ഞനായ ഹെൻറി നോറിസ് റസൽ (Hentry Norris Russell) കേവലകാന്തിമാനവും നിറവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ നൂറുകണക്കിന് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ വലിപ്പവും സ്ഥാനവും ദൂരവും തിട്ടപ്പെടുത്തി. ഇവർ രണ്ടുപേരും ഒരുമിച്ചു ചേർന്ന് നടത്തിയ ഗവേഷണഫലമാണ് ഹെർട്സ് സ്പ്രങ് റസ്സൽ ചിത്രം.



നക്ഷത്രപരിണാമം വിശദീകരിക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു ഉപാധികൂടിയാണ് ഈ ചിത്രം. മൗണ്ട് വിൽസൺ നിരീക്ഷണാലയത്തിലെ വാൾട്ടർ ആദംസും (Walter Adams) ആർനോൾഡ് കോഹൽസ്കട്ടറും (Arnold Kohlschutter) നക്ഷത്ര വർണ്ണരാജിയിലെ രേഖകളുടെ ആപേക്ഷിക തീവ്രതയും കേവല കാന്തിമാനവും തമ്മിൽ ബന്ധമുണ്ടെന്നു കണ്ടുപിടിച്ചു.

ഈ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ മഹത്തായ സംഭാവനകൾ പ്രപഞ്ച വിജ്ഞാനത്തെ സമ്പന്നമാക്കി. ഇവർ സൂര്യനും നക്ഷത്രങ്ങൾക്കും നക്ഷത്രാന്തരീയ മേഘങ്ങൾക്കും ഒരേ ഘടനയാണുള്ളതെന്ന് വെളിപ്പെടുത്തി. 1920-കളിൽത്തന്നെ സൂര്യൻ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് 70% ഹൈഡ്രജനും 28% ഹീലിയവും 2% മറ്റ് ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങളുംകൊണ്ടാണെന്ന് ജ്യോതിഭൗതികജ്ഞന്മാർ കണക്കാക്കി.

സൂര്യനും നക്ഷത്രങ്ങളും തിളങ്ങുന്നത് ആണവപ്രക്രിയയുടെ ഫല

മാണെന്ന് മനസ്സിലായെങ്കിലും എന്തുകൊണ്ടാണ്, എങ്ങനെയാണ് ഈ ആണവപ്രക്രിയ എന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് വ്യക്തമായിരുന്നില്ല. അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ ഘടനയ്ക്ക് ഉണ്ടാകുന്ന വ്യത്യാസങ്ങളുടെ ഫലമായി ഒരു മൂലകം തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായ മറ്റൊരു മൂലകമായി മാറും. ഇതിനെ ആണവപ്രക്രിയ അഥവാ ന്യൂക്ലിയർ പ്രവർത്തനം എന്നു പറയുന്നു. ഇത് രണ്ടു തരത്തിലുണ്ട്. ഭാരം കൂടിയ അണുവിന്റെ അണുകേന്ദ്രം ഏകദേശം തുല്യമായ രണ്ട് ഭാഗങ്ങളായി വിഭജിക്കപ്പെടുന്നതിനെ അണുകേന്ദ്രവിഭജനം (Nuclear Fission) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഭാരംകുറഞ്ഞ മൂലകങ്ങളുടെ (അണുവിന്റെ) അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ സംയോജിച്ച് ഭാരം കൂടിയ മൂലകങ്ങളായി മാറുന്നതിനെ അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം (Nuclear Fusion) എന്നു വിളിക്കുന്നു. സൂര്യനിലും നക്ഷത്രങ്ങളിലും നടക്കുന്ന ആണവപ്രക്രിയയുടെ കൃത്യമായ ശാസ്ത്രീയ വ്യാഖ്യാനം നല്കപ്പെടുന്നതിനുള്ള ചരിത്രനിയോഗം ജർമ്മൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഹാൻസ് ബെഥെ(Hans Bethe)യിലാണ് അർപ്പിതമായത്. 1939-ൽ സൂര്യന്റെയും നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും ഊർജ്ജാടിസ്ഥാനത്തിന് വിശദീകരണം നല്കുവാൻ രണ്ടുതരത്തിലുള്ള അണുകേന്ദ്രസംയോജന പ്രക്രിയ അദ്ദേഹം കണ്ടുപിടിച്ചു. ഒന്നാമത്തേതിനെ പ്രോട്ടോൺ പ്രോട്ടോൺ ശൃംഖല പ്രവർത്തനം (Proton - Proton Chain Reaction) എന്നും രണ്ടാമത്തേതിനെ കാർബൺ ചക്രമെന്നും (Carbon Cycle) വിളിക്കുന്നു. ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തിന് 1967ൽ ബെഥെയ്ക്ക് നോബൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചു.

ഹാൻസ് ബെഥെ 1906-ൽ ജർമ്മനിയിൽ ജനിച്ചു. ഫ്രാങ്ക്ഫർട്ട്, മൂണിച്ച് എന്നീ സർവ്വകലാശാലകളിലായിരുന്നു വിദ്യാഭ്യാസം. 1928-ൽ ഭൗതികത്തിൽ ഡോക്ടറേറ്റ് നേടിയതിനു ശേഷം 1928 മുതൽ 1933 വരെ അദ്ദേഹം ജർമ്മൻ സർവ്വകലാശാലയിൽ പഠിപ്പിച്ചു. നാസികൾ ജർമ്മനിയിൽ അധികാരത്തിൽ വന്നതോടെ അദ്ദേഹം അമേരിക്കയിലേക്ക് കുടിയേറി. മസാച്ചു സെറ്റ്സ് സർവ്വകലാശാലയിലും, കോർണൽ സർവ്വകലാശാലയിലും പഠിപ്പിച്ചു. 1940-കളിൽ അണുബോംബ് നിർമ്മിക്കുന്നതിനുള്ള മാൻഹാട്ടൺ (Manhattan Project) പദ്ധതിയുടെ ഡയറക്ടറായി പ്രവർത്തിച്ചു. പിന്നീട് അദ്ദേഹം അണുആയുധനിരോധനത്തിനു വേണ്ടി പോരാടി. നക്ഷത്രത്തിളക്കം എന്തുകൊണ്ടെന്ന് ആദ്യം മനസ്സിലാക്കിയ മനുഷ്യൻ ബെഥെയായിരുന്നു. ഒര സാധാരണ ശാസ്ത്രപ്രതിഭയായിരുന്നു ബെഥെ.

ഹാൻസ് ബെഥെയുടെ കണ്ടുപിടിത്തം ജ്യോതിഭൗതികത്തിലെ സുപ്രധാനമായൊരു വഴിത്തിരിവായിരുന്നു. അണുകേന്ദ്രസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ ഫലമായി നക്ഷത്രങ്ങളിൽ മൂലകങ്ങൾ എങ്ങനെ നിർമ്മിക്കപ്പെടുന്നുവെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അന്വേഷിക്കാൻ തുടങ്ങി. 1930കളിൽ ജ്യോതിഭൗതികജ്ഞന്മാരുടെ ശ്രദ്ധ തിരിഞ്ഞത് സൂര്യനും നക്ഷത്രങ്ങളും എങ്ങനെ പ്രവർത്തിക്കുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കാനായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചസൃഷ്ടിയുടെ രഹസ്യം ആരായാനുള്ള ചുമതല അവർ തത്ത്വചിന്തകന്മാർക്ക് വിട്ടു കൊടുത്തു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ തുടക്കം, ഒടുക്കം, അതിന്റെ ഘടന എന്നീ കാര്യങ്ങളിൽ അവർ വേണ്ടത്ര താത്പര്യം എടുത്തില്ല. എന്നാൽ സൂര്യന്റെയും നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും രഹസ്യങ്ങൾ തേടിയുള്ള അവരുടെ യാത്ര

പ്രപഞ്ചസൃഷ്ടിയുടെ നിഗൂഢതകൾ അനാവരണം ചെയ്യുന്നതിലേക്ക് അവരെ നയിച്ചു.

സൂര്യനെപ്പോലെയുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളിൽ നടക്കുന്നത് പ്രോട്ടോൺ പ്രോട്ടോൺ ശൃംഖലാ പ്രവർത്തനമാണ്. ചിതറിക്കിടന്നിരുന്ന ഹൈഡ്രജൻ വാതകപടലങ്ങളും ധൂളികളും ഒന്നുചേർന്ന് സംഘനിച്ച് ഉണ്ടായതാണ് സൂര്യൻ. പരിണാമദശയിൽ വിവിധ ഘട്ടങ്ങളിൽ ഗുരുത്വാകർഷണ ഊർജ്ജത്തിൽനിന്നും താപോർജ്ജം ഉണ്ടായി. താപനില മൂന്നരക്കോടി കെൽവിനോളം ഉയർന്നപ്പോൾ ഹൈഡ്രജന്റെ ഇലക്ട്രോണുകൾ വേർപെട്ട് നഗ്നമായ അണുകേന്ദ്രം പരസ്പരം സംയോജിച്ച് ഒന്നാകാനുള്ള സാഹചര്യം ഉണ്ടായി. ഇങ്ങനെ സംയോജനം നടക്കുന്നത് ദ്രവ്യം പ്ലാസ്മ എന്ന അവസ്ഥയിൽ എത്തുമ്പോഴാണ്. ഇലക്ട്രോണുകളും അണുകേന്ദ്രവും വേർപിരിഞ്ഞ് സ്വതന്ത്രമായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന അവസ്ഥ. സൂര്യനും മറ്റ് നക്ഷത്രങ്ങളും പ്ലാസ്മ അവസ്ഥയിലാണ്. ഈ അത്യുന്നതമായ താപാവസ്ഥയിലും മർദ്ദത്തിലും നാല് ഹൈഡ്രജൻ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ ചേർന്ന് ഒരു ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രം രൂപംകൊള്ളുന്നു. സംയോജിച്ചുണ്ടാകുന്ന അണുകേന്ദ്രത്തിന് മുൻപ് ഉണ്ടായിരുന്നതിനേക്കാൾ ദ്രവ്യമാനത്തിൽ കുറവുണ്ടാകുന്നു. ഇങ്ങനെ നഷ്ടപ്പെടുന്ന ദ്രവ്യമാണ് ഊർജ്ജരൂപത്തിൽ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നത്. ഐൻസ്റ്റിന്റെ ദ്രവ്യമാന ഊർജ്ജസമീകരണം ഉപയോഗിച്ച് ഊർജ്ജം കണക്കുകൂട്ടാം. സൂര്യനിൽ ഒരു സെക്കൻഡിൽ ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്ന ഏകദേശ ഊർജ്ജം 4×10^{33} എർഗ് ആണ്. അത് ഭൂമിയിൽ എത്തിച്ചേരാൻ സാധിച്ചാൽ ഇന്നത്തെ നിരക്കിൽ ഭൂമിയിൽ പതിനായിരം വർഷത്തേക്കുവേണ്ട വൈദ്യുതി ഉത്പാദിപ്പിക്കുവാൻ സാധിക്കും. ഇപ്പോൾ സൂര്യനിലുള്ള ഹൈഡ്രജൻ അടുത്ത ഒരു നൂറുകോടി വർഷംവരെ ഇതേ നിരക്കിൽ ഊർജ്ജം ഉത്പാദിപ്പിക്കാൻ പര്യാപ്തമാണ്.

ഹൈഡ്രജൻ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ഹീലിയം ഉണ്ടാകുന്ന പ്രക്രിയ അല്പം സങ്കീർണ്ണമാണ്. ആദ്യമായി രണ്ട് പ്രോട്ടോണുകൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ഒരു ഡ്യൂട്ടീരിയവും ഒരു പോസിട്രോണും ഒരു ന്യൂട്രിനോയും ഉണ്ടാകുന്നു. അങ്ങനെ ഉണ്ടാകുന്ന ഡ്യൂട്ടീരിയത്തോട് ഒരു പ്രോട്ടോൺകൂടി ചേർന്ന് ഹീലിയത്തിന്റെ ഐസോടോപ്പ് ഉണ്ടാകും. ഇത്തരം രണ്ട് ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ ചേർന്ന് ഒരു സാധാരണ ഹീലിയവും രണ്ട് പ്രോട്ടോണുകളും ഉണ്ടാകുന്നു. അങ്ങനെ നാല് പ്രോട്ടോണുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഒരു ഹീലിയം അണു ഉണ്ടാകുന്നു. അതിനിടയിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ട രണ്ട് പ്രോട്ടോണുകൾ സ്വതന്ത്രമാകുകയും ചെയ്യും. ഇങ്ങനെയൊരു ചംക്രമണം പൂർത്തിയാകുന്നതോടെ ചെറിയൊരു ശതമാനം (0.73%) ദ്രവ്യം ഊർജ്ജമായി പരിണമിക്കും. എല്ലായ്പോഴും സംക്രമണം ഇങ്ങനെതന്നെ ആവണമെന്നില്ല. മറ്റ് വിധങ്ങളിലും ഹീലിയം ഉണ്ടാകാം. ഏതാണ്ട് അറുപത് കൊല്ലം മുൻപ് രൂപം കൊടുത്തതും എന്നാൽ ശാസ്ത്രലോകം പൊതുവേ അംഗീകരിച്ചതുമാണ് പ്രോട്ടോൺ ശൃംഖല. ഈ പ്രക്രിയകളൊക്കെ നടക്കുന്നത് സൂര്യന്റെ കേന്ദ്രഭാഗത്ത് താരതമ്യേന ചെറിയൊരു പ്രദേശത്താണ്. ആകെ വ്യാപ്തത്തിന്റെ നൂറിലൊന്ന് മാത്രമേയുള്ളു ഈ ഭാഗം. മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിൽനിന്നും

വളരെ വ്യത്യസ്തമാണ് ഇത്. താപനില ഇവിടെ ഏതാണ്ട് ഒന്നരക്കോടി കെൽവിനോളം വരും. ഈ പ്രദേശത്ത് 30% ഹൈഡ്രജനും ബാക്കി മുഴുവൻ ഹീലിയവുമാണ്. വസ്തുവിന്റെ സാന്ദ്രത വെള്ളത്തിന്റെ 140 ഇരട്ടിയോളം വരും. രസത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയുടെ പത്ത് ഇരട്ടിയാണിത്. സാധാരണ നിലയിൽ ഏറ്റവും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ ഹൈഡ്രജന്റെയും ഹീലിയത്തിന്റെയും പ്രോട്ടോൺ ശൃംഖല പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പല ഘട്ടങ്ങളിലായി ധാരാളം ന്യൂട്രിനോകൾ (Nutrinos) പുറംതള്ളപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഇത്തരം ന്യൂട്രിനോകളിൽ ഒരു ഭാഗം ഭൂമിയിലും എത്തും. എന്തിനെയും തുളച്ചു കടന്നു പോകുന്നതിന് ന്യൂട്രിനോവിന് ശേഷി ഉണ്ട്. അവയെ പിടിച്ചെടുക്കാനുള്ള വിദഗ്ദ്ധമായ പരീക്ഷണങ്ങൾ ലോകത്ത് എമ്പാടും നടക്കുന്നു. ന്യൂട്രിനോകളെ കണ്ടു പിടിക്കുവാനുള്ള വിദ്യ ഇന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് അറിയാം.

സൂര്യനെക്കാൾ കൂടുതൽ ദ്രവ്യമാനവും ശോഭയും ഉള്ളതുമായ നക്ഷത്രങ്ങളിൽ കാർബൺ ചക്രം എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്ന സംയോജന പ്രക്രിയയാണ് നടക്കുന്നത്. ഇത് കൂടുതൽ സങ്കീർണ്ണമാണ്. ഇതിന്റെ ഉപജ്ഞാതാവും ബെഥെയാണ്. ഇതുപ്രകാരം ഒരു കാർബൺ അണുകേന്ദ്രം നാല് പ്രോട്ടോണുകളെ സ്വീകരിച്ച് വിഘടിച്ച് വീണ്ടും കാർബണും ഹീലിയവും ഉണ്ടാകുന്നു. ഇവിടെ കാർബൺ തുടങ്ങുന്നതുപോലെ നിലനില്ക്കുകയും എന്നാൽ അതോടൊപ്പം നാല് പ്രോട്ടോണുകൾ ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രമായി മാറുകയുമാണ് ചെയ്യുന്നത്. പ്രോട്ടോൺ പ്രോട്ടോൺ ശൃംഖലയിലൂടെ ആയാലും കാർബൺചക്രത്തിലൂടെ ആയാലും സംഭവിക്കുന്നത് ഒന്നുതന്നെയാണ്. ഹൈഡ്രജൻ ഹീലിയമായി മാറുന്നു. ബെഥെയുടെ ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തിനാണ് നോബൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചത്.

സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ 500 കോടിയിലൊരു ഭാഗം മാത്രമേ ഭൂമിയിലെത്തുന്നുള്ളു. ഭൂമിയുടെ ചൂട് നിലനിർത്തുന്നതിനും ജീവൻ നിലനിർത്തുന്നതിനും ഇത് മതിയാകും. അതുകൊണ്ടാണ് സൂര്യനെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന നമ്മൾ ഇവിടെ നിലനില്ക്കുന്നത്. സൂര്യനിൽനിന്നും ഭൂമിയിലെത്തുന്ന താപം ഇപ്പോഴുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതലോ, കുറവോ ആയിരുന്നെങ്കിൽ നമ്മൾ ഇവിടെ ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. സൂര്യനിലെ അണുകേന്ദ്ര സംയോജനപ്രക്രിയ മനസ്സിലായതോടെ സൂര്യപ്രായം കണക്ക് കൂട്ടാമെന്നായി. ന്യൂട്ടൺ നിയമവും ഗ്രഹങ്ങളുടെ ഭ്രമണപ്രവേഗവും (Orbital Velocity) ഉപയോഗിച്ച് സൂര്യന്റെ ദ്രവ്യമാനം വളരെ കൃത്യമായി കണ്ടുപിടിക്കാം. ഇത് 1.999×10^{33} ഗ്രാം ആണ്. അതായത് ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ മുന്നൂറ് ആയിരം ഇരട്ടി. സൂര്യന്റെ വർണ്ണരാജി പഠനങ്ങൾ വ്യക്തമാക്കിയത് അതിന്റെ ഉപരിതലം പ്രധാനമായും ഹൈഡ്രജനും ഹീലിയവുംകൊണ്ടുള്ളതാണെന്നാണ്. സൂര്യന്റെ ദ്രവ്യമാനം, വ്യാപ്തം, ഏകദേശ ഘടന എന്നിവ അറിയാമെങ്കിൽ ആണവപ്രക്രിയ നടക്കുന്ന സൂര്യകേന്ദ്രത്തിന്റെ അവസ്ഥ നമുക്ക് നിശ്ചയിക്കാം. ഇന്ന് നമ്മൾ കൃത്യമായി തിട്ടപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള സൂര്യകേന്ദ്രത്തിന്റെ താപനില ഒരു കോടി അമ്പത് ലക്ഷം കെൽവിനും സാന്ദ്രത ഈയത്തിന്റെ 12 ഇരട്ടിയുമാണ്. സൂര്യനിൽ ഓരോ സെക്കൻഡിലും 45 ലക്ഷം ടൺ ഹൈഡ്രജൻ ഹീലിയമാക്കി മാറ്റപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. സൂര്യനിലെ ഹൈഡ്രജന്റെ അളവ് നിശ്ചിതമായതു

കൊണ്ട് അണുസംയോജനപ്രക്രിയയുടെ ഫലമായി ഒടുവിൽ ഹൈഡ്രജൻ മുഴുവൻ കത്തി എരിഞ്ഞ് തീരും. സൂര്യനിലെ ഹൈഡ്രജൻ മുഴുവൻ കത്തി എരിഞ്ഞ് തീരാൻ ഏതാണ്ട് ആയിരംകോടി വർഷം വേണം. ഇതുതന്നെയാണ് സൂര്യായുസ്സ്. ഭൂമിയുടെയും ചന്ദ്രന്റെയും ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങളു(Asteroids)ടെയും വയസ്സ് റേഡിയോ മെട്രി ഉപയോഗിച്ച് കണക്കു കൂട്ടിയപ്പോൾ നമുക്ക് ലഭിച്ചത് ഏതാണ്ട് 500 കോടി വർഷമാണ്. ഇതുതന്നെയാണ് സൗരയൂഥത്തിന്റെ പ്രായവും. സൂര്യനുൾപ്പെടെയുള്ള സൗരയൂഥം മുഴുവനും ഒരേ പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് ഉടലെടുത്തത്. ഇതിൽനിന്നും നമ്മൾ എത്തിച്ചേരുന്ന നിഗമനം സൂര്യൻ 500കോടി വർഷം പ്രായം ഉള്ള മദ്ധ്യവയസ്കനാണെന്നും അയാൾക്ക് ഇനിയും 500 കോടി വർഷംകൂടി ജീവിക്കാനുള്ള ആണവോർജ്ജം ഉണ്ടെന്നുമാണ്. ഭൂഗർഭശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും പരിണാമവാദികളും സങ്കല്പിച്ചതിനേക്കാൾ സുദീർഘമാണ് നക്ഷത്രപരിണാമം.

ഇതുപോലെ മറ്റ് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ആയുർദൈർഘ്യം നമുക്ക് കണക്കുകൂട്ടാം. അണുസംയോജനത്തിന്റെ നിരക്ക് നക്ഷത്രദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ നാലാം ഘാതത്തിന് ആനുപാതികമാണ്. ഇതിനർത്ഥം ചെറിയ നക്ഷത്രങ്ങൾ ദീർഘായുഷ്മാന്മാരാണ്. വളരെ ഭാരം കുറഞ്ഞ നക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് ഗുരുത്വാകർഷണ ഊർജം താപോർജ്ജമാക്കി മാറ്റാൻ കഴിയില്ല. സൂര്യന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ ഒരു ശതമാനം മാത്രം വലിപ്പം ഉള്ളവയ്ക്ക് അണുസംയോജനത്തിന് സ്വയം താപം ഉത്പാദിപ്പിക്കാൻ കഴിയാത്തതുകൊണ്ട് അവ ഗ്രഹങ്ങളായി മാറുന്നു. ചെറിയ നക്ഷത്രങ്ങൾ വളരെ ശ്രദ്ധാപൂർവ്വമാണ് ഹൈഡ്രജൻ ഇന്ധനം ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഇത്തരം നക്ഷത്രങ്ങൾ ഒരു ലക്ഷംകോടി വർഷമോ അതിൽ കൂടുതലോ ജീവിച്ചിരിക്കും, ഇതിനിടയിൽ പ്രപഞ്ചം ഒരു തകർച്ചയെയും നേരിടുന്നില്ലെങ്കിൽ.

ഭീമൻ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ആയുസ്സ് കുറവാണ്. അവയുടെ ഉള്ളിലെ അണുകേന്ദ്രസംയോജനപ്രക്രിയ നിരക്ക് വളരെ ഉയർന്നതാണ്. ഇത്തരം നക്ഷത്രങ്ങളിലെ ഹൈഡ്രജൻ ഇന്ധനം വേഗം കത്തിയെരിഞ്ഞ് തീരുന്നു. സൂര്യനേക്കാൾ പത്തിരട്ടി ദ്രവ്യമാനമുള്ള നക്ഷത്രങ്ങൾ പത്ത് കോടി വർഷത്തിൽ കൂടുതൽ ജീവിക്കില്ല. കാഴ്ചയിൽ നല്ല വലിപ്പവും ശോഭയുമുള്ള നീലനിറത്തിലും വെള്ളനിറത്തിലുമുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ആയുസ്സ് ഒരുകോടി വർഷം മുതൽ പത്ത് കോടി വർഷംവരെയാണ്. ഇവയിൽ ചിലത് പത്തുലക്ഷം വയസ്സിൽ കൂടുതൽ ജീവിക്കില്ല. സൂര്യനെക്കാൾ അറുപത് ഇരട്ടിയും അതിലും വലിപ്പമുള്ള നക്ഷത്രങ്ങൾ ബാല്യത്തിൽത്തന്നെ മരണമടയുന്നു. ചില നക്ഷത്രങ്ങൾ ഒരു ദിവസത്തേക്ക് വിരിയുന്ന പുഷ്പങ്ങളെപ്പോലെയാണ്. വളരെ വലിയ ചില അതിഭീമൻ നക്ഷത്രങ്ങൾ ഉദിച്ചുയരുമ്പോൾതന്നെ അസ്തമിക്കുന്നു.

നക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് ജനനവും മരണവും ഉണ്ടോ? ഉണ്ട്. നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ജനനവും മരണവും വിശദീകരിച്ചത് ലോകപ്രശസ്ത ഇന്ത്യൻ ഭൗതികജ്ഞനായ സുബ്രഹ്മണ്യം ചന്ദ്രശേഖർ ആയിരുന്നു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ ജനനം 1910-ൽ ആയിരുന്നു. മദ്രാസ് സർവ്വകലാശാലയിൽനിന്നും ബിരുദമെടുത്തു. 1922-ൽ ഉപരിപഠനത്തിന് അദ്ദേഹം ഇംഗ്ലണ്ടിൽ പോയി. കേംബ്രിജ് സർവ്വകലാ

ശാലയിൽനിന്നും ഡോക്ടറേറ്റ് നേടി. 1937-ൽ അദ്ദേഹം അമേരിക്കയിലെ ചിക്കാഗോ സർവ്വകലാശാലയിൽ പ്രൊഫസറായി. 1983-ൽ ഭൗതികത്തിനുള്ള നോബൽ സമ്മാനം നേടി. 1928-ൽ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ലണ്ടനിലേക്കുള്ള കപ്പൽയാത്രയ്ക്കിടയിലാണ് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ജനനമരണത്തെ സംബന്ധിച്ച സിദ്ധാന്തം തയ്യാറാക്കിയതെന്ന് പറയപ്പെടുന്നു. ചന്ദ്രശേഖർ എല്ലാ വസ്തുക്കളെയുംപോലെ നക്ഷത്രങ്ങളും ജനിമൃതിചക്രത്തിലൂടെ കടന്നു പോകുന്നതായി തെളിയിച്ചു. നമ്മുടെ സൂര്യൻ കത്തിയെരിഞ്ഞ് അവസാനം വെള്ളക്കുള്ളനായി (White Dwarf) ത്തീരും. സൂര്യന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ 1.44 മടങ്ങിൽ കൂടുതൽ ദ്രവ്യമാനമുള്ള നക്ഷത്രങ്ങൾ വെള്ളക്കുള്ളന്മാരായി മാറില്ല. ഈ ദ്രവ്യമാനത്തിന് ചന്ദ്രശേഖർ സീമ (Chandrasekhar Limit) എന്നു പറയുന്നു. ചന്ദ്രശേഖർ സീമയിൽ താഴെയുള്ള നക്ഷത്രങ്ങൾ പരിണമിച്ച് വെള്ളക്കുള്ളന്മാരായിത്തീരും. വെള്ളക്കുള്ളന്മാരുടെ സാന്ദ്രത ക്യൂബിക് സെന്റിമീറ്ററിന് 20 മുതൽ 40 കിലോഗ്രാംവരെ വരും. ഇതിന്റെ വ്യാസം 1000 മുതൽ 2000 കി.മീ. വെള്ളക്കുള്ളന്മാരെ താങ്ങി നിർത്തുന്നത് ഇലക്ട്രോണുകൾ തമ്മിലുള്ള വികർഷണബലമാണ്. ആകാശത്തിലെ ഏറ്റവും തിളക്കമുള്ള നക്ഷത്രമായ സിറിയസിനെ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന നക്ഷത്രം വെള്ളക്കുള്ളൻ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നതാണെന്ന് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇതാണ് ആദ്യം കണ്ടെത്തിയ വെള്ളക്കുള്ളൻ നക്ഷത്രം. ഇത്തരം നിരവധി നക്ഷത്രങ്ങളുണ്ട്. നക്ഷത്രത്തിന്റെ യഥാർത്ഥ ദ്രവ്യമാനം ചന്ദ്രശേഖർ സീമയിൽ കൂടുതലാണെങ്കിൽ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ ഫലമായി നക്ഷത്രം തകർന്ന് അതൊരു ന്യൂട്രോൺ നക്ഷത്രമായി മാറുന്നു. ഈ ഘട്ടമെത്തുമ്പോൾ അണുക്കൾ തകർന്ന് അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണുമായി വിഭജിക്കപ്പെടുന്നു. പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണും ഉണ്ടാക്കുന്ന വികർഷണബലമാണ് നക്ഷത്രത്തെ താങ്ങി നിർത്തുന്നത്. ഇവയുടെ വ്യാസം 20 കി.മീ.യോളം വരും. സാന്ദ്രത ക്യൂബിക് സെന്റിമീറ്ററിന് 600 ടണ്ണോളം ഉണ്ടാകും. 1967-ലാണ് ന്യൂട്രോൺ നക്ഷത്രങ്ങളെ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കണ്ടെത്തിയത്. നക്ഷത്രത്തിന്റെ യഥാർത്ഥ ദ്രവ്യമാനം സൂര്യനെക്കാൾ 3.6 ഇരട്ടി ഉണ്ടെങ്കിൽ അതൊരു തമോഗർത്തമായി മാറും. ആധുനിക ശാസ്ത്ര പ്രതിഭകളിലൊരാളായ സ്റ്റീഫൻ ഹോക്കിങ്ങിന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ തമോഗർത്തങ്ങൾ ബാഷ്പീകരിച്ച് പോകും. ബാഷ്പീകരണത്തിനു ശേഷം അത് നഗ്ന വൈചിത്ര്യത്തിൽ (Naked Singularity) അവസാനിക്കുന്നു. നക്ഷത്രപരിണാമം നമ്മെ പഠിപ്പിക്കുന്നത് ചെറുതും സൗമ്യരുമായ നക്ഷത്ര ങ്ങൾ ഗാലക്സിയുടെ അവകാശികളായി മാറുന്നു എന്ന യാഥാർത്ഥ്യമാണ്.

നക്ഷത്രശോഭയ്ക്ക് കാരണം അണുകേന്ദ്രസംയോജനമാണെന്ന കാര്യം ഇന്ന് അവിതർക്കിതമാണ്. അണുകേന്ദ്ര സംയോജനത്തിലൂടെയാണ് ഭാരം കൂടിയ മൂലകങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. നിരവധി അണുകേന്ദ്ര സംയോജനപ്രക്രിയയിലൂടെ നക്ഷത്രങ്ങൾ ഹൈഡ്രജനെ ഹീലിയമായും ഹീലിയത്തെ കാർബണായും കാർബണെ ഓക്സിജനായും ഓക്സിജനെ മറ്റ് മൂലകങ്ങളായും മാറ്റുന്നു. ഈ ആണവ പ്രക്രിയയിൽ നമ്മെപ്പോലുള്ള ജീവികളുടെ നിലനില്പിന് ആവശ്യമായ ചൂടും വെളിച്ചവും ഉത്പാദിപ്പിക്ക

പ്പെടുന്നു. എന്നാൽ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ പ്രധാന ധർമ്മം മൂലകങ്ങൾ പാചകം ചെയ്യലാണ്. മൂലകങ്ങളെ പാചകം ചെയ്യുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ഉപ ഉത്പന്നങ്ങളാണ് ചൂടും വെളിച്ചവും. ദ്രവ്യം നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് അണുക്കളെക്കൊണ്ടാണ്. ആ അണുക്കൾ നിർമ്മിക്കപ്പെടുന്നത് നക്ഷത്രങ്ങളിലാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഘടനയെക്കുറിച്ച് ഗഹന മായ പഠനങ്ങളിലേർപ്പെട്ട ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ എഡിങ്ടൺ 1920-ൽത്തന്നെ അഭിപ്രായപ്പെട്ടത്. ''ഭാരം കുറഞ്ഞ മൂലകങ്ങളെ സംയോജിപ്പിച്ച് ഭാരം ഉള്ള മൂലകങ്ങളെ നിർമ്മിക്കുന്ന മൂശയാണ് നക്ഷത്രങ്ങൾ.''

അണുഭൗതികം വികസിച്ചിട്ടും മൗലികമായ രണ്ട് ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം ലഭിച്ചില്ല. ഒന്ന്, നക്ഷത്രങ്ങൾ എങ്ങനെയാണ് ഘനമൂലകങ്ങളെ സൃഷ്ടിക്കുന്നത്? രണ്ട്,നക്ഷത്രങ്ങൾ മാത്രമാണോ മൂലകങ്ങളെ നിർമ്മിക്കുന്നത്? ഈ രണ്ടു ചോദ്യങ്ങൾക്കും ഉത്തരം കണ്ടെത്താനുള്ള തീവ്രയത്നത്തിലായി ജ്യോതിഭൗതികജ്ഞന്മാർ. ബെഥെയുടെ പ്രോട്ടോൺ ശൃംഖലാപ്രവർത്തനത്തിലും കാർബൺചക്രത്തിലും ഏറ്റവും ഭാരം കുറഞ്ഞ രണ്ടാമത്തെ മൂലകമായ ഹീലിയത്തിനപ്പുറം ഒരു ഘനമൂലകവും സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നില്ല. കാർബൺ ചക്രത്തിൽ കാർബൺ, നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ രാസത്വരകങ്ങൾ മാത്രമാണ്. നക്ഷത്രത്തിനുള്ളിൽ കാർബൺ എങ്ങനെ ഉണ്ടായി എന്ന് ബെഥെയ്ക്ക് വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. നക്ഷത്രങ്ങളാണ് ഘന അണുക്കളെ നിർമ്മിക്കുന്നതെങ്കിൽ അത് അണുകേന്ദ്ര സംയോജനത്തിലൂടെ അല്ലാതെ സാധ്യവുമല്ല. രണ്ടാമത്തെ ചോദ്യത്തിന് ഉത്തരമായി മറ്റൊരു ശക്തമായ പരികല്പന ഉണ്ടായിരുന്നു. ഈ പരികല്പനയനുസരിച്ച് എല്ലാ മൂലകങ്ങളും നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടത്, നക്ഷത്രങ്ങളിലല്ല, മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലാണ്. മഹാവിസ്ഫോടനത്തിൽ, പ്രപഞ്ച തുടക്കത്തിൽ, അണുകേന്ദ്രസംയോജനം നടന്നിരിക്കണമെങ്കിൽ താപനില അത്യുഗ്രമായിരുന്നിരിക്കണം. താപഗതിക നിയമങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലായിരുന്നു പുതിയ ഈ പരികല്പന. ഒരു നിശ്ചിത വ്യാപ്തം പദാർത്ഥത്തെ സംപീഡിപ്പിച്ചാൽ അത് കൂടുതൽ ചൂടുള്ളതായി മാറും. ഉദാഹരണത്തിന് നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സിയെ ഒരു അതിഭീമൻ ഹൈഡ്രോളിക് പ്രസ്സ് ഉപയോഗിച്ച് അതിന്റെ വ്യാപ്തം ഒരു ക്യൂബിക് അടിയിലേക്ക് ചുരുക്കുന്നു എന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. (ഇതാണ് പ്രപഞ്ചോത്പത്തിക്ക് ശേഷമുള്ള ആദ്യത്തെ സെക്കൻഡിന്റെ ഒരംശം ആയപ്പോൾ ഉള്ള വലിപ്പം) അമർത്തൽപ്രക്രിയ തുടർന്നുകൊണ്ടേയിരിക്കുമ്പോൾ ആദ്യം നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും ഒരുമിച്ച് അമർന്ന് ചേരും. പിന്നീട് തന്മാത്രകൾ അണുക്കളായി ചിന്നിച്ചിതറും. ഒടുവിൽ താപനില 35 കോടി സെൽഷ്യസ് കടക്കുമ്പോൾ ഗാലക്സിയിലെ ദ്രവ്യത്തിന്റെ ന്യൂക്ലിയർ ഘടന (അണുകേന്ദ്രം വിഘടിക്കും) നഷ്ടപ്പെടും. ഈ സമയത്ത് എല്ലാം ഉപ ആണവകണങ്ങളാൽ ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ട അതിസാന്ദ്രമായ വാതകമാകും. ദ്രവ്യം പ്ലാസ്മാ അവസ്ഥയിലാകും. ഹൈഡ്രോളിക് പ്രസ്സിന്റെ സമ്മർദ്ദം അയച്ചാൽ പ്ലാസ്മ വികസിക്കാനും തണുക്കാനും തുടങ്ങും. തിരിച്ചുള്ള ഈ പ്രക്രിയയിൽ അണുക്കളും തന്മാത്രകളും പുനർരൂപം കൊള്ളും. തുടർന്ന് നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും ജനിക്കും. മഹാ

വിസ്ഫോടനത്തിൽ ആരംഭിച്ച പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഒരു ചെറിയ മാതൃകയാണിത്. മഹാവിസ്ഫോടനസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് അതിസാന്ദ്രമായ പ്ലാസ്മാവസ്ഥയിൽനിന്നും രൂപംകൊണ്ട പ്രപഞ്ചം ന്യൂക്ലിയർ, ആണവ, തന്മാത്ര, നക്ഷത്ര, ഗ്രഹ അവസ്ഥകളിലൂടെ കടന്ന് ഇന്ന് നാം കാണുന്ന സ്ഥിതിയിലെത്തും.

താപീയ മഹാവിസ്ഫോടന മാതൃകയെ അംഗീകരിക്കാൻ ആദ്യം ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ മടിച്ചു നിന്നു. എന്നാൽ കുറേക്കൂടി തുറന്ന മനസ്സോടെയാണ് അണുഭൗതികജ്ഞന്മാർ ഈ മാതൃകയെ സമീപിച്ചത്. ജോർജ് ഗാമോവ് താപീയ മഹാവിസ്ഫോടനമാതൃകയിൽ ആകൃഷ്ടനാവുകയും പ്രപഞ്ചത്തെ നിർമ്മിച്ച രാസമൂലകങ്ങൾ പാകപ്പെട്ടത് മഹാവിസ്ഫോടനസമയത്തെ അത്യുഗ്രതാപത്തിൽനിന്നാണെന്ന വാദം മുന്നോട്ട് വയ്ക്കുകയും ചെയ്തു. 1948-ൽ ഗാമോവും അദ്ദേഹത്തിന്റെ വിദ്യാർത്ഥിയായിരുന്ന ആൽഫറും ചേർന്ന് പ്രസിദ്ധീകരിച്ച വിഖ്യാതമായ ഒരു പ്രബന്ധത്തിലാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ആദ്യകാല താപത്തെക്കുറിച്ചുള്ള വിശദീകരണം പുറത്തുവന്നത്. ഗാമോവ് നല്ല ധർമ്മബോധം ഉള്ള വ്യക്തിയായിരുന്നു. ആൽഫറും ഗാമോവും ചേർന്ന് പ്രസിദ്ധീകരിച്ച പ്രബന്ധത്തിൽ അണുഭൗതികജ്ഞനായ ഹാൻസ് ബെഥെയുടെ പേരുകൂടി ചേർത്തു. പ്രബന്ധം ബെഥെ വായിച്ചുനോക്കി അംഗീകരിക്കുകയും ചെയ്തു. ഈ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഗാമോവ് ഈ പ്രബന്ധത്തിന് ആൽഫാ, ബീറ്റാ, ഗാമാ എന്നു പേരിട്ടു. ഈ പ്രബന്ധത്തിൽ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ആദ്യകാല താപത്തിൽനിന്നും ഹൈഡ്രജനും ഹീലിയവും ഉണ്ടായത് എങ്ങനെയെന്ന് വിശദീകരിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഈ പ്രബന്ധം ഭാരം ഉള്ള മൂലകങ്ങളുടെ സംശ്ലേഷണം ശരിയായ രീതിയിൽ വിശദീകരിച്ചില്ല. വളരെ യുക്തിസഹമായൊരു സങ്കല്പമായിരുന്നു പ്രബന്ധത്തിൽ ഉണ്ടായിരുന്നത്. മൂലകത്തിന്റെ ഭാരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അത് നിർമ്മിക്കാൻ കൂടുതൽ ഊർജ്ജം വേണം. ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ പാചകം മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലല്ലാതെ മറ്റെവിടെയാണെന്ന് ഗാമോവ് ചോദിച്ചു. ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങൾ നിർമ്മിക്കാൻവേണ്ട ഊർജ്ജനിലവാരം മഹാവിസ്ഫോടനത്തിൽ മാത്രമേ ഉണ്ടാകൂവെന്ന് അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. ഈ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഓരോ മൂലകവും രൂപംകൊള്ളുന്നതിന്റെ നിറപ്പകിട്ടാർന്ന ഒരു ചിത്രം ഗാമോവ് വരച്ചു കാട്ടി. എന്നാൽ ശാസ്ത്രീയമായി അദ്ദേഹം ഒരു പ്രതിസന്ധിയിലായി. ഗാമോവിനും സഹപ്രവർത്തകർക്കും ഹൈഡ്രജൻ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ സംയോജിച്ച് ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതിനുള്ള ശാസ്ത്രീയ വിശദീകരണമേ നല്കാൻ കഴിഞ്ഞുള്ളൂ. ഹീലിയത്തെക്കാൾ ഭാരം ഉള്ള മൂലകങ്ങളുടെ പാചകവിധി അവർക്ക് തെറ്റി. ജർമ്മൻ ഭൗതികജ്ഞനായ വോൺ വൈസാക്കറും (Von Weizacker) മറ്റ് ചിലരും മഹാവിസ്ഫോടനത്തിൽ നിന്നാണ് ഹീലിയം സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടതെന്ന് ഇതിന് മുൻപുതന്നെ നിർദ്ദേശിച്ചിരുന്നു. ഭൗതികജ്ഞന്മാരായ എൻട്രികോ ഫെർമിയും (Enrico Fermi), ആൻന്തോണി ടർക്കേവിച്ചും (Anthony Turkevich) മഹാവിസ്ഫോടനത്തിൽ ഹീലിയത്തെക്കാൾ ഭാരം ഉള്ള മൂലകങ്ങൾ നിർമ്മിക്കപ്പെടാൻ സാധ്യമല്ലെന്ന് അഭിപ്രായപ്പെടുകയുണ്ടായി.

പ്ലാസ്മാവസ്ഥയിലുള്ള ആദ്യകാല പ്രപഞ്ചം വളരെ വേഗതയിലാണ് വികസിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നത്. വികാസഫലമായി ആദ്യകാല പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങൾ നിർമ്മിക്കാൻ അവസരം ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. ആദിമ ദ്രവ്യത്തെ (Premodial matter) ഗാമോവ് യെലം (Ylem) എന്നാണ് വിളിച്ചത്. രൂപം പരിണമിക്കുന്നതിന് മുമ്പുള്ള പ്രപഞ്ചപദാർത്ഥ ത്തിനുള്ള ഗ്രീക്കുപദ മാണ് യെലം.

ഈ പ്രാഥമികദ്രവ്യത്തിൽ അത്യുന്നത ഊർജ്ജപ്രസരണത്തിൽ കുഴഞ്ഞു മറിഞ്ഞ ന്യൂട്രോണുകളും പ്രോട്ടോണുകളും ഇലക്ട്രോണുകളും ഉണ്ടായിരുന്നു എന്ന് അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു. പ്രപഞ്ചം പിന്നീട് വികസിച്ച് തുടങ്ങിയ പ്പോൾ ഭാരം കൂടിയ മൂലകങ്ങൾ ഉണ്ടാകുവാൻ കാരണം ഈ ഘടകങ്ങളാ ണെന്ന് ഗാമോവ് വാദിച്ചു. ഗാമോവിന്റെ ഈ വാദം ശരിയായിരുന്നില്ല. ദ്രുതവികാസത്തിന്റെ ഫലമായി ഹീലിയം രൂപംകൊണ്ടുകഴിഞ്ഞ പ്പോഴേക്കും ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ താപനിലയും ഊർജ്ജനിലവാരവും കുറഞ്ഞു. ആദിമദ്രവ്യം അണുകേന്ദ്രസംയോജനത്തിന് അനുയോജ്യമല്ലാത്ത തരത്തിൽ നേർത്തതായി മാറി. ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങൾ ഈ ഘട്ടത്തിലല്ല രൂപംകൊണ്ട തെന്ന് ജ്യോതിഭൗതികജ്ഞന്മാർ തെളിയിക്കുകയും ചെയ്തു. ഗാമോവിന്റെ കണക്കുകൂട്ടലുകൾ പിഴച്ചിട്ടും നിരവധി മഹാവിസ്ഫോടന വാദികൾ ഭാരം ഉള്ള മൂലകങ്ങളുടെ മൂശ മഹാവിസ്ഫോടനംതന്നെ യാണെന്ന് വിശ്വസിച്ചു. ഗാമോവിന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്കുള്ള തടസ്സങ്ങൾ തട്ടിനീക്കപ്പെടുമെന്ന ശുഭാപ്തിവിശ്വാസം അവർ പുലർത്തി.

മഹാവിസ്ഫോടനസിദ്ധാന്തത്തിനെതിരേ വെല്ലുവിളി ഉയർത്തിയ ഫ്രെഡ് ഹോയൽ മൂലക പാചകത്തെ സംബന്ധിച്ച് മറ്റൊരു പരികല്പന അവതരിപ്പിച്ചു. ഹോയലിന്റെ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ സ്രോതസ്സ് നക്ഷത്രങ്ങളായിരുന്നു. മൂലകങ്ങൾ മഹാവിസ്ഫോടന തീച്ചൂള യിലാണ് വാർത്തെടുക്കപ്പെട്ടതെന്ന ഗാമോവിന്റെ അഭിപ്രായം അദ്ദേഹം തള്ളിക്കളഞ്ഞു. ഹോയലും അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹപ്രവർത്തകരും മൂലക ങ്ങൾ വാർത്തെടുക്കുന്നതിന് കണ്ടെത്തിയ ചൂളകൾ നക്ഷത്രങ്ങളി ലായിരുന്നു. ഇരുമ്പിന്റെയും അലൂമിനിയത്തിന്റെയും സങ്കീർണ്ണമായ അണുക്കളെ വാർത്തെടുത്തത് നക്ഷത്രങ്ങളിലാണെന്ന കാര്യത്തിൽ ഇന്ന് ജ്യോതിഭൗതികജ്ഞന്മാർക്കിടയിൽ ഭിന്നാഭിപ്രായമില്ല. ഭാരം ഉള്ള മൂലകങ്ങളുടെ പാചകത്തെ സംബന്ധിച്ച ശാസ്ത്രീയ വിവരണങ്ങൾ നല്കുന്ന തിൽ ഫ്രെഡ് ഹോയൽ വഹിച്ച പങ്ക് സുപ്രധാനമായിരുന്നു. ബെറിലിയം (Beryllium) മുതൽ കാർബൺവരെയുള്ള അണുക്കളുടെ സംശ്ലേഷണം എങ്ങനെയാണ് നക്ഷത്രങ്ങളിൽ നടക്കുന്നതെന്ന് 1951ൽ ഏണസ്റ്റ് ഓപ്പിക്കും (Ernest Opik) എഡ്വിൻ സാൽപീറ്ററും (Edwin Salpeter) വിശദീകരിച്ചു. തുടർന്ന് 1954-ൽ ചുവന്ന ഭീമൻ നക്ഷത്രങ്ങൾ എങ്ങനെയാണ് കാർബണെ ഓക്സിജൻ 16 ആയി മാറ്റുന്നതെന്ന് ഫ്രെഡ് ഹോയൽ ഒരു പ്രബന്ധത്തിൽ സമർത്ഥമായി വിശദീകരിച്ചു. എന്നാൽ ഇരുമ്പിനെക്കാൾ ഭാരം ഉള്ള മൂലക ങ്ങളുടെ സൃഷ്ടിരഹസ്യം അജ്ഞാതമായി അവശേഷിച്ചു. പ്രകൃതിയിലെ ഏറ്റവും സ്ഥിരതയുള്ള മൂലകമാണ് ഇരുമ്പ്. ഇരുമ്പിന്റെ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ

സംയോജിച്ച് അതിനെക്കാൾ ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതിന് അസാധാരണ ഊർജ്ജനിലവാരം ആവശ്യമാണ്. ഈ ഊർജ്ജനിലവാരം സാധാരണ നക്ഷത്രങ്ങളിലില്ല. നക്ഷത്രസ്ഫോടനത്തിന്റെ അത്യുഗ്രതാപത്തിൽ ഇരുമ്പിനെക്കാൾ ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങളെ വാർത്തെടുക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് ഹോയൽ ചിന്തിച്ചു. എന്നാൽ ഇരുമ്പിന്റെ അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം വിശദീകരിക്കാൻ വേണ്ട അറിവ് അദ്ദേഹത്തിന് ഉണ്ടായിരുന്നില്ല.

1956-ൽ അമേരിക്കൻ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനായ പാൾ മെറിൽ (Paul Merrill) 's' നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ടെക്നീഷിയം എന്ന ഭാരമുള്ള മൂലകമുണ്ടെന്ന് അതിന്റെ വർണ്ണരാജിയിൽനിന്നും കണ്ടുപിടിച്ചു. ടെക്നീഷിയം ഇരുമ്പിനെക്കാൾ ഭാരമുള്ള മൂലകമാണ്. ഇതൊരു അസ്ഥിര മൂലകമാണ്. അതിന്റെ അർദ്ധായുസ്സ് രണ്ട് ലക്ഷം വർഷവും. ടെക്നീഷിയത്തിന്റെ അർദ്ധായുസ്സിൽനിന്നും അത് ശതകോടിക്കണക്കിന് വർഷം മുമ്പുണ്ടായ മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലല്ല നക്ഷത്രങ്ങളിലാണ് രൂപംകൊണ്ടതെന്ന നിഗമനത്തിലെത്തി മെറിൽ. ഇരുമ്പിന് അപ്പുറം ഭാരം ഉള്ള മൂലകങ്ങൾ വാർത്തെടുക്കാൻ നക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് അറിയാമെന്ന് ഇതോടെ വ്യക്തമായി. മെറിലിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തെത്തുടർന്ന് ഹോയൽ നക്ഷത്രങ്ങളിലെ ന്യൂക്ലിയർ ഉത്പത്തിയെ (Nucleo genesis) കുറിച്ചുള്ള അന്വേഷണം പുനരാരംഭിച്ചു. ഇതിനദ്ദേഹം അമേരിക്കൻ അണുഭൗതികജ്ഞന്മാരായ വില്ലി ഫൗളർ (Willy Fowler) ജോഫറി ബർബ്രിഡ്ജ് (Geoffrey Burbridge) മാർഗറ്റ് ബർബ്രിഡ്ജ് (Margaret Burbridge) എന്നിവരുടെ സഹായം തേടി. അണുവായുധങ്ങളുടെ പരീക്ഷണങ്ങൾ ആരംഭിച്ച കാലമായിരുന്നു ഇത്. അണുബോംബ്സ്ഫോടനം നടക്കുമ്പോൾ 55 ദിവസം അർദ്ധായുസ്സുള്ള കാലിഫോർണിയം 254 എന്ന ഭാരമുള്ള റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നതായി ജോഫെറി ബർബ്രിഡ്ജ് കണ്ടെത്തി. കാലിഫോർണിയം ഏറ്റവും ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങളിലൊന്നാണ്. വാൾട്ടർ ബാഡെ (Walter Baade) സൂപ്പർനോവാസ്ഫോടനത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന പ്രകാശം 55 ദിവസം കഴിയുമ്പോൾ അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നതായി നിരീക്ഷിച്ചിരുന്നു. ഈ രണ്ട് നിരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നും ഇരുമ്പ് മുതൽ കാലിഫോർണിയംവരെ ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങൾ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സ്ഫോടനതാപത്തിൽനിന്നും രൂപപ്പെട്ടതാണെന്ന നിഗമനത്തിലെത്തി. ഇരുമ്പിനും കാലിഫോർണിയത്തിനുമിടയിൽ ആവർത്തനപ്പട്ടികയിൽ (Periodic table) ഉള്ള മൂലകങ്ങൾ നക്ഷത്രനിർമ്മിതമാണെന്ന് ഇതോടെ വ്യക്തമായി. മൂലകങ്ങളുടെ പരിണാമം മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലായിരുന്നു ഗാമോവിനും കൂട്ടുകാർക്കുമെങ്കിൽ ഹോയലിനും സഹപ്രവർത്തകർക്കും അത് ശതകോടിക്കണക്കിന് നക്ഷത്രങ്ങളിലായിരുന്നു. ദ്രവ്യത്തിന്റെ പരിണാമമാണ് മൂലകങ്ങളുടെ പരിണാമം. മൂലകങ്ങളുടെ പരിണാമമാണ് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ പരിണാമം. നക്ഷത്രങ്ങൾ പ്രപഞ്ചപരിണാമത്തിന്റെ ഭാഗവുമാണ്.

1957-ൽ ഹോയലും ഫൗളറും ജോഫറി ബർബ്രിഡ്ജും മാർഗരറ്റ് ബർബ്രിഡ്ജും (അവസാനത്തെ രണ്ടുപേർ ദമ്പതികളാണ്) ചേർന്ന് ഘന

മൂലകങ്ങൾ എങ്ങനെ രൂപപ്പെടുന്നു എന്നതിനെ സംബന്ധിച്ച് 103 പേജുള്ള പ്രസിദ്ധമായൊരു പ്രബന്ധം അവതരിപ്പിച്ചു. ബെഥെയുടെ പ്രോട്ടോൺ പ്രോട്ടോൺ ശൃംഖലയ്ക്കും കാർബൺ ചക്രത്തിനും പുറമെ അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം വഴി എങ്ങനെ ഘനമൂലകങ്ങൾ ലോഹങ്ങൾ നിർമ്മിക്കാമെന്ന് അവർ വിശദീകരിച്ചു. കാലശരത്തിന്റെ (arrow of time) ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതായിരുന്നു ഘനമൂലകങ്ങളുടെ പരിണാമചരിത്രം. അണുപരിണാമം നക്ഷത്രപരിണാമവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണെന്ന് സുവ്യക്തമാക്കിയത് ഈ പ്രബന്ധമായിരുന്നു. പ്രകൃതിയിൽ കാണുന്ന എല്ലാ ഘനമൂലകങ്ങളും അവയുടെ മിശ്രിതങ്ങളും നക്ഷത്രനിർമ്മിതമാണെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ബോദ്ധ്യമായി.

നക്ഷത്രാന്തരീയ പൊടിപടലങ്ങളും വാതകങ്ങളും സ്വന്തം ഗുരുത്വാകർഷണബലത്താൽ കൂടിച്ചേരാൻ തുടങ്ങുമ്പോൾ നക്ഷത്രജനനം ആരംഭിക്കുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണബലം അതിനെ വീണ്ടും സങ്കോചിപ്പിക്കുന്നു. സങ്കോചത്തിന്റെ ഫലമായി നക്ഷത്രത്തിന്റെ കേന്ദ്രതാപനില ഉയരുന്നു. ഏതാണ്ട് ഒരുകോടി ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസ് ആകുമ്പോൾ അണുകേന്ദ്ര സംയോജനപ്രക്രിയ ആരംഭിക്കുന്നു. ആദ്യം ഹൈഡ്രജൻ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ സംയോജിച്ച് ഹീലിയമായി മാറുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന മർദ്ദവർദ്ധനവ് ഗുരുത്വഫലമായ സങ്കോചത്തിനെതിരായി വർത്തിക്കുകയും സങ്കോചം താത്കാലികമായി നിലയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ അവസ്ഥ നീണ്ടകാലം തുടരും. ഇതാണ് ബെഥെ വിശദീകരിച്ച പ്രോട്ടോൺ -പ്രോട്ടോൺ ശൃംഖലയും കാർബൺചക്രവും. ഭീമൻ നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഹൈഡ്രജൻ ആളിക്കത്തൽ 10 ലക്ഷം വർഷങ്ങൾ നീണ്ടുനില്ക്കുമെങ്കിൽ സൂര്യനെപ്പോലെയുള്ള ഇടത്തരം നക്ഷത്രങ്ങളിൽ 1000 കോടി വർഷങ്ങൾവരെ നീണ്ടുനില്ക്കും. ഹോയലും ഫൗളറും ബർബ്രിഡ്ജും അവരുടെ പ്രബന്ധത്തിൽ ഒരു കാര്യം ഊന്നിപ്പറഞ്ഞു, ''ഒരാണവ ഇന്ധനവും അനന്ത കാലം നിലനില്ക്കില്ല.'' ഒടുവിൽ ഹൈഡ്രജൻ നക്ഷത്രകാതലിൽ എത്താതെ വരികയും കാതൽ വീണ്ടും സങ്കോചിക്കാൻ തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. സങ്കോചം വീണ്ടും കാതലിന്റെ താപനില ഉയർത്തുന്നു. താപനില അവസാനം 100 കോടി ഡിഗ്രിവരെ എത്തും. അപ്പോൾ ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ തമ്മിൽ സംയോജിച്ച് കൂടുതൽ ഭാരം ഉള്ള കാർബൺ, ഓക്സിജൻ, നിയോൺ എന്നീ അണുക്കളുണ്ടാകുന്നു. സൂര്യനെപ്പോലെയുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഹീലിയം ആളിക്കത്തലോടെ സങ്കോചം നിലയ്ക്കുന്നു. ഒരു ഘട്ടം എത്തുമ്പോൾ സൂര്യന്റെ രൂപം കാതലിൽ കാർബണും ഓക്സിജനും നിയോണും അതിന് പുറത്ത് ഹീലിയം കത്തുന്ന ഷെല്ലും അതിനപ്പുറം ഹൈഡ്രജൻ കത്തുന്ന ഷെല്ലും അതിനു പുറമെ അത്യന്തം നേർത്ത ഒരന്തരീക്ഷവും. സൂര്യനെപ്പോലുള്ള ഒരു നക്ഷത്രത്തെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ഇത് അന്ത്യത്തിന്റെ തുടക്കമാണ്. സൂര്യൻ ഈ ഘട്ടം എത്തുമ്പോഴേക്കും ഭൂമിയും ചന്ദ്രനും മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളും ബാഷ്പമായിപ്പോകും. സൂര്യൻ അസ്ഥിരമാകാൻ തുടങ്ങുന്നു. ഓക്സിജൻ അണുകേന്ദ്രങ്ങളും കാർബൺ അണുകേന്ദ്രങ്ങളും സംയോജിച്ച് ഭാരം ഉള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ ഉണ്ടാകാനുള്ള താപനില ഇത്തരം നക്ഷത്ര

ങ്ങൾക്കുണ്ടാവില്ല. ന്യൂക്ലിയർപ്രക്രിയ ഇവിടെ അവസാനിക്കുന്നു. തുടർന്ന് അത് ഇടവിട്ട് ഇടവിട്ട് ചുരുങ്ങുകയും വികസിക്കുകയും ചെയ്യും. അവസാനം പുറംഭാഗം അടർന്നുപോകും. അത് നക്ഷത്രാന്തരീയസ്ഥലത്ത് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. സൂര്യനെപ്പോലെയുള്ള ചില നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഹീലിയം ആളിക്കത്തൽ തുടരുകയും ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ നിയോൺ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുമായി സംയോജിച്ച് മഗ്നീഷ്യം, സിലിക്കോൺ, സൾഫർ, കാൽസ്യം എന്നിവ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

സൂര്യനെക്കാളേറെ ദ്രവ്യമാനം ഉള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുടെ പരിണാമത്തിന്റെ ആദ്യഘട്ടങ്ങൾ മുൻപ് പറഞ്ഞതുപോലെയാണ്. വളരെ വേഗത്തിൽ നടക്കുന്നു എന്ന് മാത്രം. ദ്രവ്യമാനം വളരെ കൂടുതലുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളിൽ കേന്ദ്രത്തിന്റെ താപനില വളരെ ഉയർന്നതായിരിക്കും. 70 കോടി ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസിൽ കാർബൺ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ സംയോജിക്കുന്നു. 100 കോടി ഡിഗ്രിയിൽ ഓക്സിജൻ സംയോജിക്കുന്നു. താപനില 300 കോടി ഡിഗ്രിയാകുമ്പോൾ സിലിക്കോൺ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ യോജിച്ച് ഇരുമ്പിന്റെ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു. താപനില ഇനി എത്ര കൂടിയാലും ഇരുമ്പിന്റെ അണുസംയോജനം നടക്കില്ല. അങ്ങനെ കാതലിൽ ഇരുമ്പും ചുറ്റും സിലിക്കോൺ, ഓക്സിജൻ, കാർബൺ, ഹീലിയം, ഹൈഡ്രജൻ ഇവകളുടെ സംയോജനം നടക്കുന്ന ഷെല്ലുകൾ —ഇങ്ങനെ ഒരു നക്ഷത്രം പരിണമിക്കുന്നു. വളരെയേറെ പരിണമിച്ച ഇത്തരം നക്ഷത്രങ്ങൾ ഉള്ളിപോലെയാണ്. ഒരു ഘട്ടം കഴിയുമ്പോൾ ഇരുമ്പുകാതലിന് താങ്ങാനാകാത്ത വിധം മർദ്ദം ഉയരുന്നു. അതിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളും പ്രോട്ടോണുകളും തമ്മിൽ ചേർക്കപ്പെടുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി ന്യൂട്രോൺ ഉണ്ടാകുന്നതോടൊപ്പം വ്യാപ്തം ഗണ്യമായി കുറയുന്നു. അതിവേഗത്തിലുള്ള സങ്കോചം നടക്കുന്നു. ഇത് പൊട്ടിത്തെറിയുടെ നേർ വിപരീത പ്രക്രിയ — പൊട്ടിയമർച്ച (Implosion) ആണ്. ഇത് സൃഷ്ടിക്കുന്ന ആഘാതതരംഗത്തിന്റെ ഫലമായി നക്ഷത്രമാകെ പൊട്ടിത്തെറിക്കുന്നു. ഇതിനെ സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനം എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. പ്രപഞ്ചത്തിൽ നടക്കുന്ന ഏറ്റവും ശക്തമായ സ്ഫോടനമാണിത്. സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനത്തിനു ശേഷം ചില നക്ഷത്രങ്ങൾ ന്യൂട്രോൺ നക്ഷത്രങ്ങളായും ചിലത് തമോഗർത്തമായും മാറും. നക്ഷത്രദ്രവ്യമാനമാണ് അന്ത്യവിധി കല്പിക്കുന്നത്. ന്യൂട്രോൺ നക്ഷത്രമാകണമോ തമോഗർത്തമാകണമോ എന്ന കാര്യം. ന്യൂട്രോൺനക്ഷത്രങ്ങൾ അതിന്റെ സ്വന്തം അച്ചുതണ്ടിൽ അതിവേഗം കറങ്ങുന്നു. അത് റേഡിയോതരംഗങ്ങൾ ഉൽസർജ്ജിക്കുന്നു. ഒരു നക്ഷത്രത്തിന്റെ മരണശേഷം അതിനെ അടക്കം ചെയ്യുന്ന ശവക്കല്ലറയാണ് ന്യൂട്രോൺനക്ഷത്രം.

സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനം താരതമ്യേന അപൂർവ്വമായ സംഭവമാണ്. എ.ഡി. 1054-ൽ ചൈനീസ് ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഒരു സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനം നിരീക്ഷിച്ചതായി തെളിവുകളുണ്ട്. ഇതായിരുന്നു ആദ്യമായി നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ട സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനം. 1987-ൽ ഒരു സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനം ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നിരീക്ഷിക്കുകയുണ്ടായി. ഈ സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനം നടന്നത് 1,70,000 പ്രകാശവർഷം അകലെ നമ്മുടെ

ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയുടെ അയൽപക്കത്തുള്ള മെഗല്ലനിക് മേഘത്തിലായിരുന്നു. 1987-ൽ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കണ്ട സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനത്തിന്റെ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കാൻ തുടങ്ങിയത് ഭൂമിയിൽ ഹിമയുഗം ആരംഭിക്കുന്നതിന് മുൻപായിരുന്നു. സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനങ്ങൾ ഇരുമ്പിനെക്കാൾ ഭാരമുള്ള നിരവധി വൈവിധ്യമാർന്ന മൂലകങ്ങൾ നിർമ്മിക്കാനാവശ്യമായ ഊർജ്ജം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. നക്ഷത്രസ്ഫോടനം നടക്കുമ്പോൾ ടൺകണക്കിന് സ്വർണ്ണവും വെള്ളിയും രസവും ഇരുമ്പും ഈയവും അയഡിനും ടിന്നും ചെമ്പും ചിതറിത്തെറിക്കുന്നു. അത് നക്ഷത്രാന്തരീയസ്ഥലത്ത് വ്യാപിച്ച് ചുറ്റുമുള്ള മേഘങ്ങളിൽ ലയിക്കുന്നു. അത് അടുത്ത തലമുറയിലെ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ അസംസ്കൃതപദാർത്ഥമായി മാറുന്നു. പിന്നീട് നക്ഷത്രാന്തരീയ മേഘങ്ങൾ ഘനീഭവിച്ച് അതിൽനിന്നും പുതിയ തലമുറയിലെ നക്ഷത്രങ്ങളും അവയുടെ ഗ്രഹങ്ങളും പിറക്കുമ്പോൾ അവ അമൂല്യമായ ഈ മൂലകങ്ങളുടെ അവകാശികളായി മാറുന്നു. നമ്മുടെ ഭൂമി അത്തരം ഒരു ഗ്രഹമാണ്. സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനത്തിൽ ചിതറപ്പെട്ട അണുക്കളെക്കൊണ്ട് നിർമ്മിതമാണ് ഭൂമിയും നമ്മുടെ ശരീരവും. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ കാർബൺ അണുക്കളുടെ ഉത്ഭവവും സൂര്യനുണ്ടാകുന്നതിന് മുൻപ് പൊട്ടിത്തെറിക്കപ്പെട്ട നക്ഷത്രങ്ങളിലാണ്. സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനം ഇല്ലായിരുന്നെങ്കിൽ നമ്മൾ ഇവിടെ ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. മനുഷ്യർ പരസ്പരം കീഴടക്കാൻ യുദ്ധത്തിനുവേണ്ടി ഉപയോഗിച്ച പിച്ചള പരിചയുടെയും ഉരുക്കുവാളുകളുടെയും പൂർവ്വകഥ ഇതാണ്. ഞാനിപ്പോൾ എഴുതിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന പേനയുടെ സ്റ്റീൽ നിബ്ബിന്റെ കഥയും അതുതന്നെ. ആദ്യതലമുറയിലെ നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഉരുക്കിയെടുത്ത സ്വർണ്ണത്തിന്റെയും വെള്ളിയുടെയും അവകാശികളായ നമ്മൾ എത്ര യുദ്ധങ്ങളാണ് അതിനുവേണ്ടി നടത്തിയത്. ഇന്നും അത് തുടരുകയല്ലേ?

ചെറിയ നക്ഷത്രങ്ങൾ പ്രപഞ്ചരാസപരിണാമത്തിൽ വഹിക്കുന്ന പങ്ക് താരതമ്യേന ചെറുതാണ്. അവരും അവരുടെ ശേഷിക്ക് അനുസരിച്ച് മൂലകങ്ങൾ പാചകം ചെയ്യുന്നുണ്ട്. ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയിലെ വിവിധ സ്ഥാനങ്ങളിലുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുടെ വർണ്ണരാജികൾ നിരീക്ഷിച്ചാൽ അദ്ഭുതകരമായ ചില വസ്തുതകൾ നമുക്ക് ബോദ്ധ്യപ്പെടും. ഗാലക്സിക കേന്ദ്രത്തിനടുത്തുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ലോഹങ്ങളുടെ വർണ്ണരാജികൾ ഇല്ല. നമ്മുടെ ഗാലക്സിയുടെ സർപ്പിളബാഹുക്കളിലുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുടെ വർണ്ണരാജികളിൽ നിരവധി ലോഹങ്ങൾ കാണാം. സൂര്യനും സൂര്യനെക്കാളേറെ ദ്രവ്യമാനമുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളും സർപ്പിളബാഹുക്കളിലാണ്. ഭീമൻ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ജനനവും മരണവും ഏറ്റവും കൂടുതൽ നടക്കുന്നതും ഗാലക്സിയുടെ വക്കുകളിലാണ്. മരിക്കുന്ന നക്ഷത്രങ്ങളുടെ രാസപരമായ സവിശേഷതകൾ ഇനിയും ഒട്ടേറെ അറിയാനുണ്ട്. നമ്മൾ കാണുന്നതും കേൾക്കുന്നതും നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും അണുക്കളുടെയും പരിണാമഫലമാണ്. നമ്മൾ നക്ഷത്രപരിണാമത്തിലൂടെ ഉണ്ടായ മൂലകങ്ങളാൽ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടതാണ്. നക്ഷത്രങ്ങൾ എന്തുകൊണ്ടാണ് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ടുതന്നെയാണ് നമ്മെയും നിർമ്മിച്ചിട്ടുള്ളത്.

ക്വാണ്ടം ഭൗതികം

ക്വാണ്ടം ഭൗതികത്തിന്റെ ലോകത്ത് ചോദ്യങ്ങളെക്കാൾ കൂടുതൽ ഉത്തരങ്ങളുണ്ട്. 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആദ്യദശകങ്ങളിൽ അരങ്ങേറിയ രണ്ട് ശാസ്ത്രവിപ്ലവങ്ങളായിരുന്നു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തവും ക്വാണ്ടം ഭൗതികവും. ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം സ്ഥലകാലങ്ങളെ വളരെ നന്നായി വിവരിച്ചു. പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കവും ഒടുക്കവും ഉണ്ടെന്ന് അത് നമ്മോട് പറഞ്ഞു. സ്ഥൂലലോകത്തെ വിശദീകരിക്കുന്നതിനുള്ള ആയുധമായിരുന്നു അത്. ക്വാണ്ടം ഭൗതികം സൂക്ഷ്മലോകത്തെ (അണുവിനുള്ളിലെ) ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഗുണധർമ്മങ്ങളെപ്പറ്റി ഒരു പുതിയ ഉൾക്കാഴ്ച നമുക്ക് നല്കി. ഈ രണ്ട് ശാസ്ത്രവിപ്ലവങ്ങൾ മനുഷ്യൻ നൂറ്റാണ്ടുകളായി മനസ്സിൽ സൂക്ഷിച്ചിരുന്ന ദർശനങ്ങളെയും വീക്ഷണങ്ങളെയും മാറ്റിമറിച്ചു. അജ്ഞേയമെന്ന് കരുതിയ പലതും ജ്ഞേയമായി. ഭൂമിയിൽനിന്ന് 1500 കോടി പ്രകാശവർഷം അകലെയുള്ള വസ്തുക്കളെ നിരീക്ഷിക്കാൻ ഇന്ന് നമുക്ക് കഴിയും. ചെറുതിൽ ചെറുതിനെക്കുറിച്ചുള്ള അന്വേഷണം 10^{16}മീ. (0.0000000000000001 മീറ്റർ) വലിപ്പമുള്ള പ്രോട്ടോണിനെവരെ അളക്കാനുള്ള കഴിവ് നമുക്ക് നല്കി. സൂക്ഷ്മലോകത്തേക്ക് വെളിച്ചംവീശിയത് ക്വാണ്ടം ഭൗതികമായിരുന്നു. ക്വാണ്ടം ഭൗതികത്തിന്റെ വിപ്ലവകരമായ മുന്നേറ്റം വമ്പിച്ചതായിരുന്നു. അത് തൊട്ടതെല്ലാം മാറ്റത്തിന് വിധേയമായി. പ്രപഞ്ചത്തെ അറിയുവാനും പഠിക്കുവാനും മനുഷ്യൻ കണ്ടെത്തിയ മറ്റൊരായുധമായിരുന്നു ഇത്.

ജർമ്മൻ ഭൗതികജ്ഞനായ മാക്സ്പ്ലാങ്ക് (Max Planck) 1900-ൽ ക്വാണ്ടംസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിച്ചു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ വികിരണ ഊർജ്ജം ഒരു തുടർച്ചയായ തരംഗപ്രവാഹമല്ല. ഊർജ്ജത്തിന്റെ ചെറിയ ചെറിയ ഭാഗങ്ങൾ അഥവാ ഊർജ്ജകണങ്ങൾ ആയിട്ടാണ് വികിരണ ഊർജ്ജം ഉൽസർജ്ജിക്കപ്പെടുകയോ സ്വീകരിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നത്. ഇത്തരം വളരെ ചെറിയ ഊർജ്ജഭാഗത്തിന് അഥവാ ഊർജ്ജകണത്തിന് ക്വാണ്ടം എന്നു പറയുന്നു. പ്രകാശത്തിന്റെ ഒരു ക്വാണ്ടമാണ് ഫോട്ടോൺ (photon). അപ്പോൾ ഈ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് നമ്മുടെ മുറിയിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന സൂര്യരശ്മികളും ഒരു മേശവിളക്കിൽനിന്നൊഴുകിയെത്തുന്ന പ്രകാശവും എല്ലാം പ്രകാശതരംഗത്തിന്റെ തുടർച്ചയായ ധാരയല്ല; അവ വ്യതിരിക്തമായ ഫോട്ടോണുകളുടെ ഒരു പ്രവാഹമാണ്. ഒരു നിശ്ചിതയളവ് ഊർജ്ജവും ഒരു പ്രത്യേക തരംഗദൈർഘ്യവുമുള്ള വൈദ്യുതകാന്തിക വികിരണത്തിന്റെ ഒരു യൂണിറ്റാണ് ഫോട്ടോൺ എന്നു പറയാം. മാക്സ്

പ്ലാങ്കിന്റെ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തിയുള്ള ഫോട്ടോണുകളുടെ ഊർജ്ജപരിമാണവും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. മാത്രമല്ല ഒരു ഫോട്ടോണിന്റെ ഊർജ്ജം അതിന്റെ ആവൃത്തിക്ക് നേർ അനുപാതത്തിലായിരിക്കും. അതിനാൽ പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം കുറയുന്തോറും ആവൃത്തിയും അതോടൊപ്പം അതിന്റെ ഊർജ്ജത്തിന്റെ അളവും കൂടുന്നു. ഇതിൽനിന്നും മാക്സ്പ്ലാങ്ക് ലോകപ്രശസ്തമായ സമീകരണം നിഷ്പാദിപ്പിച്ചു. $e = h r. e$ എന്നത് ഊർജ്ജകാണ്ടമാണ്. r (ന്യൂ) ആവൃത്തി. h പ്ലാങ്ക് സ്ഥിരാങ്കം. പ്രകാശപ്രവേഗംപോലെ ഒരു സാർവ്വത്രികസ്ഥിരാങ്കമാണ് ഇത്. h-ന്റെ മൂല്യം വളരെ ചെറുതാണ്. അതിനാലാണ് പ്രകാശത്തെ അനുസ്യൂത തരംഗമായി നമുക്ക് കാണാൻ കഴിയുന്നത്. ദ്രവ്യം അണുക്കളെക്കൊണ്ട് നിർമ്മിതമായതുകൊണ്ട് അത് യഥാർത്ഥത്തിൽ വിച്ഛിന്നമാണ്. എന്നാൽ അണുക്കൾ വളരെ ചെറുതായതുകൊണ്ട് ദ്രവ്യത്തെ അവിച്ഛിന്നമായിട്ടാണ് (continuous) നമ്മൾ കാണുന്നത്. അതുപോലെ പ്രകാശവും വിച്ഛിന്ന മാണ്. ദ്രവ്യവും വികിരണവും വിച്ഛിന്നമാണ്.

പ്ലാങ്കിന്റെ സിദ്ധാന്തം ഉപയോഗിച്ച് വികിരണസ്പെക്ട്രത്തെ മുഴുവൻ എളുപ്പത്തിൽ വിശദീകരിക്കുവാൻ കഴിയും. പിന്നെയും പല കാര്യത്തിലും അത് ഉപകരിച്ചു. എന്നാൽ 1900-ൽ മാക്സ്പ്ലാങ്ക് ക്വാണ്ടംസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിച്ചപ്പോൾ ഭൗതികജ്ഞന്മാരിൽ അത് വലിയ മതിപ്പൊന്നും ഉളവാക്കിയില്ല. അന്ന് മനസ്സിലാക്കാൻ പറ്റുന്നതിനെക്കാൾ വിപ്ലവകരമായൊരു സിദ്ധാന്തമായിരുന്നു അത്.

1905-ൽ ക്വാണ്ടംസിദ്ധാന്തം ഉപയോഗിച്ച് ഐൻസ്റ്റിൻ പ്രകാശ വൈദ്യുതിപ്രഭാവത്തിന് (photo electric effect) വിശദീകരണം നല്കി. ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തിനാണ് 1921-ൽ അദ്ദേഹത്തിന് നോബൽസമ്മാനം ലഭിച്ചത്. ഫോട്ടോണുകളുടെ കണികസ്വഭാവം വ്യക്തമായി നിർവചിച്ചത് ഐൻസ്റ്റിനായിരുന്നു. ഒരു നിശ്ചിതയളവ് ഊർജ്ജം ഉള്ള ഫോട്ടോണുകൾ ലോഹങ്ങളുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ശക്തിയോടെ ചെന്നിടിച്ച് ഇലക്ട്രോണുകളെ പുറംതള്ളുന്നു. തീവ്രമായ പ്രകാശം ഒരു വസ്തുവിൽ പതിക്കുന്നു എന്നതിന്റെ അർത്ഥം ഒരു സെക്കൻഡിൽ ഒരേ ഇനത്തിൽപ്പെട്ട കൂടുതൽ ഫോട്ടോണുകൾ ഒരു പ്രതലത്തിൽ പതിക്കുന്നു എന്നാണ്. ഒരു ഫോട്ടോണിന് ഒരേയൊരു ഇലക്ട്രോണിനെ മാത്രമേ ലോഹ അണുവിൽനിന്നും പുറന്തള്ളാൻ സാധിക്കുകയുള്ളു. അതിനാൽ പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രത കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് പുറംതള്ളപ്പെടുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണവും വർദ്ധിക്കുന്നു. 1923-ൽ ലൂയിദ് ബ്രോളി ഇലക്ട്രോൺ, പ്രോട്ടോൺ മുതലായ മൗലിക കണങ്ങൾക്ക് തരംഗസ്വഭാവമുണ്ടെന്ന് കണ്ടുപിടിച്ചു. കണങ്ങളുടെ തരംഗസ്വഭാവങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ 1926-ൽ ജർമ്മൻ ഭൗതികജ്ഞനായ ഇർവിൻ ഷ്രോഡിഞ്ചർ ഒരണുമാതൃക അവതരിപ്പിച്ചു. നീൽ ബോറിന്റെ അണുമാതൃകയെക്കാൾ മെച്ചപ്പെട്ടതായിരുന്നു ഇത്. ഈ മാതൃകയിൽ ഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യന് ചുറ്റും കറങ്ങുന്നതുപോലെയല്ല ഇലക്ട്രോണുകൾ അണുകേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റും കറങ്ങുന്നത്. അണുകേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റുമുള്ള ഒരു തരംഗമാണ് ഇലക്ട്രോൺ. ഒരേസമയത്ത് അത് അണുകേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റും

എല്ലായിടത്തും ഉണ്ടായിരിക്കും—ഒരു തരംഗരൂപത്തിൽ. ഷ്രോഡിഞ്ചർ പറഞ്ഞു: "ഏതൊരു കണചലനവും തരംഗസംചരണമാണ്." ഇതിൽ നിന്നെല്ലാം ഒരു കാര്യം വ്യക്തമായി. ദ്രവ്യത്തിന്റെയും വികിരണഊർജ്ജത്തിന്റെയും— രണ്ടിന്റെയും— മൗലികമാത്രകൾക്ക് തരംഗസ്വഭാവമുണ്ട്. കണസ്വഭാവമുണ്ട്. പ്രകാശം കണവുമാണ് തരംഗവുമാണ്. ഇലക്ട്രോൺ കണവുമാണ് തരംഗവുമാണ്. ക്വാണ്ടംഭൗതികം രണ്ടിന്റെയും ഗുണധർമ്മങ്ങളെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു.

ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണസിദ്ധാന്തം പ്രപഞ്ചം നിശ്ചിത നിയമങ്ങൾക്ക് വിധേയമായി പ്രവർത്തിക്കുകയാണെന്ന വിശ്വാസം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരിൽ ഉളവാക്കിയിരുന്നു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളാണ് യാന്ത്രികഭൗതികവാദത്തിന് പ്രേരണ നല്കിയത്. ദർശനത്തിന്റെയും ഭൗതികത്തിന്റെയും രംഗത്ത് ന്യൂട്ടന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ വമ്പിച്ച സ്വാധീനം ചെലുത്തിയിരുന്നു. 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനംവരെ ആരും അതിനെ ചോദ്യം ചെയ്തില്ല. 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആരംഭത്തിൽ ഫ്രഞ്ച് ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായ പിയറേ-സൈമൺഡി ലാപ്ലാസ് (Pierre-Simonde Laplace) ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണസിദ്ധാന്തത്തിൽ ആവേശഭരിതനായി നിശ്ചിതത്വവാദം അവതരിപ്പിച്ചു. ലാപ്ലാസിന്റെ നിശ്ചിതത്വവാദമനുസരിച്ച് ഒരു നിശ്ചിത സമയത്തുള്ള പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പൂർണ്ണസ്ഥിതി അറിയാമെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചത്തിൽ നടക്കുന്നതെന്തും പ്രവചിക്കുവാൻ കഴിയും. ഉദാഹരണത്തിന് നിശ്ചിതസമയത്തുള്ള സൂര്യന്റെയും ഗ്രഹങ്ങളുടെയും സ്ഥാനവും വേഗതയും അറിയാമെങ്കിൽ ന്യൂട്ടൻനിയമം അനുസരിച്ച് അവയുടെ മറ്റേതു സമയത്തുള്ള സ്ഥാനവും വേഗതയും കണക്കുകൂട്ടിയെടുക്കാൻ കഴിയും. ഇവിടെ നിശ്ചിതത്വം ശരിയാണ്. പ്രകൃതിയിലെ എല്ലാ വസ്തുക്കൾക്കും പ്രതിഭാസങ്ങൾക്കും നിശ്ചിതത്വം ഉണ്ടെന്നും മനുഷ്യസ്വഭാവംപോലും നിശ്ചിതനിയമങ്ങളനുസരിച്ചാണെന്നും ലാപ്ലാസ് സങ്കല്പിച്ചു. ശാസ്ത്രീയ നിശ്ചിതത്വവാദം ഈ കാലഘട്ടത്തിൽ രൂപംകൊണ്ട ദർശനങ്ങളിൽ വമ്പിച്ച സ്വാധീനം ചെലുത്തി.

ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികത്തിലെ നിശ്ചിതത്വവാദങ്ങളുടെ അടിത്തറ ഇളക്കുന്നതായിരുന്നു ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്തം. ക്വാണ്ടം തത്ത്വങ്ങൾ അസാധാരണമാണ്. അത് ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികത്തിന്റെ സങ്കല്പങ്ങളുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നില്ല. 1927-ൽ ജർമ്മൻ ഭൗതികജ്ഞനായ വെർണർ ഹൈസൺബർഗ് (Werner Heisenberg) ആവിഷ്കരിച്ച അനിശ്ചിതത്വ സിദ്ധാന്തത്തോടെ ക്വാണ്ടംഭൗതികം ക്ലാസിക്കൽഭൗതികത്തോട് വിട പറഞ്ഞു. അതോടെ ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രം ജന്മമെടുത്തു. അണുവിനുള്ളിലെ (സൂക്ഷ്മലോകത്തെ) കണങ്ങളുടെ ചലനനിയമം ആണ് ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രം. ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികമനുസരിച്ച് ഒരാൾക്ക് ഒരു കണത്തിന്റെ ഭാവി സ്ഥാനവും പ്രവേഗവും പ്രവചിക്കണമെങ്കിൽ അതിന്റെ ഇപ്പോഴുള്ള സ്ഥാനവും പ്രവേഗവും കൃത്യമായി അറിഞ്ഞിരിക്കണം. ഒരു കണത്തിന്റെ സ്ഥാനം എങ്ങനെ നിശ്ചയിക്കാമെന്ന് നോക്കാം. ഒരു കണം ഇലക്ട്രോൺ ആണെന്നിരിക്കട്ടെ, എവിടെയാണെന്ന് എങ്ങനെയാണ് നിശ്ചയിക്കുന്നത്?

അത് എവിടെയാണെന്ന് നോക്കാൻ ശക്തമായ ഒരു സൂക്ഷ്മദർശിനി ഉപയോഗിക്കാമെന്ന് കരുതുക. അതുകൊണ്ടു മാത്രം കാണാൻ പറ്റില്ല. ഇരുട്ടുമുറിയിൽ ഒരു സൂക്ഷ്മദർശിനി വച്ചുനോക്കിയാൽ ഒന്നും കാണാൻ കഴിയില്ല. വെളിച്ചം ഉണ്ടെങ്കിലേ കണത്തെ കാണാൻ പറ്റൂ. നാം നോക്കുന്ന കണത്തിനുമേൽ ഒരു പ്രകാശകിരണം ചൊരിയണം. ആ പ്രകാശകിരണത്തിന്റെ പ്രതിഫലനത്തിൽനിന്നാണ് നാം കണത്തെ കാണുന്നത്. ഇത് കണത്തിന്റെ സ്ഥാനത്തെക്കുറിച്ചുള്ള സൂചന നല്കുന്നു. എന്തായാലും പ്രകാശതരംഗത്തിന്റെ അടുത്തുള്ള രണ്ട് ശീർഷങ്ങൾ (crest) തമ്മിലുള്ള അകലത്തെക്കാൾ കൃത്യതയോടെ ഒരാൾക്ക് ഒരു കണത്തിന്റെ സ്ഥാനം കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയില്ല. ഇത് സാധ്യമാകണമെങ്കിൽ പ്രകാശത്തിന്റെ തരംഗദൈർഘ്യം വളരെ ചെറുതായിരിക്കണം. പ്ലാങ്കിന്റെ ക്വാണ്ടംസിദ്ധാന്തപ്രകാരം പ്രകാശ അളവിന് ഒരു പരിധിയുണ്ട്. കുറഞ്ഞത് ഒരു പ്രകാശക്വാണ്ടം (ഫോട്ടോൺ)-Á എങ്കിലും വേണം. ഈ ഫോട്ടോൺ ഇലക്ട്രോണിനെ വിക്ഷോഭിപ്പിക്കുകയും അതിന്റെ പ്രവേഗത്തെ പ്രവചിക്കാൻ പറ്റാത്തതരത്തിൽ മാറ്റുകയും ചെയ്യുന്നു. വളരെ കൃത്യതയോടെ ഇലക്ട്രോണിന്റെ സ്ഥാനം നിർണ്ണയിക്കുന്നതിന് വളരെ കുറഞ്ഞ തരംഗദൈർഘ്യം ഉള്ള പ്രകാശം ആവശ്യമാണ്. തരംഗദൈർഘ്യം കുറയുമ്പോൾ ഫോട്ടോണിന്റെ ഊർജ്ജം കൂടുമല്ലോ. ഇതുമൂലം കണത്തിന്റെ (ഇലക്ട്രോൺ) വേഗതയിലുള്ള മാറ്റം വളരെ കൂടുതലായിരിക്കും. മറ്റൊരുതരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ എത്ര കൂടുതൽ കൃത്യതയോടെ കണത്തിന്റെ സ്ഥാനം നിർണ്ണയിക്കുന്നുവോ അത്രയും കുറഞ്ഞ കൃത്യതയോടെ മാത്രമേ അതിന്റെ വേഗത നിർണ്ണയിക്കുവാൻ കഴിയൂ. ഒരു കണത്തിന്റെ സ്ഥാനവും വേഗവും ഒരേ സമയത്ത് കൃത്യമായി നിർണ്ണയിക്കാൻ പറ്റില്ലെന്നാണ് ഹൈസൺബർഗ് തെളിയിച്ചത്. ഇതാണ് ഹൈസൺബർഗിന്റെ അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വം [Uncertainity Principle]. ഹൈസൺബർഗിന്റെ അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വം പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മൗലികവും ഒഴിച്ചുകൂടാൻ പറ്റാത്തതുമായ സവിശേഷതയാണ്. പ്രപഞ്ചത്തെ നാം നോക്കിക്കാണുന്ന രീതിയിൽത്തന്നെ വൻപിച്ച സ്വാധീനം ചെലുത്തി അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വം. ഏഴ് പതിറ്റാണ്ടുകൾ കഴിഞ്ഞിട്ടും അനിശ്ചിതത്വസിദ്ധാന്തത്തെ പൂർണ്ണമായി അംഗീകരിക്കാൻ പല ദാർശനികർക്കും കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. ഇന്നും ഇത് വിവാദവിഷയമാണ്. നിശ്ചിതനിയമങ്ങളെ അനുസരിക്കുന്നതാണ് പ്രപഞ്ചമെന്ന ലാപ്ലാസിന്റെ ശാസ്ത്രസങ്കല്പങ്ങൾ അനിശ്ചിതത്വസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ രംഗപ്രവേശത്തോടെ കൊഴിഞ്ഞു വീണു. വർത്തമാനകാലത്തിൽ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അവസ്ഥ കൃത്യമായി നിർണ്ണയിക്കാൻ കഴിയില്ലെങ്കിൽ ഭാവിയിൽ അതിന്റെ അവസ്ഥ കൃത്യമായി പ്രവചിക്കാൻ കഴിയില്ലെന്ന് അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വം വ്യക്തമാക്കി. 1939-ൽ ക്രിസ്റ്റഫർ കാഡ്വെൽ 'ഭൗതികത്തിന്റെ പ്രതിസന്ധി' എന്ന പുസ്തകത്തിലെഴുതി: "നിശ്ചിതത്വവാദം മൂതലാളിത്തസംസ്കാരത്തിൽനിന്നും രൂപംകൊണ്ടതാണ്. എല്ലാം ദൈവത്തിന്റെ നിശ്ചിതനിയമങ്ങളനുസരിച്ച് പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്നതാണ് ഇതിന്റെ അർത്ഥം."

ഭൗതികത്തിന്റെ ലോകവീക്ഷണത്തിനുണ്ടായ മൗലികമായ മാറ്റമായിരുന്നു ഇത്. ഹൈസൺബർഗ് പറഞ്ഞു: "ദ്രവ്യവും ഊർജ്ജവും മാത്രമല്ല

വിജ്ഞാനംതന്നെയും ക്വാണ്ടീകരിക്കപ്പെടുന്നു.'' അണുവിനുള്ളിലെ കണങ്ങളുടെ ചലനങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം കൂടുതൽ കൂടുതൽ അഗാധമായപ്പോൾ അനിശ്ചിതത്വം ഒരു നഗ്നയാഥാർത്ഥ്യമായി. ഒരു ഫോട്ടോൺ ഒരണുവിൽ വന്ന് തട്ടുമ്പോൾ ത്വരിതപ്പെട്ട ഇലക്ട്രോൺ ഉയർന്ന കക്ഷയിലേക്ക് മാറുന്നു. അതായത് താഴ്ന്ന ഊർജ്ജനിലവാരം ഉള്ള ഭ്രമണ പഥത്തിൽനിന്നും ഉയർന്ന ഊർജ്ജനിലവാരം ഉള്ളതിലേക്ക് ഇലക്ട്രോൺ ഇങ്ങനെ സഞ്ചരിക്കുന്നത് ഭ്രമണപഥങ്ങൾക്ക് ഇടയിലുള്ള സ്ഥലത്തിലൂടെയല്ല. ഭ്രമണപഥത്തിന്റെ വ്യാസാർദ്ധങ്ങൾ (orbital radius) തന്നെ ക്വാണ്ടീകരിക്കപ്പെടുകയും ഇലക്ട്രോൺ ഒരു ബിന്ദുവിൽ ഇല്ലാതാകുകയും ഉടനെതന്നെ മറ്റൊരു ബിന്ദുവിൽ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെയാണ് പ്രസിദ്ധമായ ക്വാണ്ടംചാട്ടം (quantum jump) എന്നു പറയുന്നത്. ഇതൊരു ദാർശനികപ്രശ്നം എന്നതിലുപരി ഗൗരവപൂർവ്വം കണക്കിലെടുക്കേണ്ട പ്രായോഗിക പ്രശ്നമാണ്. ക്വാണ്ടംചാട്ടം മനസ്സിലാകാതെ അണുവിന്റെ സ്വഭാവം കൃത്യമായി പ്രവചിക്കാൻ ആവില്ല. അണുകേന്ദ്രസംയോജനത്തിന് കാരണമായ പ്രോട്ടോൺ പ്രോട്ടോൺ ശൃംഖലാപ്രവർത്തനത്തിന് കാരണം അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വം ആണ്. അതുപോലെ ക്വാണ്ടം അനിശ്ചിതത്വത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് പ്രോട്ടോണിന് കലംബ് തടസ്സം(Coulomb barrier) മറികടന്ന് സംയോജിക്കാൻ കഴിയുന്നത്. അതുകൊണ്ടാണ് അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം നടക്കുന്നത്. അണുകേന്ദ്രസംയോജനം ഇല്ലായിരുന്നെങ്കിൽ നക്ഷത്രങ്ങൾ പ്രകാശിക്കുമായിരുന്നില്ല.

നമ്മുടെ മനസ്സിലെ ചിത്രങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത് നമുക്ക് ചുറ്റുമുള്ള ലോകത്തെക്കുറിച്ച് പഞ്ചേന്ദ്രിയങ്ങളിലൂടെ അറിയുമ്പോഴാണ്. പഞ്ചേന്ദ്രിയങ്ങളിൽവച്ച് ഏറ്റവും സൂക്ഷ്മമായത് കണ്ണാണ്. ഫോട്ടോണുകൾ മതി അതിന്റെ പ്രവർത്തനത്തിന്. നമ്മൾ സൂക്ഷ്മതലത്തിൽ പരിശോധന നടത്തുമ്പോൾ നമ്മുടെ കണ്ണുകൾ കാണുന്ന ലോകം മിഥ്യയാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു സ്വർണ്ണക്കട്ടി നോക്കുമ്പോൾ അത് ഖരവസ്തുവായി തോന്നുമെങ്കിലും അത് ഏതാണ്ട് പൂർണ്ണമായും ശൂന്യസ്ഥലംകൊണ്ട് ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ടതാണ്. സ്വർണ്ണ അണുവിന്റെ വലിപ്പവുമായി തട്ടിച്ചു നോക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ അണുകേന്ദ്രം (Nucleus) വളരെ ചെറുതാണ്. അണുവിനെ 1000 ലക്ഷം കോടി വലുതാക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിന്റെ വലിപ്പം ബോംബെ പട്ടണത്തോളവും അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ വലിപ്പം ഒരു കാറിന്റേതുമായി രിക്കും. അണുവിലെ ഓരോ കക്ഷകളും തമ്മിലുള്ള അകലം നിരവധി കിലോമീറ്ററായിരിക്കും. സ്വർണ്ണക്കട്ടിയുടെ ബാഹ്യമായ രൂപഭദ്രത—അവിച്ഛിന്നത വാസ്തവമല്ല. എല്ലാ പദാർത്ഥങ്ങളും ഏറ്റവും കട്ടികൂടിയവ കൂടി ലക്ഷോപലക്ഷം സുഷിരങ്ങൾ ഉള്ളവയാണ്.

ക്ലാസിക്കൽ ലോകവീക്ഷണത്തിന്റെ മിഥ്യാധാരണകളിൽനിന്നും നമ്മെ മോചിപ്പിച്ചത് ക്വാണ്ടംവിപ്ലവമാണ്. അതിലൊന്നാണ് മനുഷ്യനും പ്രകൃതിയും വേർതിരിക്കപ്പെട്ടതാണെന്ന ചിരകാല സങ്കല്പം. മനുഷ്യൻ പ്രകൃതിയിൽനിന്നും സ്വതന്ത്രനാണെന്നും അതുകൊണ്ട് നിരീക്ഷണം പൂർണ്ണമായും വസ്തുനിഷ്ഠമാണെന്നുള്ള ചിന്താഗതിക്ക് ഭംഗം വരുത്തി ക്വാണ്ടം

ബലതന്ത്രം. ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ പരമ്പരാഗതമായ വിശ്വാസം അവർ നിരീക്ഷകർ മാത്രമാണെന്നും നിരീക്ഷകനും നിരീക്ഷിതവസ്തുവും തികച്ചും സ്വതന്ത്രമാണെന്നും ആയിരുന്നു. എന്നാൽ സൂക്ഷ്മതലത്തിൽ നിരീക്ഷണം എന്ന പ്രക്രിയതന്നെ ശിഥിലമാകുന്നു. ഉപ ആണവകണങ്ങൾ ചിലപ്പോൾ തരംഗസ്വഭാവവും ചിലപ്പോൾ കണസ്വഭാവവും പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് നാം അവയെ എങ്ങനെ നിരീക്ഷിക്കുന്നു എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചാണ്. ഇവിടെ ദൃഷ്ടി എപ്രകാരമായിരിക്കുമോ അപ്രകാരമായിരിക്കും സൃഷ്ടി. അവ യഥാർത്ഥത്തിൽ കണമോ തരംഗമോ അല്ല. അവ രണ്ടുമാണ്, ഗണിതപരമായി കണവും തരംഗവും തുല്യമാണ്. അവ നിരീക്ഷണമെന്ന പ്രക്രിയയിൽ പങ്കാളികളാണ്. കണത്തിന്റെ കണസ്വഭാവത്തിനും തരംഗസ്വഭാവത്തിനു മനുസരിച്ച് അതിന്റെ ഗുണധർമ്മത്തിൽ മാറ്റം വരുന്നു. മുൻപ് പൂർണ്ണമായും ദാർശനികപ്രശ്നങ്ങളായിരുന്ന ഈ കാര്യങ്ങൾ ക്വാണ്ടംഭൗതികത്തിന്റെ കാഴ്ചപ്പാടിൽ ഗൗരവതരമായ ശാസ്ത്രീയപ്രശ്നങ്ങളാണ്. ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രമനുസരിച്ച് നമ്മൾ ഒരു വസ്തുവിനെ പൂർണ്ണമായ അർത്ഥത്തിൽ കാണുന്നില്ല. അവയുടെ ചില വശങ്ങൾ മാത്രമാണ് കാണുന്നത്. ഇലക്ട്രോണിനെ ഒരു സമയം കണമായും മറ്റൊരു സമയം തരംഗമായും കാണുന്നു. നിരീക്ഷണമെന്ന പ്രക്രിയയിൽ നിരീക്ഷകനും നിരീക്ഷിതവസ്തുവും തമ്മിൽ അഭേദ്യമായ ബന്ധം ഉണ്ട്. നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ട വസ്തുവിൽ നിരീക്ഷകന് പങ്കുണ്ട്. ക്വാണ്ടം ലോകത്ത് ചിത്രകാരൻ ക്യാൻവാസിന് പുറമെനിന്ന് വരയ്ക്കുകയല്ല. ഇവിടെ നിരീക്ഷണത്തെയും നിർണ്ണയത്തെയും വേർതിരിക്കാനാവില്ല. പ്രതിഭാസത്തെയും നിരീക്ഷണത്തെയും വെവ്വേറെ ആക്കാനാവില്ല. സത്യത്തെ നിരീക്ഷണവുമായി വേർതിരിക്കാനാവില്ല. ക്വാണ്ടംഭൗതികം പ്രപഞ്ചരഹസ്യങ്ങളുടെ മറനീക്കി സത്യം പുറത്തുകൊണ്ടുവരുന്നതിന് നമ്മെ സഹായിക്കുന്നു. ക്വാണ്ടംഭൗതികത്തിന്റെ ഈ സവിശേഷതകളുടെ മറപറ്റി ഭൗതികപ്രപഞ്ചം മായയാണെന്ന് വ്യാഖ്യാനിക്കുന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും തത്ത്വചിന്തകരുമുണ്ട്. അവർക്ക് പ്രപഞ്ചം മനസ്സിന്റെ തോന്നൽ മാത്രമാണ്. പ്രകൃതിനിയമങ്ങൾ മനുഷ്യന്റെ ബുദ്ധിയുടെ സൃഷ്ടിയാണെന്ന് അവർ കരുതുന്നു. അശാസ്ത്രീയവും അയുക്തികവുമായ ഈ വീക്ഷണം ക്വാണ്ടംഭൗതികത്തിന്റെതന്നെ നിയമങ്ങളുടെ നിഷേധമാണ്.

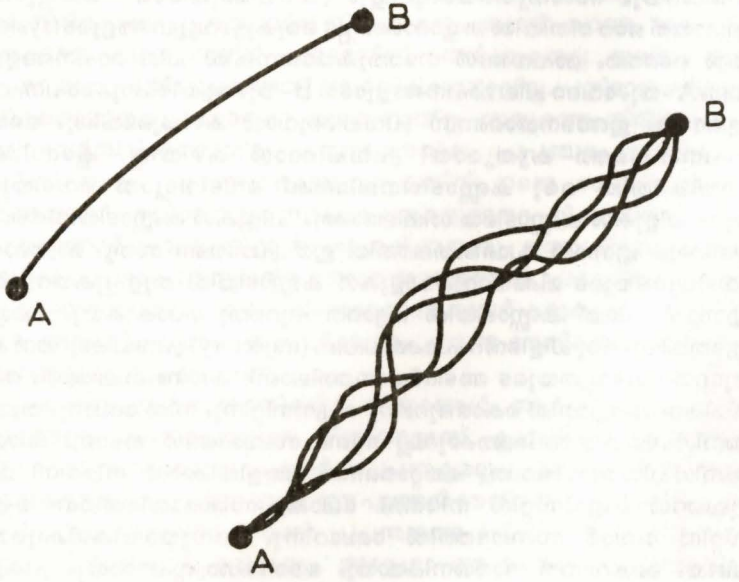
ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ നിശ്ചിതത്വത്തിന്റെ നിയമങ്ങളല്ല. സംഭാവ്യതയുടെ നിയമങ്ങളാണ്. ക്ലാസിക്കൽ അർത്ഥത്തിലുള്ള കാര്യകാരണബന്ധം ഇവിടെ പ്രസക്തമല്ല. പ്രകൃതിയുടെ എല്ലാ നിയമങ്ങളും സംഭവ്യാത്മകമാണ്. ഈ പുത്തൻ ഭൗതികത്തിന്റെ കാഴ്ചപ്പാട് ഐൻസ്റ്റിനെ അസ്വസ്ഥനാക്കി. പ്രപഞ്ചത്തെ ഭരിക്കുന്നത് സംഭവ്യതയാണെന്ന് (probability) ഒരിക്കലും അദ്ദേഹം അംഗീകരിക്കുകയുണ്ടായില്ല. ഐൻസ്റ്റിൻ സംഭവ്യതയ്ക്കെതിരായി ഒരിക്കൽ പറഞ്ഞു: "ദൈവം ഒരിക്കലും പകിട കളിക്കില്ല." എന്താണ് സംഭവ്യത? സംഭവ്യത എന്നാൽ ഒരു നിർദ്ദിഷ്ടസംഭവം ഉണ്ടാകാനുള്ള സാധ്യതയാണ്. സംഭവ്യത പ്രവചിക്കുവാൻ കഴിയും, സംഭവ്യത എന്നു പറഞ്ഞാൽ ഏതോ ചിലത് സംഭവിക്കുവാനിടയുണ്ട് അല്ലെങ്കിൽ സംഭവിക്കുവാനിടയില്ല. ന്യൂട്ടന്റെ ഭൗതികത്തിന്

സ്ഥൂലപ്രപഞ്ചത്തിൽ നടക്കുന്ന ഒരു സംഭവത്തെ എത്ര കൃത്യമായി പ്രവചിക്കുവാൻ കഴിയുമോ അത്ര കൃത്യമായിട്ട് അണുവിനുള്ളിൽ നടക്കുന്ന ഒരു സംഭവ്യതയെ ക്വാണ്ടംഭൗതികത്തിന് പ്രവചിക്കുവാൻ കഴിയും. ഇപ്പോൾ ഒരു കാര്യം ഇങ്ങനെയാണ് സംഭവിക്കുന്നതെങ്കിൽ അടുത്തതായി സംഭവി ക്കുവാൻ പോകുന്നത് ഇന്നതാണ് എന്ന് ന്യൂട്ടന്റെ ഭൗതികം പറയുമ്പോൾ ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രം പറയുന്നു, ഇപ്പോൾ ഒരു സംഭവം ഇങ്ങനെയാണെങ്കിൽ പിന്നീട് സംഭവ്യമായേക്കാവുന്നത് ഇന്നതായിരിക്കും എന്ന്. വളരെ പരിചിതമായ ഒരു ഉദാഹരണംകൊണ്ട് ഇത് വ്യക്തമാക്കാം. ഒരു പകിട എടുക്കുക. ഒന്നു മുതൽ ആറുവരെ സംഖ്യകൾ അടയാളപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള ആറ് വശങ്ങളാണ് ഒരു പകിടയിലുള്ളത്. പകിട ഉരുട്ടുമ്പോൾ ഇതിൽ ഏത് സംഖ്യ കുറിച്ച വശവും മീതെ വരുവാൻ തുല്യമായ സാധ്യതയാണുള്ളത്. അതിനാൽ 5 എന്ന സംഖ്യ കുറിച്ച വശം മീതെ വരുവാനുള്ള സംഭവ്യത $^1/_6$ ആണ്. എന്നാൽ ഒരു ഇരട്ടസംഖ്യ കുറിച്ച വശം മീതെ വരാനുള്ള സംഭവ്യത $^3/_6$ അല്ലെങ്കിൽ $^1/_2$. ആറ് സംഖ്യകളിൽ 2, 4, 6 എന്നീ മൂന്ന് ഇരട്ടസംഖ്യകളാണ് ഉള്ളത്. ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രം ഒരൊറ്റ നിരീക്ഷണത്തിന്റെ ഫലം പ്രവചിക്കുകയല്ല. വ്യത്യസ്ത സാധ്യതാഫലങ്ങളെക്കുറിച്ചും അവ ഓരോന്നിന്റെയും സംഭവ്യതയെക്കുറിച്ചും പ്രവചിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. അതായത് ഒരേ രീതിയിൽ തയ്യാറാക്കപ്പെട്ട ഒരുകൂട്ടം വ്യൂഹങ്ങളുടെ (system) മേൽ ഒരേതരം മാപനങ്ങൾ നടത്തുകയാണെങ്കിൽ ചില മാപനങ്ങളുടെ ഫലം A -യും വേറെ ചില മാപനങ്ങളുടേത് B -യും ആയിരിക്കും. മാപനഫലം ഏകദേശം ഇങ്ങനെയാണെന്ന് പ്രവചിക്കുവാൻ കഴിയുമെങ്കിലും ഒരൊറ്റ മാപനഫലത്തെ കൃത്യമായി പ്രവചിക്കാൻ കഴിയില്ല. ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികത്തിൽ ഒരു കണ്ണാടിജനലിലേക്ക് വെടിവച്ചാൽ വെടിയുണ്ടയുടെ ചീളുകൾ കണ്ണാടിയെ ശിഥിലമാക്കും. ചീളുകൾ കണ്ണാടിയിൽത്തന്നെ പതിക്കും. എന്നാൽ ക്വാണ്ടംതലത്തിൽ ഇത് പ്രായേണ സത്യം മാത്രമാണ്. വെടിയുണ്ടയുടെ മിക്കവാറും ചീളുകൾ കണ്ണാടിയിൽ തുളച്ചുകയറുകയും എന്നാൽ ചിലത് കണ്ണാടിയിൽ തട്ടാതെ പുറത്തു പോകുകയും ചെയ്യും. ഏതെങ്കിലും ഒരു ചീളിന്റെ പ്രക്ഷേപപഥം (trajectory) പ്രവചിക്കുവാൻ കഴിയുന്നത് സംഭവ്യതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രം ആകസ്മികതശാസ്ത്രത്തിൽ കൊണ്ടുവന്നു. ഐൻസ്റ്റിനും നീൽ ബോറും തമ്മിൽ അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വത്തെക്കുറിച്ച് നീണ്ട സംവാദങ്ങൾ നടന്നു. ക്വാണ്ടം അനിശ്ചിതത്വസിദ്ധാന്തം തെറ്റാണെന്ന് തെളിയിക്കാൻ നിരവധി വാദമുഖങ്ങൾ ഐൻസ്റ്റിൻ നിരത്തി. ലോകപ്രസിദ്ധമായിത്തീർന്ന ഐൻസ്റ്റിൻ ബോർ സംവാദത്തിൽ ബോറിനും അനുയായികൾക്കുമാണ് വിജയം കൈവന്നത്. ദാർശനികമായും ഭൗതികശാസ്ത്രപരമായും പ്രകൃതി നിശ്ചിതത്വത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ പാലിക്കുന്നു എന്നതിന് വ്യക്തമായ തെളിവുകളൊന്നും ഇല്ലെന്ന പൊതുനിഗമനത്തിൽ ശാസ്ത്രലോകം എത്തിച്ചേർന്നു.

ലോകപ്രശസ്ത അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞനായ റിച്ചാർഡ് പി. ഫെയ്ൻമാൻ (Richard P. Feynman) 1965-ൽ ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രത്തിന് ഒരു

ബദൽ വ്യാഖ്യാനം അവതരിപ്പിക്കുകയുണ്ടായി. ഐൻസ്റ്റിന്റെ ആപേക്ഷിക സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ഒരു വ്യൂഹത്തിന് (system) കൃത്യമായ ചരിത്രമുണ്ട്. ഒരു കണം ഒന്നുകിൽ ഒരു സ്ഥലത്തോ മറ്റൊരു സ്ഥലത്തോ ആയിരിക്കും. അതിന് പകുതി ഒരിടത്തും പകുതി മറ്റൊരിടത്തും ആകാൻ പറ്റില്ല. ഒരു ബഹിരാകാശസഞ്ചാരി ചന്ദ്രനിൽ ഇറങ്ങുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന സംഭവം ഒരു സംഭവമാണ്. അയാളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ഇറങ്ങിയെന്നും ഇറങ്ങിയില്ലെന്നും പറയാൻ കഴിയില്ല. ഒന്നുകിൽ ഇറങ്ങി അല്ലെങ്കിൽ ഇല്ല. സംഭവം പകുതിയാവാൻ പറ്റില്ല. ഒരാൾ അല്പം മരിച്ചു എന്നു പറയാൻ പറ്റില്ല. അതു പോലെ ഒരു സ്ത്രീ അല്പം ഗർഭിണിയായി എന്നു പറയാനും പറ്റില്ല. മരിച്ചു, ഗർഭിണിയായി എന്നു പറയാം. ഒരു സിസ്റ്റത്തിന് ഒരു നിശ്ചിത ചരിത്രമേ ഉള്ളുവെങ്കിൽ അനിശ്ചിതത്വം നമ്മെ നിരവധി വിരോധാഭാസങ്ങളിലേക്ക് നയിക്കുന്നു. എങ്ങനെയെന്നാൽ ഒരു കണിക ഒരേ സമയം രണ്ട് സ്ഥാനത്താണെന്ന് പറയുന്നതുപോലെ; ചന്ദ്രനിൽ പകുതി ഇറങ്ങി യെന്നു പറയുന്നതുപോലെ.

ഈ വിരോധാഭാസം ഒഴിവാക്കുന്നതിനുവേണ്ടിയുള്ള നിർദ്ദേശങ്ങൾ ഫെയ്ൻമാൻ മുന്നോട്ടുവയ്ക്കുക ഉണ്ടായി. ഇതാണ് അദ്ദേഹത്തിന്റെ



ന്യൂട്ടോണിയൻ ഭൗതികമനുസരിച്ച് ഒരു കണം A യിൽ നിന്ന് B യിലേക്ക് ഒരേ ഒരു പ്രക്ഷേപപഥമേ സ്വീകരിക്കുകയുള്ളൂ. ഫെയ്ൻമാന്റെ വ്യാഖ്യാനം അനുസരിച്ച് ഒരു കണത്തിന് ഒരു പ്രക്ഷേപപഥത്തിനുള്ള സാധ്യതയല്ല A യിൽനിന്ന് B യിലേക്കുള്ളത്. A യിൽ നിന്ന് B യിലേക്കുള്ള എല്ലാ സംഭാവ്യമായ പഥത്തിലൂടെയുള്ള എല്ലാ ഫലവും കണക്കിലെടുക്കണം.

ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രത്തിന്റെ ബദൽ വ്യാഖ്യാനം. ഇതിനെ ചരിത്രസാരാംശ സിദ്ധാന്തം (sum over histories) അഥവാ പാത്ത് ഇൻറഗ്രൽ (path integral) എന്നു പറയുന്നു. ഒരു സിസ്റ്റത്തിന് ക്വാണ്ടംസിദ്ധാന്തേതര ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികത്തിൽ ഒരു ചരിത്രമേ ഉള്ളു. എന്നാൽ ചരിത്രസാരാംശ സിദ്ധാന്ത മനുസരിച്ച് ഒരു ചരിത്രമല്ല ഉള്ളത്; നിരവധി ചരിത്രം ഉണ്ട്.

ഒരു നിശ്ചിത സമയത്ത് ഒരു ബിന്ദുവിലുള്ള ഒരു കണത്തെയെടുക്കുക. സാധാരണ നിലയിൽ കണം A യിൽനിന്ന് ഒരു നേർവരയിൽ സഞ്ചരിക്കുമെന്ന് കരുതാം. ചരിത്ര സാരാംശസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് കണത്തിന് A -യിൽനിന്ന് തുടങ്ങുന്ന ഏതു പാതയിൽക്കൂടിയും നീങ്ങാം. ബ്ലോട്ടിങ് പേപ്പറിൽ ഒരുതുള്ളി മഷി വീഴുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്നതുപോലെയാണിത്. മഷിയുടെ കണങ്ങൾ ബ്ലോട്ടിങ് പേപ്പറിൽ എല്ലാ ദിശയിലൂടെയും സഞ്ചരിക്കുന്നു. മഷി പരക്കുന്നത് ഒരു നിശ്ചിത നേർരേഖയിലെ രണ്ട് ബിന്ദുക്കൾക്കിടയിൽ തടഞ്ഞാൽ അതിന് ചുറ്റും മഷി പടരും. കണത്തിന്റെ ഓരോ പാതയും അല്ലെങ്കിൽ ചരിത്രവും ഒരു നമ്പറായിരിക്കും. ആ നമ്പർ പാതയുടെ ആകൃതിയെ ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നത്. A യിൽനിന്ന് B യിലേക്ക് കണം സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ സംഭവ്യമായ എല്ലാ പാതയുടെയും ഫലം കണക്കിലെടുക്കണം.

ലോകപ്രസിദ്ധ ആംഗല ഭൗതികജ്ഞനായ സ്റ്റീഫൻ ഹോക്കിങ്ങിന്റെ ഉത്പത്തിസിദ്ധാന്തം ഫെയ്ൻമാന്റെ ചരിത്ര സാരാംശസിദ്ധാന്തത്തിൽ അധിഷ്ഠിതമാണ്.

ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ശാസ്ത്രജ്ഞൻ എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കപ്പെട്ട ഫെയ്ൻമാൻ ഭൗതികവാദിയായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചം യാദൃച്ഛികമായി ഉണ്ടായതാണെന്ന് അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. പ്രപഞ്ചസൃഷ്ടിയുടെ പിന്നിൽ ദൈവമുണ്ടെന്ന് ഫെയ്ൻമാൻ സങ്കല്പിക്കുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചത്തെ പൂർണ്ണമായും ഗണിതശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾകൊണ്ട് വ്യാഖ്യാനിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് വിശ്വസിച്ചു. ഈ ഗണിതശാസ്ത്രനിയമം കണ്ടെത്താനുള്ള തപസ്യയിലായിരുന്നു ഫെയ്ൻമാൻ.

ഒരു ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തം ശരിയോ തെറ്റോ എന്ന് പരിശോധിക്കുന്നത് അത് ദാർശനികമായി രുചികരമാണോ എന്ന് നോക്കിയല്ല. അത് പ്രായോഗികമായി ശരിയാണോ എന്ന് നോക്കിയാണ്. ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രം പരീക്ഷണങ്ങളുമായി പൊരുത്തപ്പെട്ടു. മിക്കവാറും എല്ലാ ആധുനിക ശാസ്ത്രത്തിനും സാങ്കേതികവിദ്യയ്ക്കും ആധാരമായ സിദ്ധാന്തമാണത്. ടെലിവിഷനും കമ്പ്യൂട്ടറുകളും ക്വാണ്ടംഭൗതികത്തിന്റെ സംഭാവനകളാണ്. നക്ഷത്രത്തിളക്കം വിശദീകരിക്കുന്നതും ഈ സിദ്ധാന്തമാണ്. ആധുനിക രസതന്ത്രത്തിന്റെയും ജീവശാസ്ത്രത്തിന്റെയും അടിസ്ഥാനമായി നിലകൊള്ളുന്നതും ക്വാണ്ടംഭൗതികമാണ്. മാനവചിന്തയുടെ വികാസ പരിണാമ ചരിത്രത്തിലെ മഹത്തായ നേട്ടമാണ് ഇത്. ഡാർവിന്റെ പരിണാമസിദ്ധാന്തം ജീവശാസ്ത്രത്തിനു നല്കിയ അതേ സംഭാവനയാണ് ഭൗതികത്തിന് ക്വാണ്ടം ഭൗതികം നല്കിയത്.

ആധുനിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ രണ്ട് മഹാസ്തംഭങ്ങളാണ് ക്വാണ്ടംഭൗതികവും പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തവും. ക്വാണ്ടംഭൗതികം അണുവിനു

ള്ളിലെ കണങ്ങളുടെ ചലനം ഫലപ്രദമായി വിശദീകരിച്ചു. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം സ്ഥൂല പ്രപഞ്ചഘടനയും. ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രത്തെ ഉപയോഗിക്കാത്ത ഭൗതികശാസ്ത്രമേഖലയാണ് ഗുരുത്വാകർഷണ പഠനം. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെ ഒരു ക്ലാസിക്കൽ സിദ്ധാന്തമായിട്ടാണ് ഇന്ന് കരുതുന്നത്. ഇത് ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രത്തിന്റെ അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നില്ല. എന്നാൽ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം നിരീക്ഷണങ്ങളുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതിന് കാരണം പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഗുരുത്വാകർഷണബലം വളരെ ദുർബലമായതുകൊണ്ടാണ്. ശക്തമായ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം ഉള്ള അവസ്ഥയിൽ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പരാജയപ്പെടുന്നു. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചതുടക്കം വൈചിത്ര്യത്തിൽനിന്നാണ്. വൈചിത്ര്യത്തിൽ സാന്ദ്രതയും സ്ഥലകാല വക്രതയും അനന്തമാണല്ലോ? ഇവിടെ ഗുരുത്വാകർഷണം അതിശക്തമാണ്. ഇത്തരം ഒരവസ്ഥയിൽ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം അപ്രസക്തമാകുന്നു. അതിസാന്ദ്രമായ വൈചിത്ര്യത്തിലെ അവസ്ഥ വിശദീകരിക്കാൻ പറ്റിയത് ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രമാണ്. അതുകൊണ്ടാണിന്ന് ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രത്തെയും പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെയും സമന്വയിപ്പിച്ചുകൊണ്ടുള്ള ക്വാണ്ടം ഗുരുത്വസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ വെളിച്ചത്തിൽ ആധുനിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പ്രപഞ്ചോത്പത്തിപഠനം നടത്തുന്നത്. ക്വാണ്ടം ഗുരുത്വസിദ്ധാന്തം നമുക്ക് പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ച് പുതിയ ഉൾക്കാഴ്ച തരുന്നു.

ഈ രണ്ട് സിദ്ധാന്തങ്ങളുടെയും സംഗമം പുതിയൊരു ശാസ്ത്രവിപ്ലവത്തിന് തുടക്കം കുറിച്ചിരിക്കുകയാണ്.

കണങ്ങളും ബലങ്ങളും

പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ ദ്രവ്യവും മണ്ണ്, വെള്ളം, അഗ്നി, വായു, ആകാശം എന്നിങ്ങനെ അഞ്ച് മൂലകങ്ങൾ — പഞ്ചഭൂതങ്ങൾ — കൊണ്ട് ഉണ്ടാക്കിയതാണെന്ന് പൗരാണിക ഭാരതീയർ വിശ്വസിച്ചു. ഈ പഞ്ചഭൂതങ്ങളിൽ രണ്ടോ അതിൽ കൂടുതലോ എണ്ണം വിവിധ തോതുകളിൽ കൂടിച്ചേർന്ന് ഉണ്ടായതായിരുന്നു അവരുടെ കാഴ്ചപ്പാടിൽ ലോകത്ത് കാണുന്ന എല്ലാ പദാർത്ഥങ്ങളും. സമകാലീന ഗ്രീക്കുകാർ ആദ്യത്തെ നാല് ഭൂതങ്ങളെ മാത്രമേ അംഗീകരിച്ചിരുന്നുള്ളു. പിന്നീടവർ ആകാശത്തിന്റെ സ്ഥാനത്ത് ഈഥർ എന്ന ഒരു മൂലകംകൂടി ചേർത്തു. ഗ്രീക്കുകാരുടെ ഈഥറിന് ഉണ്ടെന്ന് സങ്കല്പിക്കപ്പെട്ട ഗുണങ്ങൾ മിക്കവാറും ഭാരതീയരുടെ ആകാശത്തിന്റെ ഗുണങ്ങൾതന്നെയായിരുന്നു. പഞ്ചഭൂതസിദ്ധാന്തം തെറ്റാണെന്ന് ഇന്ന് നമ്മൾക്കറിയാം. മണ്ണ് (ഭൂമി) വളരെയധികം വ്യത്യസ്ത മൂലകങ്ങളുടെ ഒരു സങ്കീർണ്ണ സങ്കലനമാണ്. വെള്ളത്തിന്റെ തന്മാത്രകൾ ഓക്സിജന്റെയും ഹൈഡ്രജന്റെയും അണുക്കൾ സംയോജിച്ചുണ്ടായതാണ്. അഗ്നിയുടെ അണുക്കൾ എന്നൊന്നില്ല. വായു, ഓക്സിജൻ, നൈട്രജൻ, കാർബൺ എന്നീ വാതകങ്ങളുടെ ഒരു മിശ്രിതമാണ്. വാസ്തവത്തിൽ 92 രാസമൂലകങ്ങൾ പ്രകൃതിയിൽ നിലവിലുണ്ട്. ഇതിന് പുറമേ മനുഷ്യൻ സൃഷ്ടിച്ച പല കൃത്രിമ മൂലകങ്ങളും ഉണ്ട്. ഈ കാര്യങ്ങളൊക്കെ ഇന്ന് സ്കൂൾവിദ്യാർത്ഥികൾക്കു പോലും അറിയാം.

പുരാതന തത്ത്വചിന്തകന്മാർക്കിടയിൽ ദ്രവ്യത്തെ സംബന്ധിച്ച് രണ്ട് സങ്കല്പങ്ങളുണ്ടായിരുന്നു. ഒന്ന്, ദ്രവ്യത്തെ ചെറുചെറുകണങ്ങളായി വീണ്ടും വീണ്ടും അനന്തമായി വിഭജിക്കാമെന്ന സങ്കല്പമായിരുന്നു. ഈ കാഴ്ചപ്പാടനുസരിച്ച് ദ്രവ്യം അവിച്ഛിന്നമാണ്. രണ്ട്, ദ്രവ്യം വിച്ഛിന്നമാണെന്നും അത് അണുക്കൾകൊണ്ട് ഉണ്ടാക്കിയതാണെന്നുമായിരുന്നു. 2500 വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പ് ഭാരതത്തിലെ കണാദനും ലോകായതന്മാരും ഗ്രീസിലെ ഡെമോക്രിറ്റസും ദ്രവ്യം കണങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമാണെന്ന് അനുമാനിച്ചു. ഡെമോക്രിറ്റസ് ഈ കണങ്ങളെ അവിഭാജ്യം എന്ന് അർത്ഥം വരുന്ന 'അതമോസ്' എന്ന് വിളിച്ചു. കണാദൻ ഇതിനെ പരമാണു എന്നു പേരിട്ടു. കണങ്ങൾകൊണ്ടാണ് ദ്രവ്യം ഉണ്ടായത് എന്ന് പറഞ്ഞതിന് കണാദനെ കളിയാക്കി ഇട്ട പേരാണ് 'കണാദൻ'. നൂറ്റാണ്ടുകളോളം വ്യക്തമായ തെളിവുകളില്ലാതെ ഈ രണ്ട് ചിന്താഗതികളും നിലനിന്നുപോന്നു.

ബ്രിട്ടീഷ് രസതന്ത്രജ്ഞനായ ജോൺ ഡാൾട്ടൺ 1803-ൽ അണുസിദ്ധാന്തം അവതരിപ്പിച്ചു. എല്ലാ വസ്തുക്കളും വീണ്ടും വിഭജിക്കാനാവാത്ത

അതിസൂക്ഷ്മകണങ്ങൾ ചേർന്നതാണെന്ന് അദ്ദേഹം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഈ കണത്തിനദ്ദേഹം ആറ്റം എന്ന് പേരിട്ടു. അണുവിന് ശാസ്ത്രത്തിൽ സ്ഥിരപ്രതിഷ്ഠ നല്കിയത് ഡാൾട്ടൺ ആയിരുന്നു. മൂലകങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് യൗഗികങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത് ചില പ്രത്യേക നിയമങ്ങൾക്ക് വിധേയമായാണെന്ന് ഡാൾട്ടൺ ചൂണ്ടിക്കാണിച്ചു. ഡാൾട്ടന്റെ സമകാലികരായ ഒരു നല്ല വിഭാഗം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അണുസിദ്ധാന്തത്തെ അനുകൂലിച്ചു. അണുസിദ്ധാന്തത്തെ പൂർണ്ണമായി അനുകൂലിക്കാത്തവരും ഉണ്ടായിരുന്നു. 1905-ൽ ഐൻസ്റ്റിനായിരുന്നു അണുസിദ്ധാന്തത്തിന് സ്ഥിരീകരണം നല്കിയത്. ഒരു ദ്രാവകത്തിലെ സൂക്ഷ്മകണങ്ങളുടെ അനിയമിത ചലനത്തെ ബ്രൗണിയൻചലനം (Brownian Motion) എന്നു പറയുന്നു. ദ്രാവകത്തിലെ അണുക്കളുടെയും തന്മാത്രകളുടെയും സംഘട്ടനംമൂലമാണ് ഈ ചലനമെന്ന് ഐൻസ്റ്റിൻ അണുസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിച്ചു.

ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികജ്ഞനായ ജെ.ജെ. തോംസൺ 1897-ൽ ഇലക്ട്രോൺ കണ്ടുപിടിച്ചതോടെ അണുക്കൾ അവിഭാജ്യമാണെന്ന സങ്കല്പം തകർന്നു. അണുവിലെ ഋണാത്മകചാർജുള്ള ഒരു കണമാണ് ഇലക്ട്രോണെന്ന് പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ അദ്ദേഹം തെളിയിച്ചു. ഏറ്റവും ഭാരം കുറഞ്ഞ ഒരു അണുവിന്റെ ആയിരത്തിലൊരു ഭാഗം മാത്രമാണ് ഇതിന്റെ വലിപ്പമെന്നും അദ്ദേഹം കണക്കാക്കി. 1911-ൽ ന്യൂസിലൻഡുകാരനായ ഏണസ്റ്റ് റുഥർഫോർഡ് അണുക്കൾക്ക് ഒരു ആന്തരികഘടന ഉണ്ടെന്ന് വ്യക്തമാക്കി. ഇലക്ട്രോണുകളും വ്യത്യസ്ത എണ്ണങ്ങളുള്ള ധനചാർജ്ജുള്ള പ്രോട്ടോണുകളും ചേർന്നുണ്ടായതാണ് അണുകേന്ദ്രം എന്ന് ആദ്യം കരുതിയിരുന്നു. പ്രോട്ടോൺ ആണ് ദ്രവ്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനഘടകമെന്ന് അന്ന് വിശ്വസിച്ചിരുന്നു. 1920-കളുടെ ആദ്യംതന്നെ പ്രോട്ടോണിന് ന്യൂട്രൽ ആയ ഒരു സഹകരണമുണ്ടെന്ന് റുഥർഫോർഡ് പ്രവചിച്ചിരുന്നു. റുഥർഫോർഡിന്റെ സഹപ്രവർത്തകനായിരുന്ന ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികജ്ഞൻ ജെയിംസ് കാഡ്‌വിക്ക് 1932-ൽ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ന്യൂട്രോൺ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഇതിന് പ്രോട്ടോണിന്റെ അത്രയുംതന്നെ ഭാരം ഉണ്ടെങ്കിലും വൈദ്യുതചാർജ്ജ് ഇല്ലെന്നും കാഡ്‌വിക്ക് കണ്ടെത്തി. ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തിനദ്ദേഹം 1935-ൽ നോബൽസമ്മാനം നേടി. ജർമ്മൻ ഭൗതികജ്ഞനായ വെർണർ ഹൈസൻബർഗ് പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളുമടങ്ങുന്ന പുതിയൊരു അണുമാതൃക മുന്നോട്ടുവച്ചു. ഇത് ആവർത്തനപ്പട്ടികയുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നു. അണുകേന്ദ്രഘടനയും അതിലെ ബലത്തെയും ഹൈസൻബർഗ് വിശദീകരിച്ചു. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള പ്രോട്ടോണുകളുടെ എണ്ണം സ്ഥിരമായിരിക്കും. ന്യൂട്രോണുകളുടെ എണ്ണം മാറുന്നതിനനുസരിച്ച് അതിന്റെ വിവിധ ഐസോടോപ്പുകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയുംകൂടി ന്യൂക്ലിയോൺ (Nucleon) എന്നു വിളിക്കുന്നു. പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ, ഇലക്ട്രോൺ എന്നിവയുടെ കണ്ടുപിടിത്തത്തോടെ അണുവിന്റെ ഘടന ലളിതമാണെന്ന് തോന്നി. ന്യൂട്രോണിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തത്തോടെ അണുകേന്ദ്രത്തിന്റെ സ്ഥിരത വിശദീകരിക്കാൻ

കഴിഞ്ഞെങ്കിലും അണുവിനുള്ളിലെ നിരവധി പ്രതിഭാസങ്ങൾ അവ്യക്തമായിത്തന്നെ തുടർന്നു. അണുകേന്ദ്രത്തിൽ പ്രോട്ടോണുകളെയും ന്യൂട്രോണുകളെയും ഒന്നിച്ചുനിർത്തുന്നത് എന്താണെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അന്വേഷിച്ചു. ഈ അന്വേഷണമാണ് പുതിയ കണങ്ങളെയും പുതിയ ബലങ്ങളെയും കണ്ടെത്തിയത്. റേഡിയോ ആക്ടീവതയുടെ ഫലമായി അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും ഇലക്ട്രോൺ പുറത്തുവരുന്നത് എങ്ങനെയാണെന്ന് വിശദീകരിച്ചു. ന്യൂട്രോൺ പ്രോട്ടോണും ഇലക്ട്രോണുമായി വിഘടിച്ചാണ് അണുകേന്ദ്രത്തിൽനിന്നും ബീറ്റാ കണം— ഇലക്ട്രോൺ — പുറത്തുവരുന്നതെന്ന് കണ്ടുപിടിച്ചു.

1931-ൽ ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികജ്ഞനായ പോൾ ഡിറാക്ക് (Paul Dirac) ഇലക്ട്രോണിന് പോസിട്രോൺ (positron) എന്ന കൂട്ടാളിയുണ്ടെന്ന് പ്രവചിച്ചു. എന്ന് മാത്രമല്ല എല്ലാ കണങ്ങൾക്കും പ്രതികണങ്ങളുണ്ടെന്ന അവകാശവാദം അദ്ദേഹം ഉയർത്തി. ഡിറാക്കിന്റെ പ്രവചനം ഭ്രാന്തമാണെന്നു പറഞ്ഞ് ചില ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കളിയാക്കി. ഡിറാക്കിന്റെ പ്രവചനം അറിയാതെതന്നെ അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞനായ കാൾ ആൻഡേഴ്സൺ (Carl Anderson) 1932-ൽ കോസ്മിക് രശ്മികളിൽനിന്നും പോസിട്രോൺ കണ്ടുപിടിച്ചു. ക്യൂറി ദമ്പതിമാർ അലൂമിനിയത്തെ ആൽഫാകണംകൊണ്ട് ആക്രമിച്ചപ്പോൾ അതിൽനിന്നും പോസിട്രോണുകൾ പുറത്തു വരുന്നതായി കണ്ടു. അണുകേന്ദ്രത്തിലെ ഒരു പ്രോട്ടോൺ പോസിട്രോണിനെ പുറത്ത് വിട്ട് ന്യൂട്രോണായി മാറുകയാണ് ചെയ്തത്. ഇലക്ട്രോണുകളെ പുറത്തു വിടുമ്പോൾ ന്യൂട്രോൺ പ്രോട്ടോണായി മാറുമല്ലോ? പോസിട്രോൺ ഇലക്ട്രോണുമായി കൂട്ടിമുട്ടിയാൽ രണ്ടും അപ്രത്യക്ഷമാകും. തൽസ്ഥാനത്ത് രണ്ട് ഗാമാരശ്മികൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെടും. ദ്രവ്യം ഊർജ്ജമായി മാറുകയാണിവിടെ. എല്ലാ കണങ്ങൾക്കും പ്രതികണം ഉണ്ടെന്ന പ്രവചനം ഇതോടെയാഥാർത്ഥ്യമായി. പ്രതികണങ്ങൾകൊണ്ടുള്ള പ്രതിദ്രവ്യവും പ്രതിലോകവും ഉണ്ടാകാമെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വിശ്വസിക്കുന്നു. പോസിട്രോണും, ആൻറിപ്രോട്ടോണും, ആൻറിന്യൂട്രോണുംകൂടി ചേർന്നാൽ സ്ഥിരതയുള്ള പ്രതിദ്രവ്യം (antimatter) ഉണ്ടാകും. പ്രതികണങ്ങൾകൊണ്ട് നിർമ്മിതമായ പ്രതിദ്രവ്യവും പ്രതിലോകവും പ്രതിമനുഷ്യരും ഉണ്ടാകാം. നമ്മൾ പ്രതി മനുഷ്യരെക്കാണുമ്പോൾ ഹസ്തദാനം ചെയ്യരുത്. കാരണം രണ്ടുപേരുംകൂടി ചേർന്നാൽ പ്രകാശഗോളമായി നശിക്കും.

കഴിഞ്ഞ കാൽ നൂറ്റാണ്ടിനിടയിൽ കണികഭൗതികം (Particle Physics) വളരെ മുന്നേറി. 1970 വരെ മൗലികകണങ്ങളെന്നു കരുതിയിരുന്നത് പ്രോട്ടോണുകളെയും ന്യൂട്രോണുകളെയുമാണ്. കണികത്വരകങ്ങളിൽ (Particle Accelerators) നടത്തിയ കണങ്ങളുടെ സംഘടന പരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്നും ഇവ മറ്റ് ചെറുകണങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമാണെന്ന് ബോദ്ധ്യമായി. അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞനായ മുറെ ജെൽമാൻ (Murray Gellmann) ഈ കണികകൾക്ക് ക്വാർക്സ് (Quarks) എന്ന് പേരിട്ടു. ക്വാർക്കുകളുടെ കണ്ടുപിടിത്തത്തിന് അദ്ദേഹത്തിന് 1969-ൽ നോബൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചു. ആധുനിക ഭൗതികജ്ഞന്മാർ കാല്പനികമായ പേരുകളാണ് പുതിയ പ്രതിഭാസ

ങ്ങൾക്കും കണങ്ങൾക്കും നല്കുന്നത്. ഈ പേരുകൾ പഴയതുപോലെ ഗ്രീക്കുപദങ്ങളിൽ ഒതുങ്ങുന്നില്ല. അവർ ആധുനിക സാഹിത്യകൃതികളിൽ നിന്നും പദങ്ങൾ കടമെടുക്കുന്നു. ജെയിംസ് ജോയിസ് എന്ന സുപ്രസിദ്ധ ആംഗലസാഹിത്യകാരന്റെ Three Quarks for Mustermark എന്ന പ്രയോഗത്തിൽനിന്നാണ് ക്വാർക്ക് എന്ന പേരിന്റെ ഉത്ഭവം.

ദ്രവ്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനഘടകങ്ങളായ ക്വാർക്കുകൾ ആറാണ്. തീരെ ഭാരംകുറഞ്ഞ അപ്പ് (up), ഡൗൺ (down). അവയെക്കാൾ കനംകൂടിയ ചാംഡ് (charmed), സ്ട്രെയിഞ്ച് (strange), ഏറ്റവും ഭാരംകൂടിയ ബോട്ടം (bottom), ടോപ്പ് (top). ആദ്യത്തെ നാലെണ്ണം നേരത്തേ കണ്ടുപിടിച്ചിരുന്നു. അഞ്ചാമത്തെ ബോട്ടം ക്വാർക്കിനെ 1977-ൽ കണ്ടെത്തി. ആറാമത്തെ ടോപ്പ് ക്വാർക്കിനെ 1995 മാർച്ചിൽ കണ്ടുപിടിച്ചതായി ഫെർമിലാബിലെ അമേരിക്കൻ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും ഒരു സംഘം ഭാരതീയ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും അവകാശപ്പെടുന്നു. ചാംഡ്, സ്ട്രെയിഞ്ച്, ടോപ്പ്, ബോട്ടം ക്വാർക്കുകൾ പ്രകൃതിയിൽ കാണുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ പ്രോട്ടോണുകളിലും ന്യൂട്രോണുകളിലും കാണപ്പെടുന്നവയല്ല. മഹാവിസ്ഫോടനവേളയിലാണ് മേല്പറഞ്ഞ നാലുതരം ക്വാർക്കുകൾ ഉണ്ടായതെന്നു കരുതപ്പെടുന്നു. ഈ ക്വാർക്കുകളെ നമുക്ക് സൃഷ്ടിക്കുവാൻ കഴിയുമെങ്കിലും അവയ്ക്ക് ഭാരം കൂടുതലായതുകൊണ്ട് അല്പായുസ്സുകളാണ്. ഇന്നത്തെ പ്രപഞ്ചത്തിൽ സ്വതന്ത്ര ക്വാർക്കുകളെ കാണാൻ കഴിയില്ല. അവ പ്രോട്ടോണിലും ന്യൂട്രോണിലും ബന്ധിതമാണ്. മൂന്ന് ക്വാർക്കുകൾ ചേർന്നതാണ് ഒരു പ്രോട്ടോൺ അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ന്യൂട്രോൺ. ഒരു പ്രോട്ടോൺ രണ്ട് അപ് ക്വാർക്കുകളും ഒരു ഡൗൺക്വാർക്കും അടങ്ങിയതാണ്. ഒരു ന്യൂട്രോൺ രണ്ടു ഡൗൺ ക്വാർക്കുകളും ഒരു അപ് ക്വാർക്കും ചേർന്നതാണ്. മൂന്ന് ക്വാർക്കുകൾ ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയും ഹാഡ്രോണുകൾ (Hadrons) എന്നു പറയുന്നു. രണ്ട് ക്വാർക്കുകൾ ചേർന്നതാണ് ഒരു മെസോൺ. അണുക്കളും പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണും എല്ലാംതന്നെ വിഭജിക്കാൻ കഴിയുന്നവയാണെന്ന് വ്യക്തമാണല്ലോ? മൗലികകണങ്ങൾ എന്നൊന്നില്ല. ക്വാർക്കുകളെ അവിഭാജ്യമെന്ന് ഇപ്പോൾ കരുതുന്നത് നിരർത്ഥകമാണ്. ഭാവിയിൽ അതിനെയും വിഭജിക്കാൻ കഴിഞ്ഞെന്നുവരാം.

ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രപ്രകാരം എല്ലാ കണങ്ങളും തരംഗങ്ങളാണ്. കണങ്ങളുടെ ഊർജ്ജം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അവയുടെ തരംഗദൈർഘ്യം കുറയുന്നു. അത്യുന്നത ഊർജ്ജത്തിൽ വളരെവളരെ ചെറിയ കണങ്ങളെ കാണുവാനുള്ള സാധ്യതയുണ്ട്. ഇത്തരം ഊർജ്ജത്തെ അളക്കുന്നതിനുള്ള ഏകകമാണ് ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ട് (eV). ജെ.ജെ. തോംസൺ ഇലക്ട്രോണുകളുടെ ത്വരണം വർദ്ധിപ്പിച്ചത് വൈദ്യുതക്ഷേത്രം (Electric Field) ഉപയോഗിച്ചാണ്. ഒരു വോൾട്ട് ഉള്ള വൈദ്യുതക്ഷേത്രത്തിൽനിന്ന് ഒരു ഇലക്ട്രോണിന് ലഭിക്കുന്ന ഊർജ്ജമാണ് ഒരു ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ട്. കഴിഞ്ഞ നൂറ്റാണ്ടിൽ ഉയർന്ന ഊർജ്ജനിലവാരം സൃഷ്ടിക്കുവാനുള്ള സാങ്കേതികവിദ്യ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. ജ്വലനംപോലുള്ള രാസപ്രവർത്തനത്തിൽനിന്നുമാണ് ഊർജ്ജം ലഭിച്ചിരുന്നത്. ഇതുവഴി ഏതാനും ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ട് മാത്രമേ

ലഭിക്കുമായിരുന്നുള്ളൂ. ഇന്ന് വൈദ്യുതകാന്തം ഉപയോഗിച്ച് ശതകോടിക്കണക്കിന് ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ട് സൃഷ്ടിക്കാൻ നമുക്ക് കഴിയും.

തരംഗകണസിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഗുരുത്വം, പ്രകാശം എന്നിവ ഉൾപ്പെടെ പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാറ്റിനെയും കണങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ വിശദീകരിക്കുവാൻ കഴിയും. ഇത്തരം കണങ്ങൾക്കെല്ലാം സ്പിൻ അഥവാ കറക്കം എന്നൊരു സ്വഭാവം ഉണ്ട്. ഭൂമി സൂര്യനു ചുറ്റും സഞ്ചരിക്കുന്നതോടൊപ്പം സ്വന്തം അക്ഷത്തിൽ (axis) കറങ്ങുന്നതുപോലെയാണ് കണങ്ങളുടെ സ്പിന്നിനെ സങ്കല്പിക്കുന്നത്. ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രമനുസരിച്ച് കണങ്ങൾക്ക് നിശ്ചിത അക്ഷം ഇല്ലെന്നുള്ളതാണ് യാഥാർത്ഥ്യം.

ക്വാണ്ടംഭൗതികമനുസരിച്ച് പ്രകൃതിയിലെ എല്ലാം നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് പൊതുവെ രണ്ടുതരത്തിലുള്ള കണങ്ങൾകൊണ്ടാണ്. ഒന്നാമത്തേത് $^1/_2$ രണ്ടിലൊന്ന് സ്പിൻ കണങ്ങളാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ ദ്രവ്യവും ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് ഈ കണങ്ങൾകൊണ്ടാണ്. ഇതിനെ ദ്രവ്യകണങ്ങൾ അഥവാ ഫെർമിയോണുകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇറ്റാലിയൻ ഭൗതികജ്ഞനായ എൻറിക്കോഫെർമിയുടെ പേരിലാണ് ദ്രവ്യകണങ്ങളെ അറിയപ്പെടുന്നത്. ഫെർമിയോണുകളെ വീണ്ടും തരംതിരിക്കാം. ബേറി യോൺ (Baryon)എന്നും ലെപ്റ്റോൺ (Lepton) എന്നും. പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും ബേറിയോൺ കുടുംബത്തിൽപ്പെട്ടതാണ്. അതുകൊണ്ടാണിതിനെ ബേറിയോണിക് ദ്രവ്യം എന്നു പറയുന്നത്. അണുവിൻെറ പുറംഭാഗത്തുള്ള ഭാരം കുറഞ്ഞ കണങ്ങളാണ് ലെപ്റ്റോണുകൾ. ഇലക്ട്രോൺ ലെപ്റ്റോൺ കുടുംബത്തിൽപ്പെട്ടതാണ്. ഇലക്ട്രോണിന് രണ്ടു സഹോദരന്മാരുണ്ട്. അവർ മ്യൂ (Mu), ടാവ്യൂ (Tau) കണങ്ങളാണ്. ഇത് രണ്ടും ഇലക്ട്രോണിനെക്കാൾ ഭാരം ഉള്ളതാണ്. ഈ മൂന്നു കണങ്ങളുടെയും സഹജകണമാണ് ന്യൂട്രിനോ. രണ്ടാമത്തേത് 0, 1, 2 സ്പിന്നുകളുള്ള ബല വാഹികണങ്ങൾ അഥവാ ബോസോണുകളാണ്. ലോകപ്രശസ്ത ഭാരതീയ ഭൗതികജ്ഞൻ സത്യേന്ദ്രനാഥബോസിൻെറ പേരിലാണ് ഇതറിയപ്പെടുന്നത്. ദ്രവ്യകണങ്ങൾക്കിടയിൽ ബലം നല്കുന്ന കണങ്ങളാണിത്. ഫെർമിയോണുകൾ (ദ്രവ്യകണങ്ങൾ) ആസ്ട്രിയൻ ഭൗതികജ്ഞനായ വോൾഫ്ഗാംഗ് പോളി (Wolfgang Pauli) 1925-ൽ ആവിഷ്കരിച്ച ഒഴിവാക്കൽനിയമം (Exclusion Principle) അനുസരിക്കുന്നു. ഒരേ അവസ്ഥയിൽ രണ്ട് ഫെർമിയോണുകൾക്ക് നിലനില്ക്കുവാൻ പറ്റില്ലായെന്നതാണ് പോളിയുടെ ഒഴിവാക്കൽ നിയമം. അതായത് അവയ്ക്ക് ഒരേ സ്ഥാനവും ഒരേ പ്രവേഗവും അസാധ്യമാണ്. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ രണ്ട് ഫെർമിയോണുകൾക്ക് ഒരു നിശ്ചിതക്വാണ്ടം അവസ്ഥയിൽ ആകാൻ പറ്റില്ല. ഫെർമിയോണുകളുടെ ഈ പ്രത്യേകതകൊണ്ടാണ് അണുവിൻെറ ഓരോ കക്ഷ്യയിലും നിശ്ചിതയെണ്ണംമാത്രം ഇലക്ട്രോണുകൾ കാണുന്നതും സുസ്ഥിരമായ അണുകേന്ദ്രത്തിനുവേണ്ടി പ്രോട്ടോണുകളുടെയും ന്യൂട്രോണുകളുടെയും എണ്ണത്തിൻെറ ഉയർന്ന പരിധി നിജപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളതും.ലോകം ഒഴിവാക്കൽനിയമത്തിന് അതീതമായി നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരുന്നെങ്കിൽ ക്വാർക്കുകൾ ചേർന്ന് പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. അണുകേന്ദ്രത്തിനു ചുറ്റും

ഇലക്ട്രോൺ ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. അണു ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. ഇന്ന് നാം കാണുന്ന പ്രപഞ്ചം ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ, ഇലക്ട്രോൺ എന്നിവ ഫെർമിയോണുകളാണ്.

ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രപ്രകാരം ദ്രവ്യകണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ബലം അഥവാ ഇടപഴകൽ അല്ലെങ്കിൽ അന്യോന്യക്രിയ ബലവാഹികണങ്ങളുടെ സംവഹനം മൂലമാണ്. ഇലക്ട്രോണോ ക്വാർക്കോപോലുള്ള ദ്രവ്യകണങ്ങൾ ബലവാഹികണങ്ങളെ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. അപ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന പിൻതള്ളൽമൂലം ദ്രവ്യകണത്തിന്റെ പ്രവേഗം വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. ബലവാഹികണം മറ്റൊരു ദ്രവ്യകണവുമായി ഇടിക്കുകയും അതിൽ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഏതോ ഒരു ബലം ഈ രണ്ട് ദ്രവ്യകണങ്ങൾക്കിടയിൽ ഉള്ളതുപോലെ അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഈ സംഘട്ടനം രണ്ടാമത്തെ ദ്രവ്യകണത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തിൽ മാറ്റം വരുത്തുന്നു. ദ്രവ്യകണങ്ങൾക്കിടയിൽ കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ബലവാഹികണങ്ങൾ കല്പിതകണങ്ങൾ(virtual particle) ആണ്. കാരണം യഥാർത്ഥകണങ്ങളെപ്പോലെ ഇവയെ കണികാസംസൂചകങ്ങൾ (particle detectors) ഉപയോഗിച്ച് നേരിട്ട് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയില്ല. എന്നാൽ ഇവ നിലനില്ക്കുന്നുണ്ടെന്ന് നമുക്കറിയാം. ഉദാഹരണത്തിന് രണ്ട് ഇലക്ട്രോണുകൾ തമ്മിലുള്ള വികർഷണബലം കല്പിത ഫോട്ടോണുകളുടെ കൈമാറ്റം മൂലമാണ്. ഇവയെ നേരിട്ട് കണ്ടുപിടിക്കാനാവില്ലെങ്കിലും ഒരു ഇലക്ട്രോൺ മറ്റൊരു ഇലക്ട്രോണിന്റെ അരികിലൂടെ ചലിക്കുമ്പോൾ ഫോട്ടോൺ പുറത്തേക്കു വിടുന്നു. ഇങ്ങനെ പുറത്തോട്ട് വരുന്ന ഫോട്ടോണുകളെ പ്രകാശതരംഗങ്ങളായി നമുക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാം.

ബലവാഹികണങ്ങളെ അവ വഹിക്കുന്ന ബലത്തിന്റെയും ശക്തിയുടെയും ഇടപഴകുന്ന കണങ്ങളുടെ സ്വഭാവവും അനുസരിച്ച് നാലായി തിരിക്കാം. ഗ്രാവിറ്റോൺ (Graviton), ഫോട്ടോൺ (Photon), വെക്ടർ ബോസോൺ (Vector Boson), ഗ്ലൂവോൺ (Gluon) എന്നിങ്ങനെയാണ്. ഇതിന്റെയടിസ്ഥാനത്തിലാണ് പ്രകൃതിയിലെ നാല് ബലങ്ങളെയും ഭൗതികജ്ഞന്മാർ വിശദീകരിക്കുന്നത്. പ്രകൃതിയിലെ നാല് ബലങ്ങൾ ഗുരുത്വാകർഷണബലം (Gravitational force), വൈദ്യുതകാന്തികബലം (Electro magnetic Force), ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലം (Weak nuclear force) ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലം (Strong Nuclear Force) എന്നിവയാണ്. ക്വാണ്ടംബലതന്ത്രത്തിന്റെ ഭാഷയിൽ പ്രകൃതിയിൽ നടക്കുന്ന നാല് അന്യോന്യക്രിയകളാണിവ. ബലവാഹികണങ്ങൾ പോളിയുടെ ഒഴിവാക്കൽ നിയമം അനുസരിക്കുന്നില്ല. അതിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് ഒരേ സ്ഥലത്ത് ഒരേ സമയം എല്ലാ ബലങ്ങൾക്കും പ്രവർത്തിക്കാൻ കഴിയുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന് ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ കടലാസിലെ ഓരോ അണുവിലും വൈദ്യുതകാന്തിക ബലവും അണുകേന്ദ്രബലവും ഗുരുത്വാകർഷണബലവും ഒരേ സമയത്തുണ്ട്. അങ്ങനെ ആയിരുന്നില്ലെങ്കിൽ ഈ കടലാസ് ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല.

ഗുരുത്വാകർഷണം സർവ്വവ്യാപിയാണ്. എല്ലാ വസ്തുക്കളിലും അതിന്റെ ദ്രവ്യമാനത്തിനും ഊർജ്ജത്തിനുമനുസരിച്ച് ഈ ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നു. പ്രകൃതിയിലെ നാല് ബലങ്ങളിൽവെച്ച് ഏറ്റവും ദുർബലം ഇതാണ്.

അതിനാൽ ഇതിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യം ശ്രദ്ധിക്കപ്പെടുന്നില്ല. എല്ലായ്പോഴും ഗുരുത്വം ആകർഷണബലമാണ്. ഭൂമിയിലെ ഓരോ കണങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ആകർഷണബലം കൂടിച്ചേർന്ന് ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണബലമായി മാറുന്നു. ഇതുപോലെ സൂര്യനിലെ ഓരോ കണങ്ങൾക്കിടയിലെയും ആകർഷണബലം ഒരുമിച്ച് കൂടിച്ചേർന്നതാണ് സൂര്യന്റെ ഗുരുത്വം. ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തിന് പരിധിയില്ല. അത് അനന്തമാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് നമ്മുടെ ഗാലക്സിയിൽ വിർഗോ ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങളുടെ ആകർഷണം അനുഭവപ്പെടുന്നത്. മറ്റ് മൂന്ന് ബലങ്ങൾക്ക് ചിലപ്പോൾ ആകർഷണമോ മറ്റ് ചിലപ്പോൾ വികർഷണമോ ഉള്ളവയാണ്. അവയുടെ ബലങ്ങൾ പരസ്പരം ഇല്ലാതാകുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മൊത്തം ഊർജം പൂജ്യമാണ്. ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രപ്രകാരം രണ്ട് കണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണബലം ഗ്രാവിറ്റോണിന്റെ കൈമാറ്റംവഴിയാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഗ്രാവിറ്റോണിന് സ്വന്തമായ ഭാരം ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഇവയുടെ പരിധി അനന്തമായിരിക്കും. ഭൂമിക്കും സൂര്യനും ഇടയിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണബലം അവയിലെ കണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ഗ്രാവിറ്റോൺകണങ്ങളുടെ കൈമാറ്റംമൂലമാണ്. ഈ കൈമാറ്റമാണ് ഭൂമിയെ സൂര്യന് ചുറ്റും കറക്കുന്നത്. ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികമനുസരിച്ച് ഗ്രാവിറ്റോണുകളാണ് ഗുരുത്വാകർഷണതരംഗങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നത്. ഈ ഗുരുത്വാകർഷണതരംഗങ്ങൾ അതീവ ദുർബലമാണ്. ഇവയെ നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല.

മൗലിക അന്യോന്യപ്രക്രിയ (Fundamental Interaction)			
ബലം	പരിധിമീറ്റർ	താരതമ്യ ബലം	കണങ്ങൾ വഹിക്കുന്ന പങ്ക്
ശക്ത അണുകേന്ദ്ര ബലം	$< 3X10^{-15}$	10^{41}	പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ എന്നിവയിലെ ക്വാർക്കുകളെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. അണുകേന്ദ്രത്തിലെ പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയും യോജിപ്പിച്ചുനിർത്തുന്നു.
ദുർബല അണുകേന്ദ്ര ബലം	$< 10^{-15}$	10^{28}	റേഡിയോ ആക്ടീവതയ്ക്ക് കാരണമാവുന്നു
വൈദ്യുത കാന്തിക ബലം	അനന്തം	10^{39}	മോളിക്യൂളുകളിലെ അണുക്കളെ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. വൈദ്യുത കാന്തികതരംഗങ്ങൾ വികിരണം ചെയ്യുന്നു

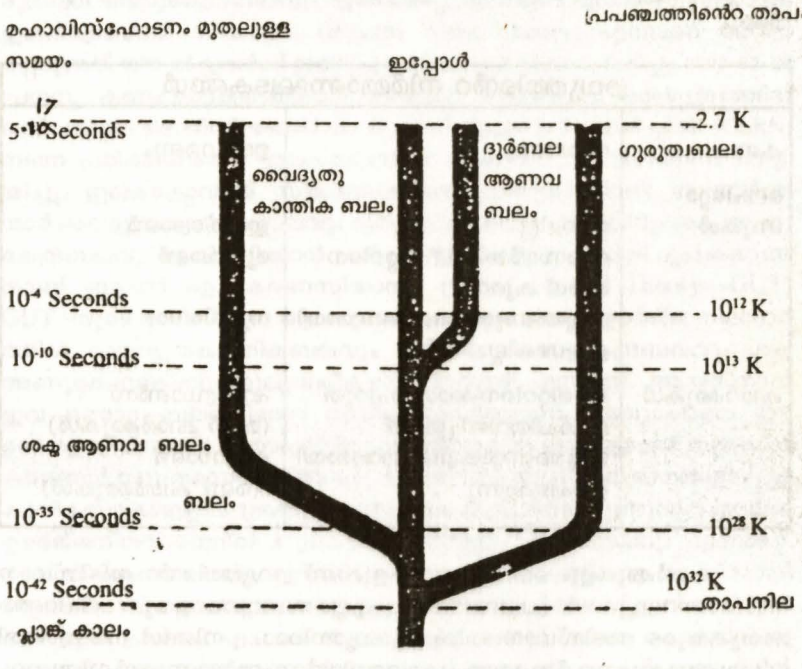
ഗുരുത്വാകർഷണബലം	അനന്തം	1	ഗ്രഹങ്ങൾ നക്ഷത്രങ്ങൾക്കു ചുറ്റും ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നതിന് കാരണം. നക്ഷത്രങ്ങളെ ഗാലക്സികളിൽ പിടിച്ചുനിർത്തുന്നു
(10^3=1000, 10^{-3} =0.001)			

രണ്ടാമത്തെ ബലം വൈദ്യുതകാന്തികബലമാണ്. വൈദ്യുതചാർജുള്ള ഇലക്ട്രോൺ, പ്രോട്ടോൺ തുടങ്ങിയ കണങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ബലമാണിത്. ഗ്രാവിറ്റോൺപോലെ ചാർജ്ജില്ലാത്ത കണങ്ങളുമായി ഇവ ഇടപഴകാറില്ല. ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തെക്കാൾ ഇവ ശക്തമാണ്. രണ്ട് ഇലക്ട്രോണുകൾ തമ്മിലുള്ള വൈദ്യുതകാന്തികബലം ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തിന്റെ 10^{39} (ഒന്നിനോട് 39 പൂജ്യങ്ങൾ ചേർന്ന സംഖ്യ) മടങ്ങാണ്. ഗുരുത്വാകർഷണബലം സൂര്യന് ചുറ്റും ഭൂമിയെ പ്രദക്ഷിണം ചെയ്യിക്കുന്നതു പോലെ അണുകേന്ദ്രവും ഇലക്ട്രോണുകളും തമ്മിലുള്ള വൈദ്യുതകാന്തികബലം ഇലക്ട്രോണുകളെ അണുകേന്ദ്രത്തിനു ചുറ്റും കറങ്ങാൻ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ഫോട്ടോൺ എന്നു വിളിക്കുന്ന കണങ്ങളുടെ കൈമാറ്റംമൂലമാണ് വൈദ്യുതകാന്തികബലം ഉണ്ടാകുന്നത്. ഇവയ്ക്കും ഭാരമില്ല. ഇലക്ട്രോൺ അണുകേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റുമുള്ള ഒരു ഭ്രമണപഥത്തിൽനിന്ന് മറ്റൊരു ഭ്രമണപഥത്തിലേക്ക് മാറുമ്പോൾ ഫോട്ടോണുകൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. വൈദ്യുതകാന്തികബലം വിപരീത വൈദ്യുതചാർജ്ജോ കാന്തികചാർജ്ജോ ഉള്ള കണങ്ങൾക്കിടയിൽ ആകർഷണബലമാണ്. ഒരേ ചാർജുള്ള കണങ്ങൾക്കിടയിൽ ഇത് വികർഷണബലമാണ്. പ്രകാശം മറ്റ് വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങൾ എന്നിവ വൈദ്യുതകാന്തികബലത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടുള്ളതാണ്. എക്സ്-റേ, ഗാമാരശ്മികൾ, റേഡിയോതരംഗങ്ങൾ എന്നിവ വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളാണ്. വൈദ്യുതകാന്തികതയാണ് മൂലകങ്ങളെ തന്മാത്രകളായി അടുക്കിക്കെട്ടുന്നത്. അതുമൂലമാണ് ദ്രവ്യത്തിന് ഘടന ഉണ്ടാകുന്നത്. വൈദ്യുതകാന്തികബലവും അനന്തമാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് ശതകോടിക്കണക്കിന് പ്രകാശവർഷം അകലെനിന്ന് വരുന്ന നക്ഷത്രപ്രകാശം നമുക്ക് കാണാൻ കഴിയുന്നത്.

ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലമാണ് മൂന്നാമത്തേത്. റേഡിയോ ആക്ടിവതയ്ക്ക് കാരണം ഈ ബലമാണ്. അണുകേന്ദ്രത്തിലുള്ള ഒരു ന്യൂട്രോണിനെ പ്രോട്ടോണാക്കി മാറ്റുന്നതിനിടയിലാണ് റേഡിയോ ആക്ടിവ് പ്രസരണം നടക്കുന്നത്. ഇതോടൊപ്പംതന്നെ ഒരു ഇലക്ട്രോണും ആൻറി ന്യൂട്രിനോയും അണുകേന്ദ്രത്തിൽനിന്നും പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലമാണ് ഈ പ്രക്രിയയ്ക്കു പിന്നിൽ. ഗ്രാവിറ്റോൺ, ഫോട്ടോൺ എന്നീ കണങ്ങളെ ഈ ബലം സ്വാധീനിക്കില്ല. ദ്രവ്യകണങ്ങളിൽ ഈ ബലത്തിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യം അനുഭവപ്പെടുന്നു. വെക്ടർ ബോസോൺ എന്നു

പേരുള്ള കണങ്ങളാണ് ദുർബല അണുകേന്ദ്ര ബലവാഹികൾ. ഇവ മൂന്ന് തരത്തിലുണ്ട്. ഇവയെ W^+, W^-, Z^0 എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലത്തെക്കാൾ 10,000,000,000,000 തവണ ദുർബല മാണിത്. എന്നാൽ ഈ ബലം നിസ്സാരമെന്ന് കരുതരുത്. അണുകേന്ദ്രത്തിൽ നടക്കുന്ന നാനാതരത്തിലുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും ആധാരം ഇതാണ്. നക്ഷത്രങ്ങളും സൂര്യനും ഊർജ്ജം പ്രസരിപ്പിക്കുന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനവും ഇതുതന്നെ. 1967-ൽ ലോകപ്രസിദ്ധ പാകിസ്ഥാനി ശാസ്ത്രജ്ഞനായ അബ്ദു സ്സലാമും (Abdus Salam) ഹാർവാർഡ് സർവ്വകലാശാലയിലെ സ്റ്റീവൻ വെയിൻബർഗും(Steven Weinberg) ഹാർവാർഡിലെതന്നെ മറ്റൊരു ശാസ്ത്ര ജ്ഞനായ ഗ്ലാഷോയും (Glashow) ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലത്തെയും വൈദ്യുതകാന്തികബലത്തെയും ഏകീകരിക്കുകയുണ്ടായി.



പ്രപഞ്ചോൽപത്തിയിൽ എല്ലാ ബലങ്ങളും ഒന്നായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചം തണുക്കുകയും കാലം കഴിയുകയും ചെയ്യുപ്പോൾ ബലങ്ങൾക്ക് (Symmetry breaking) ഉണ്ടായ സമ്മിതി തകർച്ചയാണ് ചിത്രത്തിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്

ശക്തഅണുകേന്ദ്രബലമാണ് നാലാമത്തേത്. ഇവ പ്രോട്ടോണിലെയും ന്യൂട്രോണിലെയും ക്വാർക്കുകളെ യോജിപ്പിച്ച് നിർത്തുകയും അണുകേന്ദ്രത്തിൽ പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയും വരിഞ്ഞു കെട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഗ്ലൂവോൺ എന്നു വിളിക്കുന്ന കണമാണ് ഈ ബലം വഹിക്കുന്നത്. ഇതിന് ദ്രവ്യമാനം ഇല്ല. ഗുരുത്വാകർഷണത്തെക്കാൾ 10^{41} മടങ്ങ് ശക്തമാണ് ഈ ബലം. ഇതിന്റെ പരിധി വളരെ ചെറുതാണ്.

ദ്രവ്യംനിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഫെർമിയോണുകൾ വൈവിധ്യമാർന്നവയും നിരവധിയുമാണ്. ഫെർമിയോണുകളെ ക്വാർക്കുകളെന്നും ലെപ്റ്റോണുകളെന്നും രണ്ടായി തരംതിരിച്ചിരിക്കയാണ് ആധുനിക കണിക ഭൗതികം. ലെപ്റ്റോണുകൾ ഭാരം കുറഞ്ഞ കണങ്ങളാണ്. അണുകേന്ദ്രത്തെ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഇലക്ട്രോൺ ഒരു ലെപ്റ്റോണാണ്. ലെപ്റ്റോണുകൾക്ക് ആന്തരികഘടനയില്ല. ആറുതരം ക്വാർക്കുകൾ ഉള്ളതുപോലെ ആറു തരം ലെപ്റ്റോണുകളും ഉണ്ട്. ഒരണുവിനെ ഭൂമിയോളം വലുതാക്കിയാൽ ക്വാർക്കുകളും ലെപ്റ്റോണുകളും മുന്തിരിങ്ങയെക്കാൾ ചെറുതായിരിക്കും.

ദ്രവ്യത്തിന്റെ നിർമ്മാണഘടകങ്ങൾ

കണം	വിവരണം	ഉദാഹരണം.
ലെപ്റ്റോണുകൾ	മാനമില്ല	ഇലക്ട്രോൺ
	വ്യാസാർദ്ധം 10^{-35} മീറ്ററിനെക്കാൾ കുറവ്	മ്യൂവോൺ
	ശക്തഅണുകേന്ദ്രബലവുമായി ഇടപഴകില്ല	ന്യൂട്രിനോ
ക്വാർക്കുകൾ	10^{-8} മീറ്ററിനെക്കാൾ ചെറുത് നിശ്ചിതവലിപ്പമുണ്ട് ശക്തഅണുകേന്ദ്രബലവുമായി ഇടപഴകുന്നു	ഹാഡ്രോൺസ് (മൂന്ന് ക്വാർക്കുകൾ) മെസോൺ (രണ്ട് ക്വാർക്കുകൾ)

ക്വാർക്കുകളും ലെപ്റ്റോണുകളുമാണ് ദ്രവ്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന നിർമ്മാണവസ്തുക്കൾ. പ്രപഞ്ചത്തിലെ എല്ലാ സംഭവങ്ങളെയും മേല്പറഞ്ഞ മാതൃകയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വ്യാഖ്യാനിക്കാം. നിങ്ങൾ നക്ഷത്രത്തിലേക്കു നോക്കുമ്പോൾ നക്ഷത്രപ്രകാശത്തിന്റെ ഫോട്ടോണുകൾ നിങ്ങളുടെ ദൃഷ്ടിപടലത്തിലെ (Retina), ഗ്രാഹിയുടെ(Receptor) പുറത്തുള്ള അണുവിലെ ഇലക്ട്രോണിൽ പതിക്കുമ്പോൾ ആ ഇലക്ട്രോൺ അന്യോന്യക്രിയയിൽ ഏർപ്പെടുന്നു. ഈ അന്യോന്യക്രിയയുടെ ഫലമായി പ്രതിബിംബത്തെ മസ്തിഷ്കത്തിലേക്ക് കൈമാറും. ഈ പ്രക്രിയയുടെ ഫലമായിട്ടാണ് നിങ്ങൾ നക്ഷത്രത്തെ കാണുന്നത്. വൈദ്യുതകാന്തികതയുടെ ഒരു വിദ്യയാണിത്.

നക്ഷത്രത്തിനുള്ളിലെ അണുക്കളിലെ ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലവും ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലവുമാണ് അതിൽ നടക്കുന്ന ആണവപ്രക്രിയയ്ക്ക് കാരണം. ആണവപ്രക്രിയയുടെ ഫലമാണ് നക്ഷത്ര പ്രകാശം. നക്ഷത്രത്തെ ഒരുമിപ്പിച്ച് നിർത്തുന്നതും നിങ്ങളുടെ കാലുകൾ തറയിൽ ഉറപ്പിച്ച് നിർത്തുന്നതും ഗുരുത്വാകർഷണബലമാണ്.

പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയിൽ എല്ലാ ബലങ്ങളും ഒന്നായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചം തണുക്കുകയും കാലം കഴിയുകയും ചെയ്യുപ്പോൾ ആദിബലത്തിന് സമമിതി തകർച്ച ഉണ്ടായി. ഈ ആശയത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അത്യുന്നത ഊർജ്ജനിലവാരത്തിൽ 4 ബലങ്ങളെയും ഏകീകരിക്കാൻ കഴിയുമെന്നാണ് ഭൗതികജ്ഞന്മാർ വിശ്വസിക്കുന്നത്. സ്റ്റീവൻ വെയിൻബർഗും അബ്ദു സ്സലാമും ഗ്ലാഷോയും പ്രകൃതിബലങ്ങളെ ഏകീകരിക്കുവാനുള്ള ശ്രമത്തിൽ ഭാഗികമായി വിജയം കൈവരിച്ചു. ഇവർ വൈദ്യുതകാന്തികബലവും ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലവും ഏകീകരിച്ചു. ഇവരുടെ ഏകീകൃതസിദ്ധാന്തം ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തം (Electro Weak Theory) എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. 1979-ൽ ഇവർക്ക് ഇതിന് നോബൽപുരസ്കാരം ലഭിച്ചു. 1982-83-ൽ പ്രശസ്ത കണഭൗതികജ്ഞനായ കാർലോ റൂബിയുടെ നേതൃത്വത്തിൽ ജനീവയിലെ സെൻറർ ഫോർ യൂറോപ്യൻ ന്യൂക്ലിയർ റിസർച്ചിൽ (CERN) നടന്ന പരീക്ഷണങ്ങൾ ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തം ശരിയാണെന്ന് തെളിയിച്ചു. ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ വിജയത്തോടെ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വൈദ്യുതകാന്തികബലവും ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലവും ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലവും ഏകീകരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചു. ഇതിന്റെ ഫലമായി രൂപംകൊണ്ടതാണ് ബൃഹദ് ഏകീകരണസിദ്ധാന്തം (Grand Unified Theory—GUT) GUT -യുടെ അടിസ്ഥാന ആശയം ഒരു പ്രത്യേക ഉന്നത ഊർജ്ജ നിലവാരത്തിൽ വൈദ്യുതകാന്തികബലവും ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലവും ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലവും തുല്യശക്തികളായി മാറുന്നു എന്നാണ്. ആയതിനാൽ ഇവ ഒരൊറ്റ ബലത്തിന്റെ വിവിധ ഭാവങ്ങളാണ്. അതുപോലെ ഈ ഉന്നതഊർജ്ജത്തിലും താപത്തിലും ക്വാർക്കുകൾ, ഇലക്ട്രോൺ തുടങ്ങിയ കണങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും. ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലുള്ള കണികത്വരകങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന പരീക്ഷണങ്ങൾ വിരൽചൂണ്ടുന്നത് ഉയർന്ന ഊർജ്ജനിലവാരത്തിൽ 4 പ്രകൃതിബലങ്ങളും ഒന്നായിരിക്കും എന്നാണ്. മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലെ ഊർജ്ജനിലവാരവും താപനിലയും കൃത്രിമമായി സൃഷ്ടിക്കാൻ അസാധ്യമാണെന്നുള്ളതാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഇന്ന് അഭിമുഖീകരിക്കുന്ന പ്രശ്നം. എന്നാൽ അതിനുള്ള ശ്രമങ്ങൾ നടന്നു കൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. ശതകോടിക്കണക്കിനു രൂപ ചെലവാക്കി സൂപ്പർ കണ്ടക്ടിങ് സൂപ്പർ കൊളൈഡറുകൾ പല രാജ്യങ്ങളിലും നിർമ്മിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കയാണ്. നാലു ബലങ്ങളെയും ഏകീകരിച്ചുകൊണ്ടുള്ള ഒരു പൂർണ്ണ ഏകീകൃത സിദ്ധാന്തം ഈ നൂറ്റാണ്ട് അവസാനിക്കുന്നതിനു മുൻപ് ആവിഷ്കരിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന ശുഭാപ്തിവിശ്വാസമാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കിന്നുള്ളത്.

സമമിതി

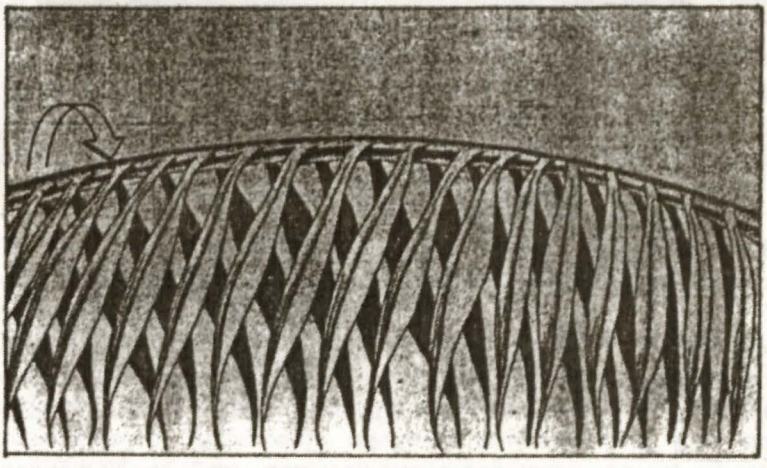
സൈദ്ധാന്തിക ഭൗതികജ്ഞന്മാർ മഹാന്മാരായ കലാകാരന്മാരെപ്പോലെ പ്രപഞ്ചസത്യങ്ങൾ അന്വേഷിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ടവർ സൗന്ദര്യാരാധകരാണ്. അവരുടെ സമവാക്യങ്ങളിൽ സൗന്ദര്യശാസ്ത്രത്തിന്റെയും യുക്തിചിന്തയുടെയും സ്വാധീനം കാണാം. കലയെപ്പറ്റിയുള്ള ദാർശനികപഠനമാണ് സൗന്ദര്യശാസ്ത്രം. കലയ്ക്ക് സൗന്ദര്യശാസ്ത്രം ഉള്ളതുപോലെ ശാസ്ത്രത്തിനും സൗന്ദര്യശാസ്ത്രം ഉണ്ട്. അത്യഗാധമായൊരു സങ്കല്പമാണ് സമമിതി. കലയുടെയും ശാസ്ത്രത്തിന്റെയും സൗന്ദര്യം ദൃശ്യമാകുന്നത് സമമിതിയിലൂടെയാണ്. പാശ്ചാത്യസൗന്ദര്യശാസ്ത്രമനുസരിച്ച് സത്യം സുന്ദരമാണ്. സുന്ദരമായത് സത്യമാണ്. ഭാരതീയ സൗന്ദര്യശാസ്ത്രസങ്കല്പമനുസരിച്ചുള്ള പ്രസിദ്ധവചനമാണ് സത്യം ശിവം സുന്ദരം. ഗണിതത്തിന് സൗന്ദര്യമുണ്ട്. സംഖ്യകൾക്ക് താളവും ലയവുമുണ്ട്. ജ്യാമിതീയരൂപങ്ങൾ സുന്ദരമാണ്. ഐൻസ്റ്റിന്റെയും നീൽ ബോറിന്റെയും സമശീർഷനായിരുന്ന ബ്രിട്ടീഷ് സൈദ്ധാന്തിക ഭൗതികജ്ഞൻ പോൾ ഡിറാക്ക് ഒരിക്കൽ പറഞ്ഞു, "ഒരു സമീകരണത്തിന്റെ സൗന്ദര്യമാണ് അത് നിരീക്ഷണവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നു എന്നതിനേക്കാൾ പ്രാധാന്യം."

സത്യത്തിന്റെ ദീപ്തിയാണ് സൗന്ദര്യം. സുന്ദരം എന്ന പദം വിജ്ഞാനശാസ്ത്രവുമായും ദർശനവുമായും ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. യൂറോപ്പിൽ സൗന്ദര്യശാസ്ത്രത്തെ ഒരു പ്രത്യേക ദർശനശാഖയായി വളർത്തിയത് ഇമ്മാനുവൽ കാൻറായിരുന്നു. സൗന്ദര്യശാസ്ത്രം ആത്മനിഷ്ഠമാണ്. അതുകൊണ്ട് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ സുന്ദരമാണെന്ന പ്രസ്താവനയ്ക്ക് അർത്ഥമുണ്ടോ? ഉണ്ട്. ശാസ്ത്രത്തിന്റെ സൗന്ദര്യം പ്രകാശിതമാകുന്നത് സമമിതിയിലൂടെയാണ്. ചൈനീസ് അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞനായ ചെൻനിങ്യാങ് (Chen Ning Yang) ആണ് സമമിതിയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ക്ഷേത്രസിദ്ധാന്തം (Field Theory) വികസിപ്പിച്ചത്. യാങ്ങും മറ്റൊരു ചൈനീസ് അമേരിക്കൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ സുങ്ദാവോലിയും ചേർന്ന് എല്ലാ ഉപ ആണവകണങ്ങളുടെയും പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിൽ സമമിതി പാലിക്കുന്നുണ്ടെന്ന് തെളിയിച്ചു. ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തിന് 1957-ൽ ഇവർക്ക് നോബൽസമ്മാനം ലഭിച്ചു. സിമട്രി (Symmetry) എന്ന പദം ഗ്രീക്കുഭാഷയിൽനിന്നുമാണ് ഉത്ഭവിച്ചത്. സിമട്രി എന്ന പദത്തെ സമമിതി എന്ന് ഭാഷാന്തരംചെയ്യാം. സമമിതി എന്നാൽ അർത്ഥം ഒരേ അളവ് എന്നാണ്. ശരിയായ അനുപാതം എന്നും ഇതിനർത്ഥം ഉണ്ട്. ശാസ്ത്രഭാഷയിൽ സമമിതിയുടെ അർത്ഥം ഇങ്ങനെ നിർവചിക്കാം.

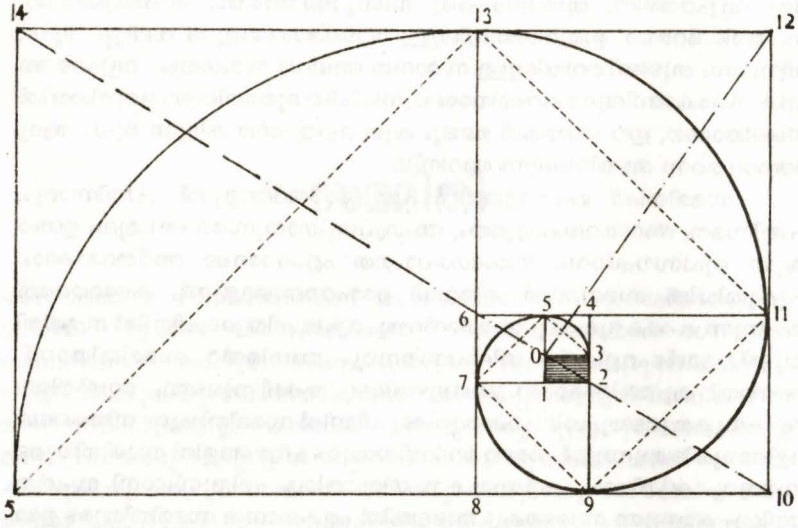
ഒരു വ്യൂഹത്തിന്, അതിലെ ഒരു ബിന്ദുവിന്റെയോ, രേഖയുടെയോ, തലത്തിന്റെയോ, ഇരുവശങ്ങളിലുള്ള ഘടകഭാഗങ്ങളുടെ വലിപ്പം, രൂപം, വിന്യാസം തുടങ്ങിയവയിലുള്ള സമാനത അഥവാ സാംഗത്യം. വ്യൂഹത്തെ നിശ്ചിതകോണിലൂടെ കറക്കിയാലോ, നിശ്ചിത ദൂരത്തിലൂടെ ഒരു ദിശയിൽ നീക്കിയാലോ, ഈ ക്രിയകൾ രണ്ടും കൂടി ചെയ്താലോ കിട്ടുന്ന രൂപം ആദ്യ ത്തേതുതന്നെ ആയിരിക്കുന്ന അവസ്ഥ.

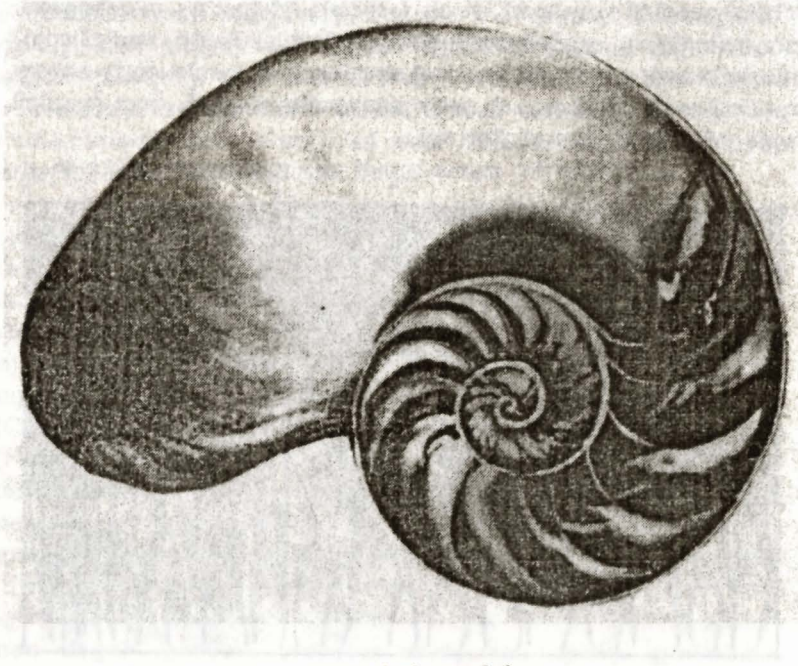
സമമിതിക്ക് മലയാളത്തിൽ പല അർത്ഥങ്ങളുണ്ട്. പ്രതിസാമ്യം, പ്രതിസമത, അവയവപൊരുത്തം, അംഗപ്രത്യംഗാനുസരണത്വംമൂലം ഉണ്ടാ കുന്ന രൂപസൗഷ്ഠവം, സാംഗോപാംഗത എന്നൊക്കെ അർത്ഥമാക്കാം. പ്രകൃതിയിൽ സമമിതിക്ക് നിരവധി ഉദാഹരണങ്ങളുണ്ട്. കടലോരത്ത് കാണുന്ന കക്കകളുടെയും ശംഖിന്റെയും രൂപഭംഗിയുടെ പിന്നിൽ സമമിതി യുണ്ട്. ടാജ്മഹലിന്റെ ശില്പസൗന്ദര്യം അതിന്റെ സമമിതിയാണ്. കാനായി കുഞ്ഞിരാമന്റെ മലമ്പുഴയിലെ 'യക്ഷി'യുടെയും വേളിയിലെ ജലകന്യകയുടെയും ശില്പചാതുരിക്കു പിന്നിൽ സമമിതിയുടെ നിയമങ്ങൾ ഒളിഞ്ഞുകിടക്കുന്നുണ്ട്. രാജാ രവിവർമ്മയുടെ ചിത്രങ്ങളിൽ സമമിതിയുടെ സൗന്ദര്യം ദർശിക്കാം. കർണാടകസംഗീതത്തിലും ഹിന്ദുസ്ഥാനി സംഗീത ത്തിലും കാണുന്ന സ്വരൈക്യം അല്ലെങ്കിൽ ഏകതാനത സമമിതിയുടെ ഉദാ ഹരണങ്ങളാണ്. പനയോലയിലും തെങ്ങോലയിലും സമമിതിയുണ്ട്. ജ്യാമി തിയിൽ സമമിതി ദൃശ്യമാണ്. ഗോളം (sphere) പൂർണ്ണമായും സമമിതമാണ്. ദ്രവ്യത്തിന്റെയും ഊർജ്ജത്തിന്റെയും നിലനില്പിന്റെ അടിസ്ഥാനം സമമിതിയാണ്. ഭൗതികത്തിലെ സമീകരണങ്ങൾക്ക് ഗണിതശാസ്ത്രപരമായ സമമിതിയുണ്ട്. ക്വാർക്കുകൾ സമതുലനാവസ്ഥയിലാണ്. അവ സമമിതി യുടെ നിയമങ്ങൾ അനുസരിക്കുന്നു.

ഈ നൂറ്റാണ്ടിന്റെ ആരംഭംമുതൽ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വിശേഷിച്ചും



ഓലയുടെ സമമിതി





ശംഖിന്റെ സമമിതി

ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ സമമിതിസങ്കല്പത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ശാസ്ത്രത്തെ വിശദീകരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചുതുടങ്ങി. ഭൗതിക ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ സമമിതി അനുസരിക്കുന്നതായി അവർ കണ്ടു. ആദ്യമായി സമമിതി ദർശിച്ചത് സംരക്ഷണനിയമങ്ങ(Conservation Laws)ളിലായിരുന്നു. 1918-ൽ ജർമ്മൻ ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായ എമ്മി നോതെർ (Emmy Noether) ഓരോ സംരക്ഷണനിയമത്തിലും സമമിതിയുടെ അസ്തിത്വം ഉണ്ടെന്ന് തെളിയിച്ചു. സംരക്ഷണനിയമങ്ങളിൽ മാത്രമല്ല മറ്റ് ശാസ്ത്രനിയമങ്ങളിലും സമമിതിയുണ്ടെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഹംഗേറിയൻ ഭൗതികജ്ഞനായ യൂജിൻ വിഗ്നറുടെ (Eugene Wigner) അഭിപ്രായത്തിൽ പ്രകൃതിനിയമങ്ങൾക്ക് അചരതത്ത്വം (Invariance Theory) ഇല്ലാതെ നിലനില്പില്ല. സമമിതിയുടെ മൗലികസ്വഭാവമാണ് അചരതത്ത്വം. പ്രകൃതിനിയമങ്ങൾ സമമിതി പ്രകടിപ്പിക്കുന്നുണ്ടെങ്കിൽ നാളിതുവരെ അറിയപ്പെടാത്ത ഭൗതികനിയമങ്ങൾ സമമിത ബന്ധത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കണ്ടുപിടിക്കാം. ഐൻസ്റ്റിന് പുതിയ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ആവിഷ്കരിക്കുന്നതിന് മാർഗ്ഗദീപമായത് സമമിതിയാണ്. വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അന്തർധാര സമമിതിയാണ്.

വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിന് ഐൻസ്റ്റിൻ നല്കിയ പേര് അചരതത്ത്വസിദ്ധാന്തം എന്നായിരുന്നുവല്ലോ. പ്രകാശപ്രവേഗം സ്ഥിരമാണ് എന്നായിരുന്നു ഈ കണ്ടുപിടിത്തം. സ്ഥിരവേഗതയോടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന നിരീക്ഷകരെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെയാണെന്ന് വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം സ്ഥിരീകരിച്ചു. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിലും ഇതേ മാനദണ്ഡമാണ് ഐൻസ്റ്റിൻ സ്വീകരിച്ചത്. എല്ലാ നിരീക്ഷകരെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ ഒന്നു തന്നെയായിരിക്കണം. ഐൻസ്റ്റിന്റെ സമീകരണങ്ങൾ സമമിതമാണ്. ക്വാണ്ടം ഭൗതികത്തിൽ സമമിതി സങ്കല്പം ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിലുള്ളതിനേക്കാൾ വളരെ ശക്തമാണ്. ഉപ ആണവകണങ്ങളുടെ ലോകത്ത് സമമിതി വ്യക്തമായി കാണാം. എല്ലാ പ്രോട്ടോണുകളും ഒരുപോലുള്ളതാണ്. അതുപോലെ എല്ലാ ന്യൂട്രോണുകളും എല്ലാ ഇലക്ട്രോണുകളും ക്ഷേത്ര ങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചും ഇതു ശരിയാണ്. ഒരേ ക്വാണ്ടംനമ്പറുള്ള രണ്ട് വൈദ്യുതകാന്തികക്ഷേത്രങ്ങൾ സർവ്വസമമാണ്. അതുപോലെ ഒരേ ക്വാണ്ടംനമ്പറുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണക്ഷേത്രങ്ങളും സമമിതമാണ്. പ്രോട്ടോണും ഇലക്ട്രോണും തമ്മിൽ നിശ്ചിത അനുപാതം ഉണ്ട്.

ഏകീകൃതക്ഷേത്രസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ (Unified Field Theory) പിന്നിലെ അടിസ്ഥാനസങ്കല്പം സമമിതിയാണ്. ആത്യന്തികമായി ഒരൊറ്റ ബലത്തിന്റെ നാല് രൂപങ്ങളാണ് പ്രകൃതിയിലെ നാല് ബലങ്ങളെന്ന് ഏകീകൃതസിദ്ധാന്തം അവകാശപ്പെടുന്നു. സമമിതിസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ വെളിച്ചത്തിലാണ് 1928-ൽ പോൾഡിറാക്ക് ഇലക്ട്രോണിന്റെ ആപേക്ഷികതാ ക്വാണ്ടം സമീകരണം ആവിഷ്കരിച്ചത്. ധനചാർജ്ജുള്ള ഇലക്ട്രോണുകൾ ഉണ്ടെന്ന് ഡിറാക്കിന്റെ ഈ സമീകരണം പ്രവചിച്ചു. പ്രതിദ്രവ്യം നിലനില്ക്കുന്നു എന്നതിന്റെ ആദ്യത്തെ അറിവായിരുന്നു ഇത്. ഒരേ ദ്രവ്യമാനവും സ്പിന്നും ഉള്ള ദ്രവ്യകണങ്ങളെപ്പോലെ എന്നാൽ വിപരീത

വൈദ്യുതചാർജുള്ള പ്രതിദ്രവ്യകണങ്ങളുണ്ടെന്നായിരുന്നു ഡിറാക്കിന്റെ പ്രവചനം. സമമിതിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഡിറാക്ക് പ്രവചിച്ച പ്രതി ഇലക്ട്രോണിനെ (Positron) പിന്നീട് കണ്ടുപിടിക്കുകയുണ്ടായല്ലോ. ഇതോടെ സമമിതി ഉപയോഗിച്ച് മുൻപ് അജ്ഞാതമായിരുന്ന കണങ്ങളെ കണ്ടു പിടിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് വ്യക്തമായി. ഇതേ മാർഗ്ഗം ഉപയോഗിച്ച് പുതിയ ക്ഷേത്രങ്ങളെ (Fields) കണ്ടെത്താൻ കഴിയുമെന്ന വിശ്വാസം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കുണ്ടായി.

ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെയും ക്വാണ്ടം ഭൗതികത്തെയുംപോലെ 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ പിറവിയെടുത്ത മറ്റൊരു മഹത്തായ സിദ്ധാന്തമാണ് 'ഗേജ് സിദ്ധാന്തം' (Gauge Theory). സമമിതിയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി സൈദ്ധാന്തിക ഭൗതികത്തിൽ നടന്ന ഗവേഷണങ്ങളാണ് ഗേജ് സിദ്ധാന്തത്തിന് രൂപം നല്കിയത്. 1954-ൽ യാങ്ങും അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹപ്രവർത്തകനായിരുന്ന റോബർട്ട് മില്ലും ചേർന്ന് ഗേജ് ക്ഷേത്രസിദ്ധാന്തം കണ്ടുപിടിച്ചു. വൈദ്യുത കാന്തികസ്പെക്ട്രത്തിൽ റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ, എക്സ്-റേ, ഗാമാകിരണങ്ങൾ, പ്രകാശരശ്മികൾ എല്ലാം മൂന്ന് ലക്ഷം കിലോമീറ്റർ/സെക്കൻഡിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ഈ സമ്പൂർണ്ണ സമമിതിയിൽനിന്നാണ് പ്രകാശപ്രവേഗം എല്ലാ നിരീക്ഷകർക്കും ഒന്നാണെന്ന് ഐൻസ്റ്റീൻ കണ്ടുപിടിച്ചത്. വൈദ്യുത കാന്തികതരംഗങ്ങളുടെ അദ്ഭുതകരമായ സ്ഥിരവേഗതയിൽ യാങ് ആകൃഷ്ടനായി. പ്രകാശപ്രവേഗം എല്ലാ നിരീക്ഷകർക്കും ഒന്നാണെന്ന ഐൻസ്റ്റീന്റെ സിദ്ധാന്തമാണ് യാങ്ങിനെ ഗേജ് സിദ്ധാന്തം കണ്ടു പിടിക്കുന്നതിന് പ്രചോദനം നല്കിയത്. യാങ് ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലം വിശദീകരിക്കുന്നതിനുള്ള പരിശ്രമം നടത്തി. വൈദ്യുതകാന്തികബലത്തിലെന്നപോലെ ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലത്തിലും അചരതത്വം ഉണ്ടെന്ന് അദ്ദേഹം ദൃഢമായി വിശ്വസിച്ചു. പ്രോട്ടോൺ ധനചാർജുള്ളതും, ന്യൂട്രോൺ ചാർജില്ലാത്തതും ആണെങ്കിലും ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലം രണ്ടിലും ഒരുപോലെയാണ് പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നത്. ഈ സമമിതി 1930-ലാണ് ശ്രദ്ധിക്കപ്പെട്ടത്. അതുകൊണ്ടാണ് പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയുംകൂടി അണു 'കേന്ദ്രകണം' (Nucleon) എന്ന പൊതുപേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നത്. അണു കേന്ദ്രകണത്തിന്റെ രണ്ട് വകഭേദങ്ങളാണ് പ്രോട്ടോണും, ന്യൂട്രോണും, എന്ന് കരുതപ്പെട്ടു. എന്നാൽ അവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം അവയുടെ ഐസോ സ്പിന്നിലാണ് (Isospin). യാങ് നിരവധി വർഷക്കാലം ശക്ത അണുകേന്ദ്ര ബലത്തിന്റെ സമമിതി സമീകരണം ആവിഷ്കരിക്കുന്നതിനുള്ള പരിശ്രമം നടത്തിയെങ്കിലും ഒടുവിൽ അദ്ദേഹം പരാജയപ്പെടുകയാണുണ്ടായത്. സമമിതിയുടെയടിസ്ഥാനത്തിൽ എല്ലാ പ്രകൃതിബലങ്ങളെയും വിശദീകരിക്കുവാൻ കഴിയുമെന്ന് അദ്ദേഹം പ്രവചിച്ചു. ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലത്തെ സംബന്ധിച്ച് യാങ്ങും മില്ലും എഴുതിയ പ്രബന്ധം അപൂർണ്ണമായിരുന്നു. പ്രബന്ധത്തിലെ അവരുടെ നിഗമനങ്ങൾ പരീക്ഷണവുമായി യോജിക്കുന്നതായിരുന്നില്ല. എന്നാൽ യാങ് മിൽസ് സിദ്ധാന്തം ആധുനിക ഭൗതികത്തിലെ ചില പുതിയ സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്ക് ആധാരശിലയായി. അത് സൈദ്ധാന്തിക ഭൗതികത്തെ പുതിയ തലങ്ങളിലേക്ക് ഉയർത്തി. സമമിതിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രകൃതിബലങ്ങളെയും

മൗലികകണങ്ങളെയും വിശദീകരിക്കുന്നതിന് ഇത് സഹായകമായി. വൈദ്യുതകാന്തിക ബലവാഹിനികണങ്ങളായ ഫോട്ടോണുകൾ സമരൂപം ഉള്ളതാണെന്ന് തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. അതുപോലെ ഗുരുത്വാകർഷണബലവാഹിനികണങ്ങളെന്നു കരുതപ്പെടുന്ന ഗ്രാവിറ്റോണുകളും സമമിതിയുടെ സന്ദേശവാഹകരാണ്. ഇതുപോലെ ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലത്തിനും ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലത്തിനും ബലവാഹികണങ്ങളുണ്ടെന്ന നിഗമനത്തിലെത്തി ഭൗതികജ്ഞന്മാർ.

യാങ്ങിന്റെയും മില്ലിന്റെയും കാഴ്ചപ്പാടിനെ ഉൾക്കൊണ്ടുകൊണ്ട് ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലത്തെ സുവ്യക്തമായി വിശദീകരിച്ചത് അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞനായ മുറെ ജെൽമാൻ ആണ്. അദ്ദേഹം 1921-ൽ അമേരിക്കയിൽ ജനിച്ചു. 1952-ൽ ചിക്കാഗോ സർവ്വകലാശാലയിൽ പ്രൊഫസറായി. 1955 മുതൽ കാലിഫോർണിയാ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് ഓഫ് ടെക്നോളജിയിൽ കണിക ഭൗതികത്തിൽ ഗവേഷണത്തിലേർപ്പെട്ടു. ഒരസാധാരണ ശാസ്ത്രപ്രതിഭയാണദ്ദേഹം. പ്രോട്ടോണുകളെയും ന്യൂട്രോണുകളെയും അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ഒരുമിപ്പിച്ചുനിർത്തുന്ന ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലത്തെക്കുറിച്ചായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ ഗവേഷണം. പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം പ്രോട്ടോൺ ധനചാർജുള്ളതും ന്യൂട്രോൺ ചാർജില്ലാത്തതുമാണ്. പ്രോട്ടോണിന് ധനചാർജ് ഇല്ലെങ്കിൽ അതും ന്യൂട്രോണും തമ്മിൽ യാതൊരു വ്യത്യാസവും ഇല്ല. വൈദ്യുതചാർജിന്റെ അഭാവത്തിൽ പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയും തിരിച്ചറിയാൻ സാധ്യമല്ലെന്നും ജെൽമാൻ പറഞ്ഞു. രണ്ട് കണങ്ങളും സമരൂപവും സർവ്വസമവുമാണെന്ന് അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ ന്യൂട്രോണും പ്രോട്ടോണും സമമിതമാണ്. ജെൽമാന്റെ ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തിന് വഴികാട്ടിയായത് സമമിതിസിദ്ധാന്തമായിരുന്നു. ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലത്താൽ ഒരുമിച്ച് നില്ക്കുന്ന കണങ്ങളാണ് പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണും. ഈ കണങ്ങളെ ഹാഡ്രോൺസ് (Hadrons) എന്നാണല്ലോ പറയുന്നത്. ഹാഡ്രോണുകളിൽ ജെൽമാൻ സമമിതി ദർശിച്ചു. അവയുടെ സമമിതമായ ക്രമീകരണത്തെ ജെൽമാൻ 'അഷ്ടമാർഗ്ഗം' (The eight foldway) എന്ന് പേരിട്ടു. ബുദ്ധദർശനത്തിലെ 'അഷ്ടമാർഗ്ഗ'ത്തെ അനുസ്മരിപ്പിക്കുന്നതാണിത്. 1964-ൽ ജെൽമാനും ഇസ്രായേലി ശാസ്ത്രജ്ഞനായ യുവാൽ നീമാനും (Yuval Neeman) ചേർന്ന് 'അഷ്ടമാർഗം' എന്നൊരു ശാസ്ത്ര പുസ്തകം പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു. കണികഭൗതികത്തിലെ ആധുനിക കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളാണ് ഇതിന്റെ ഉള്ളടക്കം. സൈദ്ധാന്തിക ഭൗതികജ്ഞനായ ജെൽമാന്റെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. ജെൽമാന്റെ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും മൂന്ന് ചെറുകണങ്ങൾകൊണ്ട് നിർമ്മിതമാണല്ലോ?

അങ്ങനെ ജെൽമാന്റെ ക്വാർക്ക് സിദ്ധാന്തം (Quark Theory) സമമിതി സിദ്ധാന്തത്തിൽനിന്നും രൂപംകൊണ്ടു. ക്വാർക്ക് സിദ്ധാന്തം കണ്ടുപിടിച്ചതിന് മുറെ ജെൽമാന് നോബൽസമ്മാനം ലഭിച്ചു.

യാങ്മിൽ സമീകരണം നേരത്തേതന്നെ ശക്ത അണുകേന്ദ്ര ബലവാഹികണമായ ഗ്ലുവോണിനെ (Gluon)ക്കുറിച്ച് പ്രവചിച്ചിരുന്നു. ഇതാണല്ലോ

ന്യൂക്ലിയോണുകൾക്കുള്ളിൽ ക്വാർക്കുകളെ ഒരുമിപ്പിച്ച് നിർത്തുന്നത്. ഈ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളുടെ എല്ലാം ഫലമായി ക്വാണ്ടം ക്രോമോ ഡൈനാമിക്സ് (Quantum Chromo Dynamics— QCD) എന്നൊരു ക്വാണ്ടം ഭൗതികശാസ്ത്ര ശാഖ ജന്മമെടുത്തു. ഇത് ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലത്തെ വിശദീകരിച്ചു. ഇന്ന് റേഡിയോ ആക്ടീവ് ബീറ്റാക്ഷയത്തെ ക്വാർക്കുകളുടെ പരിവർത്തനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിക്കാം. ന്യൂട്രോണിലെ ഒരു ഡൗൺ ക്വാർക്ക് ഒരു അപ് ക്വാർക്ക് ആയി പരിവർത്തനം ചെയ്യുമ്പോൾ ഒരു പ്രോട്ടോൺ ഉണ്ടാകുന്നു. ഒരു പ്രോട്ടോൺ രണ്ട് അപ് ക്വാർക്കുകളും ഒരു ഡൗൺ ക്വാർക്കുകളും ചേർന്നുള്ളതാണല്ലോ.

സമമിതി സിദ്ധാന്തം പുതിയൊരു ഏകീകൃത സൂപ്പർ സമമിതി സിദ്ധാന്തത്തിന് (Super Symmetric Theory) കളമൊരുക്കി. എല്ലാ കണങ്ങളെയും എല്ലാ ബലങ്ങളെയും ഒരൊറ്റ സമീകരണത്തിന്റെ കീഴിൽ കൊണ്ടുവരാൻ കഴിയുമെന്നതാണീ സങ്കല്പം. പ്രകൃതിയുടെ എല്ലാ സമമിതികളും പ്രകടമായി കാണില്ല. അതുപോലെതന്നെയാണ് ഭൗതികശാസ്ത്രങ്ങളിലെ സമമിതികളും. സമീകരണങ്ങളിൽ കാണുന്ന പല സമമിതികളും ശിഥില സമമിതികൾ (broken symmetry) ആണ്. യാങ്തന്നെ സുങ് ദാവോ ലീ (Tsung Dao Lee) യുമായി ചേർന്ന് ഗവേഷണം നടത്തിക്കൊണ്ടിരുന്നപ്പോൾ അണുകേന്ദ്രബലത്തിൽ അസമമിതി കണ്ടു. ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലത്തിന് കാരണമായ കണങ്ങളുടെ അന്യോന്യക്രിയയിൽ സമമിതി സ്ഥിരതയുടെ ലംഘനം (parity violation) ഉണ്ടെന്ന് അവർ മനസ്സിലാക്കി. 1956-ൽ യാങ്ങും ലീയും ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലം സമമിതി അനുസരിക്കുന്നില്ലെന്ന് സൈദ്ധാന്തികമായി തെളിയിച്ചു. അവരുടെ പ്രവചനം പരീക്ഷണവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതായിരുന്നു. ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തിനാണ് യാങ്ങിനും ലീക്കും 1957-ൽ നോബൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചത്. ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലവും വൈദ്യുത കാന്തികബലവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം 1933-ൽ ഫെർമിയുടെ ശ്രദ്ധയിൽ പെട്ടെങ്കിലും അത് ഒന്നാണെന്ന് തെളിയിക്കാൻ അദ്ദേഹത്തിന് കഴിഞ്ഞില്ല. സ്റ്റീവൻ വെയിൻബർഗ് (Steven Wein Berg), ഷെൽഡൻ ഗ്ലാഷോ (Sheldon Glashow), അബ്ദുസ്സലാം (Abdus Salam) എന്നീ ഭൗതികജ്ഞന്മാർ അസമമിതിയെക്കുറിച്ച് നടത്തിയ ഗവേഷണമാണ് വൈദ്യുതകാന്തിക ബലവും, ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം വെളിപ്പെടുത്തുന്ന ഏകീകൃത ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തം കണ്ടു പിടിക്കുന്നതിനിടയാക്കിയത്. സമമിതമായ പ്രകൃതിനിയമങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളിൽനിന്നും ഉയർന്നുവന്ന അസമമിത ബന്ധങ്ങളുമുണ്ടെന്ന് വെയിൻ ബർഗ് വിശ്വസിച്ചു. വാസ്തവത്തിൽ പ്രകൃതി മുഴുവൻ നിറഞ്ഞ് നില്ക്കുകയാണ് ശിഥില സമമിതികൾ. സമമിതപ്രശ്നങ്ങൾക്ക് എങ്ങനെ അസമമിത പരിഹാരം കാണാമെന്ന് വെയിൻബർഗ് നമുക്ക് വ്യക്തമാക്കിത്തന്നു. ശിഥില സമമിതിയുടെ പിന്നിൽ ഒളിഞ്ഞു കിടക്കുന്ന സമമിതി കണ്ടുപിടിക്കലാണ് ഭൗതികജ്ഞന്മാരുടെ ലക്ഷ്യം.

സ്റ്റീവൻ വെയിൻബർഗ് 1933-ൽ അമേരിക്കയിൽ ബ്രോൻക്സിൽ (Bronx) ജനിച്ചു. വിദ്യാഭ്യാസത്തിനു ശേഷം പ്രിൻസ്റ്റൺ സർവ്വകലാശാല

യിൽ ഭൗതികത്തിന്റെ പ്രൊഫസറായി. ഇന്ന് ജീവിച്ചിരിക്കുന്ന മഹാന്മാരായ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരിൽ ഒരാളാണ് അദ്ദേഹം. വെയിൻസ്ബർഗ് ലോകപ്രശസ്ത ശാസ്ത്രസാഹിത്യകാരൻകൂടിയാണ്. 'ആദ്യത്തെ മൂന്ന് മിനിറ്റുകൾ' (The First Three Minutes) എന്ന വിശ്വപ്രസിദ്ധമായ പുസ്തകത്തിന്റെ രചയിതാവാണ്. ഗ്ലാഷോ വെയിൻബർഗിന്റെ സുഹൃത്തും സഹപാഠിയുമാണ്. അദ്ദേഹവും വൈദ്യുത കാന്തികബലവും ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലവും തമ്മിൽ ഏകീകരിച്ചുകൊണ്ടുള്ള ഒരു സിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിക്കുകയുണ്ടായി. അബ്ദുസ്സലാം 1926-ൽ പാകിസ്ഥാനിലെ പഞ്ചാബിൽ ജനിച്ചു. സലാം സ്വതന്ത്രമായിട്ടാണ് ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തം കണ്ടുപിടിച്ചത്. ഇവർ മൂന്നുപേരും കണ്ടുപിടിച്ച ഏകീകരണസിദ്ധാന്തം മാക്സ്വെൽ വൈദ്യുതിയെയും കാന്തികതയെയും ഏകീകരിച്ചതുപോലെ പ്രധാനമാണ്. ഫോട്ടോണിന്റെ സ്പിൻ (1) ഉള്ള വെക്ടർ ബോസോൺ എന്ന് വിളിക്കുന്ന മറ്റ് മൂന്ന് കണങ്ങളുണ്ടെന്ന് ഇവർ സ്ഥിരീകരിച്ചു. ഇവയാണ് ദുർബല അണുകേന്ദ്ര ബലവാഹി കണങ്ങൾ. ഇവയെ W^+, W^-, Z^0 എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഓരോന്നിനും ഏതാണ്ട് 100 ഗിഗ ഇലക്ട്രോൺ വാൾട്ട് (GeV) ഭാരമുണ്ട്. (ഗിഗ ഇലക്ട്രോൺ വാൾട്ട് എന്നത് 100 കോടി ഇലക്ട്രോൺ വാൾട്ട് ആണ്) അസമമിതിയിലൂടെ സമമിതി കണ്ടെത്തിയെന്നതാണ് ഇവരുടെ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ സവിശേഷത. താഴ്ന്ന ഊർജ്ജനിലവാരത്തിൽ വിവിധങ്ങളായി തോന്നുന്ന കണങ്ങൾ ഉന്നത ഊർജ്ജത്തിൽ ഒരേ കണമായി മാറുമെന്ന് ഇവർ തെളിയിച്ചു. സലാം വെയിൻബർഗ് സിദ്ധാന്തപ്രകാരം 100 ഗിഗ ഇലക്ട്രോൺ വാൾട്ടിൽ ഫോട്ടോണും വെക്ടർ ബോസോണുകളും ഒരേ രീതിയിൽ പെരുമാറുന്നു. താഴ്ന്ന ഊർജ്ജത്തിൽ അവ തമ്മിൽ സമമിതി നഷ്ടപ്പെടുകയും ഉയർന്ന ഊർജ്ജത്തിൽ അവ സമമിതമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. 1979-ൽ വെയിൻബർഗ്, ഗ്ലാഷോ, അബ്ദുസ്സലാം എന്നിവരുടെ ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തത്തിന് നോബൽസമ്മാനം ലഭിച്ചെങ്കിലും ശാസ്ത്രലോകം ഈ കണ്ടുപിടിത്തം ശ്രദ്ധിച്ചില്ല. ഏതാണ്ട് 4 വർഷക്കാലം ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തത്തിന് ശാസ്ത്രലോകത്ത് പ്രവേശനം നിഷേധിക്കപ്പെട്ടു. ഇതിന് പ്രധാന കാരണം ഈ സിദ്ധാന്തം പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിക്കപ്പെട്ടിരുന്നില്ല എന്നതായിരുന്നു.

ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിച്ച സമയത്ത് 100 ഗിഗ ഇലക്ട്രോൺ വാൾട്ട് സൃഷ്ടിക്കാനാവശ്യമായ കണിക ത്വരകങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. അതുപോലെ വളരെ കുറച്ചുപേർ മാത്രമേ അന്ന് സലാം വെയിൻബർഗ് സിദ്ധാന്തം വിശ്വസിച്ചിരുന്നുള്ളു. ജ്യോതിഭൗതികജ്ഞന്മാർക്ക് ദൂരദർശിനിയും സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പുംപോലെ പ്രധാനമാണ് കണിക ഭൗതികജ്ഞന്മാർക്ക് കണിക ത്വരകങ്ങൾ. അവരുടെ പരീക്ഷണോപകരണങ്ങളാണ് അവ. ഐൻസ്റ്റിൻ ദ്രവ്യമാന ഊർജ്ജ സമീകരണത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് കണികത്വരകങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. 1980-കളുടെ ആദ്യം ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തം പരീക്ഷണവിധേയമാക്കാൻ പറ്റിയ രണ്ട് കണികാത്വരകങ്ങൾ സ്ഥാപിക്കപ്പെട്ടു. ഒന്ന് ജനീവയിലെ സേണിലും (CERN) രണ്ടാമത്തേത് ചിക്കാഗോയിലെ ഫെർമിലാബിലും. ഫെർമി

ലാബിലെ കണികത്വരകം നിർമ്മിച്ചത് അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞനും ശില്പിയുമായ റോബർട്ട് വിൽസൺ ആയിരുന്നു. വളരെ വലിപ്പമുള്ളതാണിത്. ഇതിന്റെ ടണലിൽ ഒരു എരുമയ്ക്ക് മേയാൻ കഴിയും. ഈ രണ്ട് കണികത്വരകങ്ങളിലും നിരവധി പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തപ്പെട്ടു. 1983-ൽ ഭൗതികജ്ഞനായ കാർലോ റൂബിയായും എൻജിനീയറായ സൈമണുംകൂടി സേണിൽ നടത്തിയ പരീക്ഷണങ്ങൾ ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തത്തെ ശരിവയ്ക്കുകയുണ്ടായല്ലോ. അവർ വെക്ടർ ബോസോണുകളെ കണ്ടെത്തി. ഈ കണ്ടുപിടിത്തത്തിനവർക്ക് 1984-ൽ നോബൽ പുരസ്കാരം ലഭിച്ചു. ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പരീക്ഷണത്തിനിടയിലാണ് പ്രതിദ്രവ്യം (Antimatter) കണ്ടുപിടിച്ചത്.

ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തത്തിൽനിന്ന് ഒരു കാര്യം വ്യക്തമായി. അതായത് നാം ജീവിക്കുന്നത് സമമിതിഭംഗം ഉണ്ടായ പ്രപഞ്ചത്തിലാണ്. ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലവും വൈദ്യുതകാന്തികബലവും സമമിതമായ ഒരൊറ്റ ബലത്തിൽനിന്നും വേർപിരിഞ്ഞതാണെന്ന് തെളിഞ്ഞു. ഉയർന്ന ഊർജ്ജനിലവാരം സൃഷ്ടിക്കാൻ കഴിയുന്ന പടുകൂറ്റൻ കണികത്വരകങ്ങൾ നിർമ്മിക്കുന്നതിനുള്ള യജ്ഞത്തിലാണ് പല രാജ്യങ്ങളും. സേണിലെ കണികത്വരകത്തിൽ 640 ഗിഗാ വാൾട്ട് ഊർജ്ജനിലവാരമാണുള്ളത്. ഫെർമിലാബിലെ കണികത്വരകത്തിന്റെ ഊർജനിലവാരം ഒരുലക്ഷം കോടി ഇലക്ട്രോൺ വാൾട്ട് ആണ്. അമേരിക്കയിൽ ഇപ്പോൾ നിർമ്മാണത്തിലിരിക്കുന്ന സൂപ്പർ കണ്ടക്ടിങ് സൂപ്പർ കൊളൈഡറിന് (Super conducting super collider) ഇരുപതുലക്ഷം കോടി ഇലക്ട്രോൺ വാൾട്ട് സൃഷ്ടിക്കുവാൻ കഴിയുമെന്നാണ് പ്രതീക്ഷിക്കുന്നത്. ഈ കണികത്വരകത്തിന്റെ റിങ്ങിന്റെ വ്യാസം 50 മൈൽ ആണ്. ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്ത പരീക്ഷണത്തിലൂടെ തെളിയിക്കപ്പെട്ടതോടെ മറ്റ് ബലങ്ങളെയും ഏകീകരിക്കാമെന്ന പ്രതീക്ഷ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കുണ്ടായി. ഇതിന്റെ ഫലമായി രൂപംകൊണ്ടതാണ് GUT (Grand Unified Theory) — ബൃഹത്ഏകീകരണസിദ്ധാന്തം. ഒരു പ്രത്യേക ഉന്നത ഊർജ്ജത്തിൽ വൈദ്യുതകാന്തികബലവും ദുർബലഅണുകേന്ദ്രബലവും ശക്തഅണുകേന്ദ്രബലവും തുല്യശക്തിയുള്ളതായി മാറുന്നു എന്നതാണല്ലോ GUT -യുടെ സങ്കല്പം. ഈ ഊർജ്ജത്തിൽ സ്പിൻ രണ്ടിലൊന്നുള്ള കാർക്ക്, ഇലക്ട്രോൺ തുടങ്ങിയ കണങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും. ഈ മൂന്നു ബലങ്ങളുടെയും ഏകീകരണത്തിനു വേണ്ട ഊർജ്ജം വളരെ വലുതാണ്. ഇത് ഭൂമിയിൽ സൃഷ്ടിക്കാൻ കഴിയില്ല. മൂന്ന് ബലങ്ങളും ഒന്നാകുന്ന ഊർജ്ജനിലവാരം സൃഷ്ടിക്കാൻ സൗരയൂഥത്തിന്റെയത്ര വലിപ്പമുള്ള കാന്തികത്വരകം വേണ്ടിവരും. ബൃഹത്ഏകീകരണസിദ്ധാന്തം ഭൂമിയിൽ പരീക്ഷിച്ചു നോക്കാൻ സാധ്യമല്ലെന്ന് വ്യക്തം. ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ മറ്റൊരു പരിമിതി ഇത് ഗുരുത്വാകർഷണസിദ്ധാന്തത്തെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നില്ലെന്നുള്ളതാണ്. 4 ബലങ്ങളും സമമിതമാകുന്ന ഒരു സൂപ്പർ ഏകീകരണ സിദ്ധാന്തം കണ്ടുപിടിക്കപ്പെടുമെന്ന പ്രത്യാശയാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്കുള്ളത്.

സൂപ്പർ സമമിതിസിദ്ധാന്തം ആദ്യം പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടത് സോവിയറ്റ് യൂണിയനിലായിരുന്നു. പിന്നീടതിന് 1970-കളിൽ പശ്ചിമയൂറോപ്പിൽ നല്ല

പ്രചാരം ലഭിച്ചു. ദ്രവ്യകണങ്ങളായ ഫെർമിയോണുകൾക്കിടയിലെ ബല വാഹികണങ്ങൾ ബോസോണുകളാണെന്ന് സൂപ്പർസമമിതി സിദ്ധാന്തക്കാർ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഈ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ബോസോണുകൾ സമമിതമാണ്. 1976-ൽ ഗുരുത്വാകർഷണത്തെക്കൂടി ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ കുടക്കീഴിൽ കൊണ്ടുവന്നു. സൂപ്പർ സമമിതിസിദ്ധാന്തം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ആശയും ആവേശവും നല്കി. എന്നാൽ ഇത് അധികകാലം നീണ്ടുനിന്നില്ല. ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന് അറിയപ്പെടുന്ന എല്ലാ ക്വാർക്കുകളെയും ലെപ്റ്റോണുകളെയും ഗേജ് കണങ്ങളെയും സൃഷ്ടിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. ബൃഹത്ഏകീകരണസിദ്ധാന്തത്തേക്കാൾ(GUT)പരാജയമായിരുന്നു സൂപ്പർ സമമിതി സിദ്ധാന്തം. GUT-ക്ക് വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞതെല്ലാം സൂപ്പർ,സമമിതി സിദ്ധാന്തത്തിന് വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല.

ഈ പശ്ചാത്തലത്തിലാണ് ചില യുവശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ 'ചരടു സിദ്ധാന്തം' (String Theory) അവതരിപ്പിച്ചത്. ഇലക്ട്രോണിനെപ്പോലുള്ള മൗലികകണങ്ങളെ മാനമില്ലാത്ത (Dimensionless) ബിന്ദുവായിട്ടാണ് പരമ്പരാഗതമായി സങ്കല്പിക്കപ്പെട്ടുപോന്നിരുന്നത്. ചരട്സിദ്ധാന്തം കണങ്ങളെ ചരടുകളായി ചിത്രീകരിച്ചു. കണങ്ങൾ ബിന്ദുക്കളല്ല ചരടുകളാണെന്ന് പറയുമ്പോൾ വലിയ വ്യത്യാസമുണ്ട്. ചരടുസിദ്ധാന്തത്തിൽ കണങ്ങൾ നീണ്ടവയാണ്. അതായത് അവയുടെ നീളം വീതിയേക്കാൾ കൂടുതലാണ്. എന്നാൽ അവ അനന്തസൂക്ഷ്മവസ്തുക്കളാണെന്ന് തെറ്റിദ്ധരിക്കരുത്. അവയുടെ നീളം ഏകദേശം ഒരു പ്ലാങ്ക് നീളമാണ്. പ്ലാങ്ക് നീളം 10^{-35} മീറ്ററാണ്. ഒരു വസ്തുവിനും ഇതിനേക്കാൾ ചെറുതാകാൻ പറ്റില്ല. ചരടുകൾക്ക് കമ്പനം (vibration) ഉണ്ട്. കമ്പനത്തിന്റെ നിരക്കനുസരിച്ച് ചരട് അറിയപ്പെടുന്ന കണങ്ങളായി മാറുന്നു. ഇതിന് പുറമെ അറിയപ്പെടാത്ത നിരവധി കണങ്ങളുടെ ഗുണധർമ്മങ്ങളും ഇതിന് പ്രകടിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. ചരട്സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ഒരേതരത്തിലുള്ള കണങ്ങൾ മാത്രമാണ് നിലനില്ക്കുന്നതും നിലനിന്നിട്ടുള്ളതും. എന്നാൽ ഈ കണത്തിന് അനന്ത രൂപഭാവങ്ങളുണ്ട്. ഒരു വീണക്കമ്പിക്ക് നിരവധി സ്വരങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കാൻ കഴിയുന്നതുപോലെ ഒരൊറ്റ സൂപ്പർ സമമിതകണത്തിന് നിരവധി അറിയപ്പെടുന്നതും അറിയപ്പെടാത്തതുമായ കണങ്ങളായി മാറാൻ കഴിയും. അതുകൊണ്ട് ജെൽമാൻ പറഞ്ഞു: "ഇത്തരം അനവധി അനന്തകണങ്ങൾ ഒരൊറ്റ മാസ്റ്റർ സമീകരണത്തെ അനുസരിക്കും." ഗുരുത്വാകർഷണത്തെക്കൂടി ഉൾക്കൊള്ളാൻ ചരടുസിദ്ധാന്തത്തിന് കഴിഞ്ഞു എന്നതാണ് ഇതിന്റെ മഹത്തായ നേട്ടം. ഏറ്റവും നല്ല ഏകീകരണസിദ്ധാന്തമായിരുന്നു ഇത്. ചരട് സംവൃതമാകാം (closed), വിവൃതവുമാകാം (open).

ചരടുസിദ്ധാന്തത്തിന് ഒരു വിചിത്രമായ ചരിത്രമുണ്ട്. ശക്തഅണുകേന്ദ്രബലത്തെ വിശദീകരിക്കാൻ ഒരു സിദ്ധാന്തം കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനുള്ള ശ്രമത്തിനിടയിലാണ്1960-കളുടെ അവസാനത്തിൽ ഇതാദ്യമായി കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടത്. പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ, ഇലക്ട്രോൺ എന്നീ കണങ്ങളെ ചരടായി കണക്കാക്കാമെന്ന ആശയമായിരുന്നു അത്. അതിവേഗതയിൽ കറങ്ങുന്ന ഹാഡ്രോണുകളുടെ സ്വഭാവം വിശദീകരിക്കാനായിരുന്നു ഇത് ആദ്യം കണ്ടുപിടിച്ചത്. എന്നാൽ ഇതിനു ഹൈഡ്രോണുകളുടെ സ്വഭാവം

പൂർണ്ണമായി വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. മിക്ക ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും അതുകൊണ്ട് ഈ സിദ്ധാന്തത്തെ ഉപേക്ഷിച്ചു. ഇവരിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ചരടുസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ശക്തി തിരിച്ചറിഞ്ഞ മുറെ ജെൽമാൻ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിൽ ഗവേഷണം നടത്തിക്കൊണ്ടിരുന്ന അമേരിക്കൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ജോൺ ഷാസിനെ(John Schwarz) പ്രോത്സാഹിപ്പിച്ചു. എന്നുമാത്രമല്ല ചരടുസിദ്ധാന്തം എന്നെങ്കിലും പ്രയോജനകരമാകുമെന്ന് ജെൽമാൻ പ്രതീക്ഷിച്ചു. 1974-ൽ ഷാസും ഫ്രഞ്ച് ഭൗതികജ്ഞനായ ജോയൽ സ്കെർക്കും (Joel Scherk)ചേർന്ന് ചരടുസിദ്ധാന്തത്തിന്റെ വെളിച്ചത്തിൽ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലവാഹികണമായ ഗ്രാവിറ്റോൺ എന്ന ബോസോണിനെ കണ്ടുപിടിച്ചു. ഗുരുത്വാകർഷണബലം അത്യുന്നത ഊർജ്ജനിലവാരത്തിൽ മറ്റ് മൂന്നു ബലങ്ങളെപ്പോലെതന്നെ ശക്തമാണെന്ന് അവർ സൈദ്ധാന്തികമായി തെളിയിച്ചു. ശാസ്ത്രലോകം ചരടുസിദ്ധാന്തത്തിൽ വലിയ താത്പര്യം കാട്ടിയില്ലെങ്കിലും ഷാസും ബ്രിട്ടീഷ് ഭൗതികജ്ഞനായ മൈക്കിൾഗ്രീനും ചരടുസിദ്ധാന്തത്തിലുള്ള ഗവേഷണം വാശിയോടെ തുടർന്നു. അവരുടെ പരിശ്രമങ്ങൾക്ക് 1984-ൽ ഫലപ്രാപ്തിയുണ്ടായി. മറ്റ് ഏകീകരണസിദ്ധാന്തങ്ങൾക്കുണ്ടായിരുന്ന അപാകതകൾ ചരടുസിദ്ധാന്തത്തിനില്ലെന്ന് അവർ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെ ബോധ്യപ്പെടുത്തി. അതോടെ ചരടുസിദ്ധാന്തം ആകർഷകമാകുകയും 1987 ആയപ്പോഴേക്കും സൈദ്ധാന്തിക കണികഭൗതികത്തിലെ ഏറ്റവും ചൂടോടെ ചർച്ച ചെയ്യപ്പെടുന്ന വിഷയമായി അത് മാറുകയുംചെയ്തു.

ഐൻസ്റ്റിന്റെ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം സ്ഥലത്തെയും കാലത്തെയുംകുറിച്ചുള്ള ക്ലാസിക്കൽ സങ്കല്പം ഉപേക്ഷിച്ചു. ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രം അനിശ്ചിതത്വതത്വം അവതരിപ്പിച്ചു. ചരടുസിദ്ധാന്തം അസാധാരണത്വം ഉള്ളതാണ്. അത് മനസ്സിലാക്കാൻ വളരെ വിഷമമാണ്. അത് വിശദീകരിക്കാൻ പ്രപഞ്ചത്തിന് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞത് 10 മാനങ്ങൾ വേണം. ചരടുസിദ്ധാന്തപ്രകാരം നാം ജീവിക്കുന്ന ലോകത്തിലെ ചതുർമാനത്തിനപ്പുറമുള്ള മാനങ്ങൾ സംഹതമായി. അതായത് അവ തകർന്ന് അദൃശ്യമായി എന്നർത്ഥം. ഏകീകരണസിദ്ധാന്തത്തിൽ ആദ്യമായി ബഹുമാനത്വം (Hyper dimensionality) കൊണ്ടുവന്നത് 1919-ൽ ജർമ്മൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ തിയോഡർ കലൂസ (Theodor Kaluza) ആയിരുന്നു. ഐൻസ്റ്റിന്റെ ജീവിതകാല സ്വപ്നമായിരുന്നല്ലോ വൈദ്യുതകാന്തികതയുടെയും ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെയും ഏകീകരണം. ഐൻസ്റ്റിന്റെ ഈ ആഗ്രഹം സാക്ഷാത്കരിക്കുന്നതിന് വേണ്ട ചില നിർദ്ദേശങ്ങൾ കലൂസ മുന്നോട്ട് വയ്ക്കുകയുണ്ടായി. കലൂസ ഐൻസ്റ്റിനെഴുതിയ ഒരു കത്തിൽ പറഞ്ഞു: 'വൈദ്യുതകാന്തികതയെയും ഗുരുത്വാകർഷണത്തെയും ഏകീകരിക്കുന്ന ഒരു സിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിക്കണമെങ്കിൽ 5 മാനങ്ങൾ വേണം. കലൂസയുടെ ഈ ആശയത്തെ ഐൻസ്റ്റിൻ ആദ്യം തള്ളിക്കളഞ്ഞു. എന്നാൽ പിന്നീട് ഐൻസ്റ്റിൻ കലൂസയുടെ നിർദ്ദേശങ്ങൾ പരിഗണിക്കുകയുണ്ടായി. സ്വീഡിഷ് ഭൗതികജ്ഞനായ ഓസ്കാർ ക്ലീൻ കലൂസയുടെ സിദ്ധാന്തത്തിന് ഒരു ക്വാണ്ടം വ്യാഖ്യാനം നല്കി. ഈ സിദ്ധാന്തം സൂപ്പർസമമിതി വിശദീകരിക്കുവാൻ സഹായകമായി. ഇതിനെയും മുറെ ജെൽമാൻ പ്രോത്സാഹിപ്പിച്ചു.

ചരടുസിദ്ധാന്തം ഉയർന്ന മാനങ്ങൾ ആവശ്യപ്പെടുന്നു. രണ്ട്, പത്ത്, ഇരുപത്തിയാറ് എന്നീ മാനങ്ങളിലെ ചരടുസിദ്ധാന്തം പ്രായോഗികമാകും. വരും ദശകങ്ങളിൽ ചരടുസിദ്ധാന്തത്തിന് ശോഭനമായൊരു ഭാവിയുണ്ടെന്നാണ് ഒരു വിഭാഗം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കരുതുന്നത്. ഇതിൽനിന്നും ഒരു ചോദ്യം ഉയർന്നുവരുന്നു. എവിടെയാണ് സമ്പൂർണ്ണ സമമിതിയും നിരവധി മാനങ്ങളുമുള്ള പ്രപഞ്ചം? ഇതിനുത്തരം നല്കുന്നത് പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രമാണ്. നാം ജീവിക്കുന്ന ലോകം സമമിതിഭംഗം ഉള്ളതാണ്. നമുക്ക് 4 മാനങ്ങളേ ഉള്ളൂ. ബഹുമാനങ്ങളുള്ള സൂപ്പർസമമിതപ്രപഞ്ചം നിലനിന്നിരുന്നെങ്കിൽ അത് ഭൂതകാലത്തിലായിരുന്നിരിക്കാം. ഇതിന്റെ അർത്ഥം പ്രപഞ്ചം തുടങ്ങിയത് സമ്പൂർണ്ണസമമിതിയിൽനിന്നുമാണെന്നാണ്. സമ്പൂർണ്ണസമമിതിയിൽ നിന്നും സമമിതി കുറഞ്ഞ ഇന്നത്തെ പ്രപഞ്ചം ഉണ്ടായതായിരിക്കാം. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ പരിപൂർണ്ണസമമിതിക്ക് നാം പ്രപഞ്ചതുടക്കത്തിലെ രഹസ്യങ്ങൾ അന്വേഷിക്കണം. പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയിലാണ് നാം സമമിതി കാണുന്നത്. അന്ന് എല്ലാ പ്രകൃതിബലങ്ങളും എല്ലാ കണങ്ങളും ഒന്നായിരുന്നു.

പ്രപഞ്ചചരിത്രം

ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാന ദശകങ്ങളിൽ കണികഭൗതികവും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രവും തമ്മിൽ സമന്വയിപ്പിക്കപ്പെട്ടു. ഇവ രണ്ടും സംയോജിച്ച് അണുവിന്റെ ഉത്പത്തിമുതൽ ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങളുടെ പരിണാമംവരെയുള്ള പ്രപഞ്ചചരിത്രം നമ്മുടെ മുന്നിൽ അവതരിപ്പിക്കുന്നു. ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും കണികഭൗതികജ്ഞന്മാരും വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവവിശേഷങ്ങളുള്ളവരാണ്. ആദ്യത്തെ കൂട്ടർ ഏകാന്തപഥികരാണ്. അവർ തെളിഞ്ഞ നിശാകാശത്ത് നോക്കെത്താദൂരത്ത് കണ്ണുംനട്ട് ഇരുന്ന് നക്ഷത്രങ്ങളെയും ഗാലക്സികളെയും മറ്റ് പ്രാപഞ്ചികപ്രതിഭാസങ്ങളെയും നിരീക്ഷിക്കുന്നു. ആകാശവസ്തുക്കളിൽനിന്നു വരുന്ന മങ്ങിയ വെളിച്ചവും റേഡിയോതരംഗങ്ങളും അവർ സൂക്ഷ്മപഠനത്തിന് വിധേയമാക്കുന്നു. ഒരു ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞനും നക്ഷത്രത്തെ തൊട്ട് നോക്കിയിട്ടില്ലല്ലോ? കണികഭൗതികജ്ഞന്മാർ കൂട്ടായ്മയിൽ വിശ്വസിക്കുന്നവരാണ്. ഈ ശാസ്ത്രശാഖയിലെ മഹത്തായ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളെല്ലാം രണ്ടോ അതിൽ കൂടുതലോ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ചേർന്നാണ് നടത്തിയിട്ടുള്ളത്. സൂക്ഷ്മലോകമാണ് അവരുടെ പ്രപഞ്ചം. അവർ അണുവിനുള്ളിലെ പ്രതിഭാസങ്ങൾ അപഗ്രഥിക്കുന്നു. ലോകം കണ്ടമിക്കവാറും എല്ലാ മഹാന്മാരായ ഭൗതികജ്ഞന്മാരും 40 വയസ്സിനുമുമ്പുതന്നെ മഹത്തായ ശാസ്ത്രീയ ആശയങ്ങളുടെ സൃഷ്ടികർമ്മം നിർവഹിച്ചിട്ടുള്ളവരാണ്. എന്നാൽ ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പ്രയോജനപ്രദവും പുതിയതുമായ നിരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തിയിട്ടുള്ളത് അവരുടെ തലയിൽ നര ബാധിച്ചതിനുശേഷമാണ്.

1970-കളുടെ അവസാനംമുതലാണ് കണികഭൗതികജ്ഞന്മാരും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും തമ്മിൽ പരസ്പരം ആശയവിനിമയം നടത്താൻ തുടങ്ങിയത്. കണികഭൗതികജ്ഞന്മാർ ക്വാസറുകളെയും ഗാലക്സികളെയും സംബന്ധിച്ച ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രസെമിനാറുകളിൽ പങ്കെടുക്കാൻ തുടങ്ങി. അതുപോലെ പ്രശസ്തരായ പല ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും ബേണിലും ഫെർമിലാബിലും നടന്നുകൊണ്ടിരുന്ന കണികഭൗതികത്തിലെ ഗഹനമായ ഗവേഷണങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടു. 1980-കളിൽ കണികഭൗതികവും പ്രപഞ്ചോത്പത്തിശാസ്ത്രവും (Cosmogeny) തമ്മിൽ സമന്വയിപ്പിക്കപ്പെട്ടു. ഈ രണ്ട് ശാസ്ത്രങ്ങളുടെയും സമഞ്ജസസമ്മേളനമാണ്, പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയിലേക്ക്, മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലേക്ക് വെളിച്ചംവീശിയത്. നാം ജീവിക്കുന്നത് സമമിതിതകർച്ചയുള്ള പ്രപഞ്ചത്തിലാണല്ലോ? പ്രപഞ്ചതുടക്കത്തിൽ പ്രപഞ്ചം സമ്പൂർണ്ണമായി സമമിതമായിരുന്നു. സമമിതി തകർന്നത് പിന്നീടാ

യിരുന്നു. പ്രപഞ്ചം വികസിച്ച മുറയ്ക്ക്. ഈ അദ്ഭുതകരമായ കണ്ടുപിടിത്തം നടത്തിയത് കണികഭൗതികജ്ഞന്മാരായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചതുടക്കത്തിൽ അത്യുന്നത ഊർജ്ജനിലവാരത്തിൽ പ്രപഞ്ചം തിളച്ചുമറിയുന്ന അവസ്ഥയിലായിരുന്നു. അപ്പോൾ പ്രപഞ്ചം സമമിതമായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കാനും തണുക്കാനും തുടങ്ങിയതോടെ സമമിതി തകർന്നു. സമമിതി തകർച്ചയോടെ ഇന്ന് നമുക്ക് ചുറ്റും കാണുന്ന ഊർജ്ജകണങ്ങളും ദ്രവ്യകണങ്ങളും സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടു. ഈ ഊർജ്ജകണങ്ങളും ദ്രവ്യകണങ്ങളുമാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ 'ജനിതകം' (Genetics) വിശദീകരിക്കുന്നത്.

ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രവും കണികഭൗതികവും സമർത്ഥമായി സംയോജിപ്പിച്ച മഹാനായ ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് സ്റ്റീവൻ വെയിൻബർഗ്. അദ്ദേഹം ആവിഷ്കരിച്ച 'ഇലക്ട്രോവീക്ക്' സിദ്ധാന്തം ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അവസ്ഥാന്തരങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണ്. ദുർബലഅണുകേന്ദ്രബലവും വൈദ്യുതകാന്തികബലവും ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഒരു ഘട്ടത്തിലൊന്നായിരുന്നു. ചരിത്രപരമായ കാലഗണന ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിനും കണികഭൗതികത്തിനും 1980-കളിൽ ബാധകമാക്കപ്പെട്ടു. ഇത് രണ്ടിന്റെയും വളർച്ചയ്ക്ക് സഹായകമായി. കണികഭൗതികത്തിന്റെ വെളിച്ചത്തിൽ ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ച് നടത്തിയ അന്വേഷണങ്ങൾ പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തെ പുഷ്ടിപ്പെടുത്തി. മുറെ ജെൽമാൻ എഴുതി, "ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചരഹസ്യങ്ങളുടെ കലവറ തുറക്കാനുള്ള താക്കോലാണ് കണികഭൗതികം. മറിച്ച് കണികഭൗതികത്തിന്റെ നൂതനാശയങ്ങൾ സൂക്ഷ്മപരിശോധനയ്ക്ക് വിധേയമാക്കാനുള്ള പരീക്ഷണശാലയാണ് ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചം." പ്രകൃതി കണങ്ങളുടെ പ്രായം, ബന്ധനോർജം, വലിപ്പം എന്നിവ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അണുവിനേക്കാൾ വലിപ്പമുള്ള തന്മാത്രയെ(molecule) അണുവിനേക്കാൾ എളുപ്പം വിഖണ്ഡനം ചെയ്യാം. അണു കേന്ദ്രത്തെ വിഭജിക്കുന്നതിലും എളുപ്പം അണുവിനെ വിഭജിക്കാം. അണു കേന്ദ്രത്തെ വിഭജിക്കുന്നതിലും ശ്രമകരമാണ് ക്വാർക്കുകളാൽ നിർമ്മിതമായ പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയും വിഭജിക്കാൻ. പ്രപഞ്ചോത്പത്തിക്കുശേഷം വിവിധ ഘട്ടങ്ങളിലാണ് മൗലികകണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധങ്ങളുണ്ടായത്. മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലെ അത്യുഗ്രതാപനിലയിലും അത്യുന്നതഊർജ്ജത്തിലും ക്വാർക്കുകൾ ഒരുമിച്ച് ചേർന്ന് പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളുമുണ്ടായി. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുകയും തണുക്കുകയും ചെയ്തപ്പോൾ അവ ഒന്നിച്ച് അണുകേന്ദ്രമായി. പിന്നീടവ ഇലക്ട്രോണുകളെ ആകർഷിച്ച് അണുവായി മാറി. അതിനുശേഷം അണുക്കൾ കൂടിച്ചേർന്ന് തന്മാത്രകൾ രൂപംകൊണ്ടു. കാലത്തിലൂടെ പിന്നോക്കം സഞ്ചരിച്ചാൽ നാം മഹാവിസ്ഫോടനത്തിൽ എത്തിച്ചേരും. പിറകോട്ട് പോകുന്തോറും പ്രപഞ്ച സാന്ദ്രതയും താപനിലയും ഊർജ്ജനിലവാരവും വർദ്ധിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും.

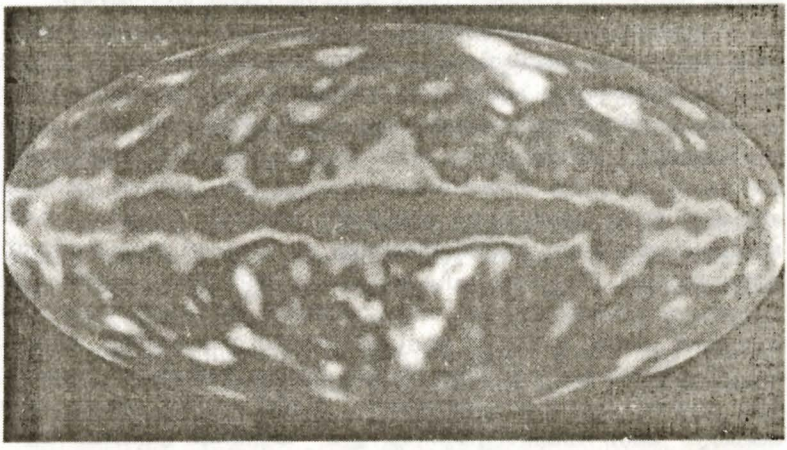
കാലത്തിലൂടെ എത്രത്തോളം പിന്നോക്കം പോകുന്നോ അത്രത്തോളം സൂക്ഷ്മപ്രകൃതിയെ പഠിക്കാം. നിങ്ങൾക്ക് വളരെ പരിചിതമായ നിങ്ങളുടെ കൈപ്പത്തി നോക്കുക. ഇതിന് വളരെ ശക്തിയുള്ള സൂക്ഷ്മദർശിനി ഉപയോഗിക്കുന്നു എന്ന് സങ്കല്പിക്കുക. സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ ആവർദ്ധനശേഷി

(magnification) നിങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമുള്ള തോതിൽ വർദ്ധിപ്പിക്കാൻ കഴിയുമെന്നിരിക്കട്ടെ. താരതമ്യേന താഴ്ന്ന ആവർദ്ധനശേഷിയിൽ നിങ്ങൾക്ക് നിങ്ങളുടെ കൈപ്പത്തിയുടെ ചർമ്മത്തിലെ കോശങ്ങളെ കാണാം. സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ ആവർദ്ധനം വർദ്ധിപ്പിച്ചാൽ കോശങ്ങളിലെ ജീനുകളെ കാണാം. ജീനുകൾ പരിണമിച്ചുണ്ടാകാൻ 400 കോടി വർഷങ്ങൾ എടുത്തിട്ടുണ്ടെന്നാണ് ശാസ്ത്രമതം. സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ ശക്തി വീണ്ടും വർദ്ധിപ്പിച്ചാൽ ജീനുകൾ (genes) നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന 'ഡി.എൻ.എ.' തന്മാത്രകളെ കാണാം. 'ഡി.എൻ.എ.' തന്മാത്രകളെ വീണ്ടും വലുതാക്കിയാൽ കാർബൺ അണുവിനെ കാണാം. ഇത് സൂര്യനും ഭൂമിയും ജനിക്കുന്നതിന് വളരെ മുമ്പുണ്ടായ നക്ഷത്രസ്ഫോടനങ്ങളിൽ പാകപ്പെട്ടതാണ്; ഏതാണ്ട് 500 കോടി വർഷങ്ങൾക്കു മുൻപ്. വീണ്ടും സൂക്ഷ്മതലത്തിലേക്ക് ചൂഴിഞ്ഞു നോക്കുമ്പോൾ അണുക്കളെ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രോട്ടോണുകളെയും ന്യൂട്രോണുകളെയും നിങ്ങൾ കണ്ടുമുട്ടും. പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും ക്വാർക്കുകളാൽ നിർമ്മിതമാണല്ലോ? പ്രപഞ്ചത്തിന് ഏതാനും സെക്കൻഡുകൾ മാത്രം പ്രായം ഉണ്ടായിരുന്നപ്പോഴാണ് ക്വാർക്കുകൾ ഒരുമിച്ച് ചേർന്ന് പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും രൂപംകൊണ്ടത്.

നാം അതിസൂക്ഷ്മഅളവുകളിലേക്ക് എത്തുമ്പോൾ കാണുന്നത് ഉന്നത ഊർജ്ജത്തിന്റെ ലോകമാണ്. ഏതാനും ആയിരം ഇലക്ട്രോൺ വോൾട്ട് ഊർജ്ജംകൊണ്ട് അണുവിൽനിന്നും ഇലക്ട്രോണുകളെ വേർപെടുത്താം. എന്നാൽ അണുകേന്ദ്രത്തിലെ പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയും വേർപെടുത്താൻ കോടിക്കണക്കിന് ഇലക്ട്രോൺ വാൾട്ട് വേണം. പ്രോട്ടോണുകളെയും ന്യൂട്രോണുകളെയും നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന ക്വാർക്കുകളെ വേർപിരിക്കാൻ അത്യുന്നത ഊർജ്ജനിലവാരത്തിലേ സാധ്യമാകൂ. പ്രപഞ്ചചരിത്രവും കണങ്ങളുടെ ഭൂതകാലവും തമ്മിൽ പരസ്പര ബന്ധിതമാണ്. ചെറുതാകുന്നതിനനുസരിച്ച് മൗലികകണങ്ങളുടെ ബന്ധനോർജ്ജം വർദ്ധിക്കുന്നു. മൗലികകണങ്ങൾക്ക് ഘടനയുണ്ടായത് ഉന്നതോർജ്ജത്തിലായിരുന്നു. ഏറ്റവും സൂക്ഷ്മമായ ക്വാർക്കുകൾ പോലുള്ള കണങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടത് മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലെ അത്യുന്നത ഊർജ്ജനിലയിലാണ്. മൗലികകണങ്ങളിൽനിന്നുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ പരിണാമം പ്രപഞ്ചപരിണാമത്തിന്റെ ഭാഗമാണ്.

നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ദൂരവും പ്രായവും തിട്ടപ്പെടുത്തുന്നതിനുള്ള ജ്യോതി ശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ഉപകരണമാണ് ദൂരദർശിനി. ദൂരദർശിനിയിലൂടെ ഭൂതകാലത്തെ നക്ഷത്രങ്ങളിൽനിന്നും പുറപ്പെട്ട പ്രകാശത്തെ നിരീക്ഷിച്ച് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ദൂരവും പ്രായവും കണക്കുകൂട്ടാം. ഇങ്ങനെയാണ് ജ്യോതി ശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പ്രപഞ്ചചരിത്രം രചിക്കുന്നത്. കാലഗണനയ്ക്കുള്ള കണികഭൗതികജ്ഞന്മാരുടെ ഉപകരണമാണ് കണികത്വരകങ്ങൾ. കണികത്വരകങ്ങളിൽ ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അവസ്ഥാവിശേഷങ്ങൾ പുനഃസൃഷ്ടിക്കുവാൻ കഴിയും. പ്രപഞ്ചപരിണാമത്തെക്കുറിച്ചുള്ള ആധുനികഗവേഷണങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയുടെ ആദ്യ സെക്കൻഡിന്റെ, ആദ്യനിമിഷത്തിന്റെ, ആദ്യഘട്ടത്തിന്റെ, ആദ്യ അംശ

ത്തിലാണ് ഉത്പത്തിയുടെ മഹാരഹസ്യങ്ങൾ ഒളിഞ്ഞുകിടക്കുന്നത് എന്നാണ്. നാം ജീവിക്കുന്ന നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ജനനം ആയിരമോ രണ്ടായിരമോ കോടി വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പായിരുന്നു. കാലത്തിലൂടെ പുറകോട്ട് പോകുന്തോറും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും താപവും വർദ്ധിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. പ്രപഞ്ചസാന്ദ്രത അതിന്റെ പ്രായത്തിന് പ്രതിലോമാനുപാതികമാണ്.



മഹാവിസ്ഫോടനത്തിനുശേഷം മൂന്നു ലക്ഷം വർഷങ്ങൾ കഴിഞ്ഞപ്പോഴുള്ള പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ചിത്രമാണിത്. 1992-ൽ വിക്ഷേപിച്ച കോസ്മിക്ക് ബാക്ഗ്രൗണ്ട് എക്സ്പ്ലോറർ (COBE) ബഹിരാകാശ ഉപഗ്രഹം കമ്പ്യൂട്ടറിന്റെ സഹായത്തോടെ വികസിപ്പിച്ചെടുത്ത ചിത്രം.

കാലത്തിന്റെ തുടക്കത്തിനുശേഷം 10 ലക്ഷം വർഷങ്ങൾ കഴിഞ്ഞപ്പോൾ പ്രപഞ്ചം അന്ധകാരത്തിൽനിന്ന് മോചിച്ച് പ്രഭാപൂരിതമായി. സാങ്കേതികമായി പറഞ്ഞാൽ ഈ ഘട്ടത്തിൽ ഫോട്ടോൺവിയുഗ്മനം (Proton decoupling) ഉണ്ടായി. പ്രകാശകണങ്ങൾക്ക് കടന്നുപോകാൻതക്ക പാകത്തിൽ പ്രപഞ്ചദ്രവ്യത്തിന്റെ കട്ടി കുറഞ്ഞു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഈ ദിശയിൽ വൈദ്യുതമായി ചാർജ്ജിതമായ കണങ്ങൾ ധാരാളമുണ്ടായിരുന്നു. അത് വളരെ കൂടുതൽ വൈദ്യുതകാന്തികഊർജ്ജം ഉത്പാദിപ്പിച്ചു. അതിന്റെ ഫലമായി ഫോട്ടോണുകളും. ഈ പ്രകാശപ്രവാഹത്തെയാണ് ഇന്ന് നമ്മൾ പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തല വികിരണം (Cosmic background radiation) ആയി കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുള്ളത്. പ്രകാശത്തിന്റെ ഈ യുഗം ദ്രവ്യഘടനയിൽ വമ്പിച്ച മാറ്റം വരുത്തി. ഇലക്ട്രോണുകൾ ഫോട്ടോണുകളുടെ ആക്രമണത്തിൽനിന്നും രക്ഷപ്പെട്ടു. അവ അണുകേന്ദ്രങ്ങളുടെ ചുറ്റും

കടന്നുകൂടി. അങ്ങനെ ഹൈഡ്രജന്റെയും ഹീലിയത്തിന്റെയും അണുകേന്ദ്രങ്ങൾക്ക് ചുറ്റും ഇലക്ട്രോണുകൾ ഭ്രമണം ചെയ്യാൻ തുടങ്ങിയതോടെ ഹൈഡ്രജന്റെയും ഹീലിയത്തിന്റെയും അണുക്കൾ രൂപംകൊണ്ടു. ഈ രണ്ടു വാതകങ്ങളുടെയും രൂപരഹിതമായ കടലായിരുന്നു അപ്പോൾ പ്രപഞ്ചം. അണുക്കൾ രൂപംകൊണ്ടതോടെ രാസപ്രക്രിയ ആരംഭിച്ചു. ഇത് ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതിനുള്ള സാഹചര്യങ്ങൾ സൃഷ്ടിച്ചു. ചാരായവും (alchahol), ഫോർമാൽഡിഹൈഡും (formaldehyde) നക്ഷത്രാന്തരീയ മേഘങ്ങളിൽ രൂപംകൊണ്ടു. അതാണ് പിന്നീട് ആദ്യകാലഭൂമിയിലെ സമുദ്രങ്ങളിൽ ജൈവതന്മാത്രകൾക്ക് (biotic molecules) അടിസ്ഥാനമായത്.

കാലത്തിന്റെ തുടക്കത്തിന് 10 കോടി വർഷങ്ങൾക്കു ശേഷം പ്രപഞ്ചം ഹൈഡ്രജൻ വാതകത്തിന്റെയും ഹീലിയം വാതകത്തിന്റെയും ഇരുണ്ട ഒരു മിശ്രിതമായിരുന്നു. അവിടെയും ഇവിടെയും പ്രാക് ഗാലക്സികളുടെ പ്രാക്രൂപങ്ങൾ ഉണ്ടായി. ഒരുതരം വാതകച്ചുഴികളായിരുന്നു അവ. നക്ഷത്രങ്ങളൊന്നും ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. കാലം ആരംഭിച്ച് നൂറുകോടി വർഷങ്ങൾ കഴിഞ്ഞപ്പോൾ പ്രാക് ഗാലക്സികൾ രൂപംകൊണ്ടു. നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സി അന്ന് വളരെ ചെറുപ്പമായിരുന്നു. അതിന്റെ കേന്ദ്രഭാഗം കത്തിജ്വലിക്കുകയായിരുന്നു. നടുക്ക് നീലവെള്ള ക്വസാറുകൾ മാത്ര മായിരുന്നു ഉണ്ടായിരുന്നത്. ഗാലക്സിരൂപീകരണപ്രക്രിയ അന്ന് നടന്നു. ചുഴിപോലെ ചുറ്റുന്ന വാതകമേഘങ്ങളുടെ ഗർഭപാത്രത്തിൽ ആദ്യത്തെ നക്ഷത്രക്കുഞ്ഞുങ്ങൾ പിറന്നു. ഇവയാണ് ആദ്യതലമുറയിലെ നക്ഷത്രങ്ങൾ. വിർഗോ സൂപ്പർ ക്ലസ്റ്ററിലെ (Virgo super cluster) നമ്മുടെ അയൽപക്ക ഗാലക്സി ഇന്നുള്ളതിലും വളരെ അടുത്തായിരുന്നു. ഇതിന് കാരണം പ്രപഞ്ചം ഇന്നത്തെയത്ര അന്ന് വികസിച്ചിരുന്നില്ല. ഈ ഘട്ടത്തിൽ പ്രപഞ്ചം വളരെ റേഡിയോ ആക്ടീവ് ആയിരുന്നു. പ്രാപഞ്ചികരശ്മികൾ (cosmic rays) നിരന്തരം വർഷിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നു. ഈ കാലഘട്ടത്തെ 'ക്വസാറുകളുടെ യുഗം' എന്നു പറയുന്നു.

പ്രപഞ്ചത്തിന് ഒരു വയസ്സായപ്പോൾ അതിന്റെ താപനില നക്ഷത്രകേന്ദ്രത്തിലെ താപനിലയത്തേക്കാൾ കൂടുതലായിരുന്നു. ഒരു മാസം പ്രായം ഉണ്ടായിരുന്നപ്പോൾ അതിന്റെ താപം സൂര്യകേന്ദ്രതാപത്തെ കടത്തിവെട്ടുന്നതായിരുന്നു. ഒരു മാസത്തിനു മുൻപ് ഉണ്ടായിരുന്ന താപനില 100 കോടി കെൽവിനായിരുന്നു. (0°കെൽവിൻ = 273.18° സെൽഷ്യസ്, 0°സെൽഷ്യസ് = 273.18 കെൽവിൻ, 373.18 കെൽവിൻ = 100° സെൽഷ്യസ്). കാലതുടക്കത്തിന് ശേഷം 3 മിനിട്ട് 42 സെക്കൻഡിൽ പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണും ഒരുമിച്ചുചേർന്ന് അണുകേന്ദ്രം ഉണ്ടായി. അണുകേന്ദ്രത്തിന് സ്ഥിരത കൈവന്നു. പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണും ചേർന്ന് ഡ്യൂട്ടീരിയം (ഹൈഡ്രജന്റെ ഒരു രൂപം) അണുകേന്ദ്രവും ഡ്യൂട്ടീരിയം അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ ചേർന്ന് ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രവും ഉണ്ടാകുന്നു (രണ്ട് പ്രോട്ടോണും രണ്ട് ന്യൂട്രോണും). പ്രപഞ്ചം ഈ സമയത്ത് കാൽ പങ്ക് ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രങ്ങൾകൊണ്ടും മുക്കാൽ പങ്ക് ഹൈഡ്രജൻ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾകൊണ്ടും ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ടതായിരുന്നു. ഇതിനു മുൻപ് 1 മിനിട്ട് 40 സെക്കൻഡ് പ്രായം ഉണ്ടായിരുന്നപ്പോൾ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ അസ്ഥിരമായിരുന്നു. ഊർജ്ജനിലവാരം അണുകേന്ദ്രബന്ധനോർജ്ജത്തെ (nuclear

binding energy)ക്കാൾ വളരെ ഉയർന്നതായിരുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ കീറിമുറിക്കപ്പെട്ടു. കാലതുടക്കത്തിനുശേഷം ഏകദേശം ഒരു സെക്കൻഡ് ആയപ്പോൾ നാം കാണുന്നത് ന്യൂട്രിനോകൾ വിയുഗ്മനം (decoupling) ചെയ്യപ്പെടുന്നതാണ്. പതിവ് സംക്രിയകളിൽനിന്ന് ഒരു വിഭാഗം കണങ്ങൾ വേറിടുന്ന പ്രതിഭാസമാണ് വിയുഗ്മനം. ഈ സമയം പ്രപഞ്ചം വളരെ സാന്ദ്രമായിരുന്നു. ഹൈഡ്രജൻബോംബ് സ്ഫോടനത്തിന്റെ താപനിലയായിരുന്നു അപ്പോൾ ഉണ്ടായിരുന്നത്. ന്യൂട്രിനോകളുടെ പ്രവാഹം നടന്നു. ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലം അല്ലാതെ മറ്റൊരു ബലവും ന്യൂട്രിനോകളെ ആകർഷിക്കുകയില്ല. ദുർബലഅണുകേന്ദ്രബലത്തിന്റെ പരിധിയാകട്ടെ വളരെ ചെറുതും. പരിധിയിലുള്ള ഈ പരിമിതി കാരണം ന്യൂട്രിനോകൾ രക്ഷപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെ മോചിതമായ ന്യൂട്രിനോകൾ അന്നുമുതൽ പ്രപഞ്ചത്തിൽ അലഞ്ഞു തിരിഞ്ഞ് നടക്കുകയാണ്. എല്ലാ ദ്രവ്യവസ്തുക്കളിലൂടെയും ഇതു കടന്നുപോകും. ഈ വാചകം നിങ്ങൾ വായിക്കുന്നതിനിടയിൽ സഹസ്രകോടിക്കണക്കിന് ന്യൂട്രിനോകൾ നിങ്ങളുടെ മസ്തിഷ്കത്തിലൂടെ കടന്ന് ചന്ദ്രനപ്പുറം എത്തിക്കാണും.

ഒന്നാമത്തെ സെക്കൻഡിലുണ്ടായ ന്യൂട്രിനോപ്രവാഹം അതിനുശേഷവും നിലനിന്നു. ഇത് പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തല ന്യൂട്രിനോവികിരണം (cosmic neutrino background radiation) ആയി. ഈ ന്യൂട്രിനോകളെ 'പ്രാപഞ്ചികന്യൂട്രിനോകൾ' എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. സൂപ്പർനോവ സ്ഫോടനത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ന്യൂട്രിനോകളെയും ഇതിനെയും തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്നതിനു വേണ്ടിയാണ് ഈ വിഭജനം. ഇന്ന് ന്യൂട്രിനോകളെ ന്യൂട്രിനോടെലസ്കോപ്പ് ഉപയോഗിച്ച് നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയും. അതുവഴി പ്രപഞ്ചത്തിന് ഒരു സെക്കൻറ് പ്രായമുള്ളപ്പോഴുള്ള അവസ്ഥാവിശേഷങ്ങൾ പഠിക്കാം. ഈ സമയത്തെ താപനില 1000 കോടി ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസായിരുന്നു. സൂര്യതാപനിലയുടെ 1000 ഇരട്ടിയാണിത്. വീണ്ടും നമ്മൾ കാലത്തിലൂടെ പിന്നോട്ട് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ പ്രപഞ്ചം അതിസാന്ദ്രവും അത്യുഗ്രതാപനിലയുള്ളതും ആകുന്നു. ഈ അവസ്ഥയിൽ എല്ലാ രൂപങ്ങളും അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നു. ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഘടനതന്നെയും ഇല്ലാതാകുന്നു. തന്മാത്രകളോ അണുക്കളോ അണുകേന്ദ്രങ്ങളോ ഈ സമയത്ത് ഇല്ല. പ്രപഞ്ചപ്രായം 0.1 സെക്കൻഡിൽ ദ്രവ്യകണങ്ങളും ഊർജ്ജകണങ്ങളും താപസന്തുലിതാവസ്ഥയിലായിരുന്നു.

കാലത്തിന്റെ ജനനത്തിനുശേഷം 10^{-6} (0.000001) സെക്കൻഡിൽ പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചം അപ്പോൾ സ്വതന്ത്രക്വാർക്കുകളുടെയും മറ്റ് മൗലികകണങ്ങളുടെയും സമുദ്രമായിരുന്നു. ആ സമയത്തെ ക്വാർക്കുകളെ എണ്ണി തിട്ടപ്പെടുത്താൻ നമ്മൾ ഒരുമ്പെട്ടാൽ നമുക്ക് അദ്ഭുതകരമായ ഒരു കാര്യം കാണാൻ കഴിയും. ഓരോ 100,000,0000 ദ്രവ്യകണങ്ങൾക്ക് 99,999,9999 പ്രതിദ്രവ്യകണങ്ങളുണ്ടായിരുന്നു. ഈ അസമമിതി വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ്. ക്വാർക്ക് പ്രതിക്വാർക്ക് ഉന്മൂലനത്തിന്റെ ഫലമായി അവശേഷിച്ച കുറച്ച് ക്വാർക്കുകൾകൊണ്ടാണ് പിന്നീടുള്ള പ്രപഞ്ചത്തിലെയാകെ ഉള്ള ദ്രവ്യഅണുക്കളെ നിർമ്മിച്ചിരി

ക്കുന്നത്. ഈ അസമമിതിക്കുള്ള കാരണം അജ്ഞാതമാണ്. ആദ്യകാലത്തെ ദ്രവ്യപ്രതിദ്രവ്യസമമിതി തകർച്ചയ്ക്ക് ഇടയാക്കിയത് ഈ അസമത്വം ആണെന്ന് കരുതപ്പെടുന്നു. ഇനി നമ്മൾ എത്തിച്ചേരാൻ പോകുന്നത് പ്രകൃതി നിയമങ്ങൾ തകർച്ചയെ നേരിടാൻ തുടങ്ങുന്ന അവസ്ഥയിലേക്കാണ്. ഇത് കാലത്തിന്റെ തുടക്കത്തിനുശേഷമുള്ള 10^{-11} സെക്കൻഡാണ്. ഇവിടെ ദുർബലഅണുകേന്ദ്രബലവും വൈദ്യുതകാന്തികബലവും ഒന്നാണ്. ഈ ബലത്തെയാണ് 'ഇലക്ട്രോവീക്ക്' ബലം എന്നു പറയുന്നത്. ഈ സമയത്തിനു ശേഷമാണ് വൈദ്യുതകാന്തികബലവും ദുർബലഅണുകേന്ദ്രബലവും തമ്മിലുള്ള സമമിതി ശിഥിലമായത്. ഈ രണ്ടു ബലങ്ങളും സമമിതമായിരുന്ന അവസ്ഥയ്ക്കു തൊട്ടുമുമ്പ് ഗുരുത്വബലം, 'ശക്തഅണു കേന്ദ്രബലം', വൈദ്യുതദുർബലബലം (Electro weak force) എന്നീ മൂന്ന് ബലങ്ങളേ ഉണ്ടായിരുന്നുള്ളൂ. കാലത്തിലൂടെ വീണ്ടും പിന്നോട്ടു സഞ്ചരിച്ചാൽ നമ്മൾ എത്തിച്ചേരുന്നത് അന്ധകാരത്തിന്റെ മരുഭൂമിയിലാണ്. ആ സമയത്തെ അവസ്ഥകളൊന്നും ഭൂമിയിലെ കണികത്വരകങ്ങളിൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടാൻ കഴിയുന്നവയല്ല. എന്നാൽ ഒരു നല്ല ഏകീകരണ സിദ്ധാന്തത്തിന് ഈ അവസ്ഥാവിശേഷം സൈദ്ധാന്തികമായി വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞേക്കും.

ഇൻഫ്ലേഷനറി പ്രപഞ്ചമാതൃകയനുസരിച്ച് കാലതുടക്കത്തിനു ശേഷമുള്ള 10^{-35} സെക്കൻഡ് മുതൽ 10^{-30} സെക്കൻഡ്‌വരെ പ്രപഞ്ചം അതിശീഘ്രം വികസിക്കുന്നു. ഈ ഘട്ടത്തെ ഇൻഫ്ലേഷനറിയുഗം എന്നാണ് പറയുന്നത്. ഈ സമയത്തെ പ്രപഞ്ചവികാസനിരക്ക് ഇന്നത്തെ പ്രപഞ്ചവികാസനിരക്കിന്റെ 10^{50} ഇരട്ടിയായിരുന്നു. ഈ അവസ്ഥയിൽ പ്രപഞ്ചം ശൂന്യാവസ്ഥയിലായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ എല്ലാ ലീന ഊർജ്ജവും ദ്രവ്യവും അതിവേഗതയിൽ വികസിക്കുന്ന നിർവാതം (vacuum)വിഴുങ്ങി. അപ്പോൾ ശൂന്യതയല്ലാതെ യാതൊരു ഭൗതികഘടനയും പ്രപഞ്ചത്തിനുണ്ടായിരുന്നില്ല. 10^{-30} സെക്കൻഡിൽ വികാസം നിലയ്ക്കുകയും ശൂന്യതയിൽനിന്നും കണങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്തു. ബൃഹത്ഏകീകരണസിദ്ധാന്തം (GUT)അനുസരിച്ച് ബലങ്ങളുടെ സമമിതി ശിഥിലമായത് 10^{-35} സെക്കൻഡിലായിരുന്നു. ഏകീകൃതമായിരുന്ന ഇലക്ട്രോഅണുകേന്ദ്രബലം (electro nuclear force) ശക്തഅണുകേന്ദ്രബലമായും ഇലക്ട്രോവീക്ക് ബലമായും വേർപിരിഞ്ഞു. സൂപ്പർ സമമിതി സിദ്ധാന്തം ശരിയാണെങ്കിൽ ഇതിനു മുമ്പ് സമമിതി തകർച്ച സംഭവിച്ചിരിക്കണം. സൂപ്പർ സമമിതി സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പ്രത്യേകത അത് ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തെക്കൂടി ഉൾക്കൊള്ളുന്നു എന്നാണ്.

കാലത്തിലൂടെ വീണ്ടും പിറകോട്ടു പോയി 10^{-43} സെക്കൻഡിലെത്തുമ്പോൾ എല്ലാം അവസാനിക്കുന്നു. പ്രപഞ്ചകവാടം അടയുന്നു. അതിന് മുൻപുള്ള കാലത്തെ പ്ലാങ്ക്‌യുഗം (plank epoch) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. പ്ലാങ്ക്‌യുഗത്തിൽ ഗുരുത്വാകർഷണബലം മാത്രമേയുള്ളൂ. അതപ്പോൾ ശക്തഅണുകേന്ദ്രബലത്തിന് തുല്യമാണ്. ഈ ഘട്ടത്തിൽ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലവാഹികണങ്ങളായ ഗ്രാവിറ്റോൺ മറ്റ് കണങ്ങളിൽനിന്ന് വിയുഗ്മനം ചെയ്യപ്പെട്ട് ഗുരുത്വപശ്ചാത്തലവികിരണം (gravitational background radiation)സൃഷ്ടിക്കുന്നു. പിന്നീട് ഉണ്ടായ ന്യൂട്രിനോകളുടെയും ഫോട്ടോണുകളുടെയും

വിയുഗ്മനംപോലെയാണിത്. ന്യൂട്രിനോകളുടെയും ഫോട്ടോണുകളുടെയും വിയുഗ്മനത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടായ പശ്ചാത്തല വികിരണം കണ്ടുപിടിക്കാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. എന്നാൽ ഗുരുത്വവികിരണം കണ്ടുപിടിക്കാൻ മാർഗ്ഗങ്ങളൊന്നും ഇന്ന് നമുക്കില്ല. പ്രാപഞ്ചികഗുരുത്വ പശ്ചാത്തല വികിരണത്തിന്റെ ഇന്നത്തെ താപനില ഒരു ഡിഗ്രി കെൽവിനാണെന്ന് സൈദ്ധാന്തികമായി കണക്കാക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

പ്ലാങ്ക് യുഗത്തിലേക്കുള്ള കവാടം തുറക്കുന്നതിനുള്ള താക്കോൽ കാണ്ടം ഗുരുത്വസിദ്ധാന്തമാണ്. ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെയും കാണ്ടം ഭൗതികത്തെയും സമന്വയിപ്പിച്ചുകൊണ്ടുള്ള ആധുനിക സൈദ്ധാന്തിക ഭൗതികജ്ഞന്മാർ ആവിഷ്കരിച്ചിട്ടുള്ള ഈ സിദ്ധാന്തവും ഒരു സമ്പൂർണ്ണ ഏകീകൃതസിദ്ധാന്തമല്ല. ഒരു സമ്പൂർണ്ണ ഏകീകൃതസിദ്ധാന്തം കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന പ്രതീക്ഷയാണല്ലോ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ഇന്നുള്ളത്. അത്തരം ഒരു സമ്പൂർണ്ണ ഏകീകൃതസിദ്ധാന്തം കണ്ടുപിടിക്കുന്ന ആൾക്ക് സമയോദയത്തിന്റെ അത്യഗാധതവരെ ദർശിക്കാം. ഇവിടെയാണ് ഉത്പത്തിരഹസ്യങ്ങളുടെ കലവറ. ഇവിടെ സ്ഥലകാലങ്ങൾ കാണ്ടീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇവിടെയും അവിടെയും അന്നും ഇന്നും അതും ഇതും ഇല്ലാത്ത അവസ്ഥയാണ്. ഇവിടെ നാം അന്തിമസത്യം കണ്ടെത്തും, ലളിതമായ സത്യം. എല്ലാം ഒന്നു മാത്രം. ഒരു സമ്പൂർണ്ണഏകീകൃതസിദ്ധാന്തം ഇന്നോ നാളെയോ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടാൽ സമ്പൂർണ്ണതയുടെ ദർശനം സാധ്യമാകും. ഒരു സമ്പൂർണ്ണഏകീകൃതസിദ്ധാന്തത്തിന് 10^{-43} സെക്കൻഡിന് മുമ്പുള്ള 10^{19} ഗിഗാവോൾട്ട് ഊർജ്ജവും 10^{33} കെൽവിൻ താപവുമുള്ള പ്രപഞ്ചത്തെ സമ്പൂർണ്ണമായി വിശദീകരിക്കുവാൻ കഴിയുമെന്നാണ് ആധുനിക പ്രപഞ്ച ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ വിശ്വാസം. എന്നാൽ പ്ലാങ്കുയുഗത്തിലെ അവസ്ഥ ഭൂമിയിൽ പുനഃസൃഷ്ടിക്കുവാനുള്ള കഴിവ് ഇന്ന് നമുക്കില്ല. ഇന്ന് നമ്മൾ നിർമ്മിച്ചിട്ടുള്ള ഏറ്റവും ശക്തമായ സൂപ്പർ കണ്ടക്ടിങ് സൂപ്പർ കൊളൈഡറിന്റെ കോടിക്കണക്കിന് ഇരട്ടി ശക്തിയുള്ള കൊളൈഡറുകൾ വേണം. അതുകൊണ്ട് സമ്പൂർണ്ണ ഏകീകൃതസിദ്ധാന്തം പരീക്ഷണവിധേയമാക്കാൻ പറ്റിയ തരത്തിലുള്ള ഉപകരണങ്ങളുടെ നിർമ്മാണം നമ്മുടെ കഴിവുകൾക്കപ്പുറമാണ്. മഹാവിസ്ഫോടനംതന്നെയാണ് നമുക്ക് കണ്ടെത്താൻ കഴിയുന്ന ഏറ്റവും അനുയോജ്യവും ശക്തവുമായ കണികത്വരകം. തികച്ചും ശരിയായ ഒരു സമ്പൂർണ്ണ ഏകീകൃതസിദ്ധാന്തത്തിന് ഇന്നത്തെ പ്രപഞ്ചത്തിൽ നിലനില്ക്കുന്ന എല്ലാ കണങ്ങളെയുംപറ്റി പ്രവചിക്കാൻ കഴിയും. പ്രപഞ്ചത്തിൽ നിലനില്ക്കുന്ന എല്ലാ കണങ്ങളെയും നമുക്ക് കണ്ടെത്താൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. ചിലതിനെയെല്ലാം കണ്ടെത്താനായിട്ടുണ്ട്. സൂപ്പർസമമിതിസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതും എന്നാൽ ഇന്നും അവശേഷിക്കുന്നതും നമ്മൾ കണ്ടുപിടിക്കാത്തതുമായ നിരവധി കണങ്ങളുണ്ട്. ഇതിനെ നിഴൽദ്രവ്യം (shadow matter) എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്.

പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വളരെ ചെറിയൊരു ഭാഗം മാത്രമേ ദർശനീയമായിട്ടുള്ളു. പ്രപഞ്ചത്തിൽ നാളിതുവരെ കണ്ടുപിടിക്കാത്ത ദ്രവ്യമുണ്ടെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അഭിപ്രായപ്പെടുന്നു. ഇതിനെ കറുത്ത ദ്രവ്യ (dark matter) പ്രശ്നം എന്നാണ് അവർ വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. പ്രപഞ്ചദ്രവ്യത്തിന്റെ

തൊണ്ണൂറു ശതമാനം കറുത്തതാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിൽ നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള ഗാലക്സികളുടെയും നെബുലകളുടെയും ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ പത്ത് ഇരട്ടി കറുത്ത ദ്രവ്യം ഉണ്ട്. ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഉന്നത ഊർജ്ജാവസ്ഥയിൽനിന്നും പുറപ്പെട്ട ഉപആണവകണങ്ങളും കറുത്ത ദ്രവ്യത്തിൽപ്പെടുന്നതാവാം. കറുത്ത ദ്രവ്യത്തിന്റെ സ്വഭാവത്തെക്കുറിച്ച് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് പൂർണ്ണമായ അറിവില്ല. 50 വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പുതന്നെ കറുത്ത ദ്രവ്യം ഉണ്ടെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പ്രവചിച്ചിരുന്നു. എന്നാൽ കഴിഞ്ഞ ദശകത്തിലാണ് അതിനെപ്പറ്റി വിശദമായ പഠനം ആരംഭിച്ചത്. നമുക്ക് കാഴ്ച നല്കുന്ന പ്രകാശം വൈദ്യുതകാന്തികസ്പെക്ട്രത്തിന്റെ ചെറിയൊരു ഭാഗം മാത്രമാണല്ലോ? ജ്യോതിഭൗതികത്തിലെയും കണികഭൗതികത്തിലെയും മുന്നേറ്റങ്ങളാണ് കറുത്തദ്രവ്യത്തെ മനസ്സിലാക്കാൻ നമ്മെ സഹായിച്ചത്. കണികത്വരകങ്ങളുപയോഗിച്ച് 10^{-15} സെൻറീമീറ്റർ ചെറുതായ കണങ്ങളുടെ ഘടനവരെ മനസ്സിലാക്കാം. ആധുനിക ദൂരദർശിനികളുപയോഗിച്ച് പ്രപഞ്ചത്തിൽ 10^{28} സെൻറിമീറ്റർ ദൂരംവരെ കാണാം. കാണ്ടം ഗുരുത്വസിദ്ധാന്തം ഉപയോഗിച്ച് 10^{-33} സെൻറിമീറ്റർ (പ്ലാങ്ക് ദൂരം) വരെ അളന്ന് തിട്ടപ്പെടുത്താം. കറുത്ത ദ്രവ്യം അടിഞ്ഞുകൂടിയിരിക്കുന്നത് ആദിമ തമോഗർത്തങ്ങളിലും ഭീമൻ തമോഗർത്തങ്ങളിലും ന്യൂട്രോൺ നക്ഷത്രങ്ങളിലും വെള്ളക്കുള്ളൻ നക്ഷത്രങ്ങളിലുമാണ്. ആക്സിയോൺ (axions), ന്യൂട്രിനോസ് (neutrinos), ഗ്രാവിറ്റിനോസ് (gravitinos), ഫോട്ടിനോസ് (photinos), ഏകധ്രുവകാന്തം (monopoles) നിഴൽ ദ്രവ്യം എന്നിവയിലുള്ളത് കറുത്ത ദ്രവ്യമാണെന്ന് കരുതപ്പെടുന്നു. മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലുണ്ടായതാണ് ആക്സിയോൺസ്. ഈ കണത്തെ ഇതുവരെ കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. മഹാവിസ്ഫോടന ത്തിൽ പിറന്ന ആക്സിയോണിന്റെ പ്രവേഗം വളരെ ചെറുതാണ്. തണുത്ത കറുത്ത ദ്രവ്യം (cold dark matter) ഇതുകൊണ്ടാവാം ഉണ്ടാക്കപ്പെട്ടതെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ കരുതുന്നു.

പ്രപഞ്ചചരിത്രത്തിൽ സുപ്രധാനമായ പങ്കാണല്ലോ സമമിതിക്കുള്ളത്. സൂപ്പർ സമമിതിസിദ്ധാന്തങ്ങൾ സുന്ദരമാണ്. എന്നാൽ സമ്പൂർണ്ണസമമിതി മൂർത്ത സാഹചര്യത്തിൽ സുന്ദരമാണെങ്കിലും അത് വന്ധ്യമാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് പ്രപഞ്ചപരിണാമം തുടക്കത്തിൽ നിലനിന്നിരുന്ന ദ്രവ്യപ്രതി ദ്രവ്യ സമമിതി അതേപോലെ നിലനിന്നിരുന്നെങ്കിൽ ദ്രവ്യകണങ്ങളും പ്രതിദ്രവ്യ കണങ്ങളും തമ്മിൽ ഏറ്റുമുട്ടി മഹാവിസ്ഫോടനത്തിൽതന്നെ അവ ഉന്മൂലനം ചെയ്യപ്പെടുമായിരുന്നു. നക്ഷത്രങ്ങളെയും ഗ്രഹങ്ങളെയും മനുഷ്യരെയും നിർമ്മിക്കുവാനാവശ്യമായ ദ്രവ്യം അവശേഷിക്കുമായിരുന്നില്ല. ആദിബലം വേർപിരിഞ്ഞ് 4 ബലങ്ങളായി മാറിയിരുന്നില്ലെങ്കിൽ ഇന്ന് നാം കാണുന്ന പ്രപഞ്ചം വ്യത്യസ്തമായിരുന്നേനെ. അത്തരം ഒരു പ്രപഞ്ചം ആവാസ യോഗ്യമാകുമായിരുന്നില്ല. സമമിതി തകർച്ചയുടെ ഫലമായി ഉണ്ടായ അസംപൂർണ്ണതയോട് നമ്മുടെ അസ്തിത്വം കടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. സമമിതമായൊരു പ്രപഞ്ചം എന്നതിനർത്ഥം ജീവന് നിലനില്ക്കാൻ പറ്റാത്ത പ്രപഞ്ചം എന്നാണ്. സമമിതി ഭംഗം ഉണ്ടായ പ്രപഞ്ചമാണ് ജീവന്റെ നിലനില്പിന് അനുയോജ്യമായത്.

പ്രപഞ്ചോത്പത്തി

പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയെക്കുറിച്ചുള്ള ചോദ്യം വളരെ പഴക്കംചെന്നതാണ്. കോഴിയാണോ കോഴിമുട്ടയാണോ ആദ്യം ഉണ്ടായത്? മറ്റൊരു രീതിയിൽ ചോദിച്ചാൽ ആരാണ് പ്രപഞ്ചത്തെ സൃഷ്ടിച്ചത്? ആ സ്രഷ്ടാവിനെ സൃഷ്ടിച്ചതാരാണ്? അല്ലെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചവും അതിന്റെ സ്രഷ്ടാവും എക്കാലവും നിലനിന്നിരിക്കാം. അതിനെ സൃഷ്ടിക്കേണ്ട ആവശ്യം ഇല്ല. ഇത്തരം ചോദ്യങ്ങളിൽനിന്നും ഒഴിഞ്ഞുമാറുന്ന സമീപനമായിരുന്നു മുമ്പ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ സ്വീകരിച്ചിരുന്നത്. ഉത്പത്തിരഹസ്യം മതങ്ങളുടെയും ദർശനങ്ങളുടെയും പരിധിയിൽപ്പെടുന്ന വിഷയങ്ങളായി അന്ന് കരുതപ്പെട്ടു. ഇന്നിത് മതത്തിന്റെയും ദർശനത്തിന്റെയും മേഖലയല്ല. ശാസ്ത്രത്തിന്റേതാണ്. പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയിലെ നിഗൂഢതകൾ ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾകൊണ്ട് നമുക്ക് ഇന്ന് വിശദീകരിക്കാം.

പ്രാചീന ഉത്പത്തിസങ്കല്പങ്ങൾക്ക് നിരീക്ഷണങ്ങളുടെയും പരീക്ഷണങ്ങളുടെയും പിൻബലം ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. ഓരോ പ്രാചീന സമൂഹങ്ങൾക്കും അവരുടേതായ ഉത്പത്തിസങ്കല്പങ്ങളുണ്ടായിരുന്നു. ഭാരതീയ പുരാണങ്ങളിൽ വൈരുദ്ധ്യാത്മകവും ചിന്തോദ്ദീപകങ്ങളുമായ പല സങ്കല്പങ്ങളും ഉണ്ട്. ബ്രഹ്മാണ്ഡം പിളർന്നാണ് സ്രഷ്ടാവായ ബ്രഹ്മാവ് ഉണ്ടായതെന്ന് ഒരു പുരാണത്തിൽ പറയുന്നു. ആദിജലത്തിൽ മഹാവിഷ്ണു ശിശുരൂപത്തിൽ ശയിച്ചുവെന്നും സ്വന്തം ശക്തികൊണ്ട് പ്രകാശവും ഓംകാരശബ്ദവും സൃഷ്ടിച്ചുവെന്നും പറയുന്നു. ഇതിനു ശേഷം വിഷ്ണുവിന്റെ നാഭിയിൽനിന്ന് ഉയർന്നു വന്ന താമരപ്പൂവിൽ ബ്രഹ്മാവ് ഉണ്ടായി. ചതുർമുഖനായ ബ്രഹ്മാവ് എല്ലാ പ്രജാപതികളെയും സൃഷ്ടിച്ചു. അവരിൽനിന്ന് ദേവാസുരന്മാരും, ഋഷിമാരും മനുഷ്യരും തിര്യക്കുകളും ഉണ്ടായി എന്നാണ് പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയെപ്പറ്റിയുള്ള മറ്റൊരു കഥ. വൈഷ്ണവമതത്തിലെ സൃഷ്ടികഥ ഇതിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമാണ്. ചതുർമുഖനായ പ്രപഞ്ചസ്രഷ്ടാവായ ബ്രഹ്മാവ് വിഷ്ണുവിനെ ധ്യാനിച്ചു. അപ്പോൾ അദ്ദേഹം കണ്ടത് ശൂന്യത മാത്രം. ബ്രഹ്മാവ് ദിവ്യശക്തികൊണ്ട് സത്വ രജസ്തമോഗുണങ്ങൾ സൃഷ്ടിച്ചു. പിന്നെ സുവർണ്ണ പ്രപഞ്ചാണ്ഡം പൊട്ടിത്തെറിച്ചു. അതിൽനിന്നും നാരായണൻ സഹസ്രകൈകളോടും കാലുകളോടുംകൂടി പുറത്തു വന്നു. അദ്ദേഹം പ്രപഞ്ചത്തെ സൃഷ്ടിച്ചു. ആദ്യം ആകാശം സൃഷ്ടിച്ചു. ആകാശത്തിൽനിന്നുമാണ് മറ്റെല്ലാം സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടത്. രണ്ടാമത് വായു, മൂന്നാമതായി അഗ്നി, നാലാമത് വെള്ളം, അവസാനം ഭൂമി.

ഈ പഞ്ചഭൂതങ്ങൾ പഞ്ചേന്ദ്രിയങ്ങളെ സൃഷ്ടിച്ചു. ആദ്യം സൃഷ്ടിച്ചത് മനുഷ്യനെയാണ്. പിന്നെ സസ്യങ്ങളും മൃഗങ്ങളും.

നമ്മുടെ വേദങ്ങളിലും ഉപനിഷത്തുകളിലും പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയെ വിവരിക്കുന്ന പ്രസ്താവനകൾ കാണാം. ഋഗ്വേദത്തിലെ പത്താം മണ്ഡലത്തിലെ സുപ്രസിദ്ധമായ സൃഷ്ടിഗീതം നമ്മുടെ പൂർവ്വികരുടെ ധീരവും അദമ്യവുമായ സത്യാന്വേഷണതൃഷ്ണയുടെ മകുടോദാഹരണമാണ്.

'അന്ന് അസത്തുമുണ്ടായിരുന്നില്ല
സത്തുമുണ്ടായിരുന്നില്ല
അപ്പോൾ മൃത്യു ഉണ്ടായിരുന്നില്ല
അമരത്വവും ഉണ്ടായിരുന്നില്ല
രാപകലുകളുടെ യാതൊരു ചിഹ്നവും ഉണ്ടായിരുന്നില്ല
ഏകമായ അത് (തദേകം) സ്വന്തം ആന്തരിക
ശക്തികൊണ്ട് വായുവില്ലാതെ ശ്വസിച്ചു
അതല്ലാതെ അതിനപ്പുറം യാതൊന്നുമുണ്ടായിരുന്നില്ല
അന്ധകാരത്താൽ ആവൃതമായ അന്ധകാരം
അതിന്റെ ഉപപത്തി അമൂർത്തമായ
ശൂന്യതയാൽ ആവൃതമായിരുന്നു.
സ്വന്തം മഹിമകൊണ്ടും താപംകൊണ്ടും
അത് സത്തായിത്തീർന്നു.
ഈ സൃഷ്ടി എവിടെനിന്ന് ഉണ്ടായി
എങ്ങനെ ഉണ്ടായി
അവൻ സൃഷ്ടിച്ചതായിരിക്കാം
അല്ലായിരിക്കാം
ആകാശത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന
അവൻ അറിയുന്നുണ്ടാകാം.
ഒരുപക്ഷേ, അവൻ അറിയുന്നില്ലെന്നും വരാം (ഋഗ്വേദം 10. 129).

ഭാരതീയ ഋഷിമാർ പ്രപഞ്ചം എന്ന അദ്ഭുതപ്രതിഭാസത്തിന്റെ ഉത്ഭവമോ വികാസമോ പരിണാമമോ ഒന്നും ഉറപ്പിച്ച് പറയുന്നില്ല. വേദം പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയെ അലങ്കാരപ്പകിട്ടോടെ വർണ്ണിക്കുകയാണ്. യുക്തിക്ക് നിരക്കാത്ത വിധം ഒരു പ്രപഞ്ചസ്രഷ്ടാവിനെ അവർ സൃഷ്ടിക്കുന്നില്ല. അവർ പ്രപഞ്ച യാഥാർത്ഥ്യത്തെ അംഗീകരിക്കുന്നു. ഇതേപോലെയുള്ള പ്രസ്താവനകൾ 'മനുസ്മൃതി'യിലും 'ഛാന്ദോഗ്യോപനിഷത്തിലും' കാണുന്നുണ്ട്.

ജൂതക്രിസ്ത്യൻ പ്രപഞ്ചസൃഷ്ടി സങ്കല്പം ഇങ്ങനെയാണ്. "ആദിയിൽ ദൈവം ആകാശവും (സ്വർഗ്ഗം) ഭൂമിയും സൃഷ്ടിച്ചു. ഭൂമി പാഴായും ശൂന്യമായും ഇരുന്നു. ആഴത്തിൽ മീതെ ഇരുൾ ഉണ്ടായിരുന്നു. ദൈവത്തിന്റെ ആത്മാവ് വെള്ളത്തിൽ പരിവർത്തിച്ചുകൊണ്ടിരുന്നു. വെളിച്ചം ഉണ്ടാകട്ടെ എന്ന് ദൈവം കല്പിച്ചു. വെളിച്ചം ഉണ്ടായി. വെളിച്ചം നല്ലതെന്നു ദൈവം കണ്ടു. ദൈവം വെളിച്ചവും ഇരുളും തമ്മിൽ വേർപിരിച്ചു. ദൈവം വെളിച്ചത്തിന് പകൽ എന്നും ഇരുളിന് രാത്രി എന്നും പേരിട്ടു. സന്ധ്യയായി ഉഷസ്സുമായി ഒന്നാം ദിവസം." തുടർന്നുള്ള ആറു ദിവസം ദൈവം സൃഷ്ടികർമ്മങ്ങൾ തുടർന്നു. ഒടുവിൽ തന്റെ സ്വന്തം രൂപത്തിൽ മനുഷ്യനെയും സൃഷ്ടിച്ചു.

മതങ്ങളുടെ സൃഷ്ടിവാദത്തിനെതിരായി മറ്റൊരു ശക്തമായ ചിന്താഗതിയും ചരിത്രാരംഭം മുതൽ ഉണ്ടായിരുന്നു. ദൈവത്തിന്റെ ഇടപെടൽ കൂടാതെതന്നെ ഭൂമി, വെള്ളം, അഗ്നി, വായു, ആകാശം എന്നീ പഞ്ചഭൂതങ്ങളുടെ നീണ്ടകാലത്തെ പരിണാമപ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് വൈവിധ്യപൂർണ്ണമായ പ്രപഞ്ചം ഉണ്ടായതെന്നായിരുന്നു അത്. പഞ്ചഭൂതങ്ങൾ ആരാലും സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടവയല്ലെന്നും അവ അനാദിയായി നിലനില്ക്കുന്നതാണെന്നും പുരാതന ഭാരതീയ തത്ത്വചിന്തകന്മാർ വിശ്വസിച്ചിരുന്നു. പുരാതന ഗ്രീക്ക് തത്ത്വചിന്തകന്മാരുടെ പ്രപഞ്ചവും വെള്ളം, വായു, അഗ്നി തുടങ്ങിയ മൂലധാതുക്കളിൽനിന്നും ആവിർഭവിച്ചതായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിന് ഒരു തുടക്കം ഉണ്ടെന്ന ആശയത്തോട് യോജിക്കുന്ന ആളായിരുന്നില്ല ഗ്രീക്ക് ദാർശനികനായിരുന്ന അരിസ്റ്റോട്ടിൽ. പ്രപഞ്ചം എക്കാലവും നിലനിന്നു എന്നും അത് എന്നും നിലനില്ക്കുമെന്നും അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. ശാശ്വതമായിട്ടുള്ളതാണ് സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടതിനേക്കാൾ സമ്പൂർണ്ണമെന്ന് അദ്ദേഹം കരുതി. ആദിയും അന്ത്യവും ഇല്ലാത്തതായിരുന്നു അരിസ്റ്റോട്ടിലിനെപ്പോലെയുള്ളവർക്ക് പ്രപഞ്ചം. പ്രപഞ്ചത്തിൽ ദൈവിക ഇടപെടൽ അദ്ദേഹം ഇഷ്ടപ്പെട്ടില്ല. പ്രപഞ്ചം സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടതാണെങ്കിൽ അതിന് സ്രഷ്ടാവ് ഉണ്ടാകണമല്ലോ? മാനവ പുരോഗതി എങ്ങനെ ഉണ്ടായി എന്നതിന് അരിസ്റ്റോട്ടിലിനും അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശിഷ്യന്മാർക്കും വിശദീകരണം ഉണ്ടായിരുന്നു. ഇടയ്ക്കിടയ്ക്ക് ഉണ്ടായ പ്രളയവും പ്രകൃതിക്ഷോഭങ്ങളും ദുരന്തങ്ങളും മനുഷ്യരാശിയെ വീണ്ടും വീണ്ടും പിന്നോട്ടേക്ക് സംസ്കാരത്തിന്റെ തുടക്കത്തിലേക്ക് കൊണ്ടുപോയി എന്നവർ വാദിച്ചു. ഈ രണ്ട് ചിന്താഗതികളുടെയും മൗലികമായ സവിശേഷത പ്രപഞ്ചം കാലത്തിനനുസരിച്ച് മാറ്റമില്ലാത്തതാണെന്നാണ്. പ്രപഞ്ചം ഒന്നുകിൽ ഇന്നത്തെ രൂപത്തിൽ സൃഷ്ടിച്ചതാവാം. അല്ലെങ്കിൽ ഇന്നത്തേതുപോലെ എക്കാലവും നിലനിന്നതും ഭാവിയിൽ നിലനില്ക്കുന്നതുമാവാം. ഈ ചിന്താഗതി സ്വാഭാവികം മാത്രമാണ്. കാരണം രേഖപ്പെടുത്തിയ ചരിത്രകാലഘട്ടത്തിൽ പ്രപഞ്ചത്തിന് കാര്യമായ എന്തെങ്കിലും മാറ്റം വന്നതായി ആർക്കും നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. ഈ കാലയളവ് പ്രപഞ്ചപ്രായവുമായി തട്ടിച്ചുനോക്കുമ്പോൾ വളരെ ചെറുതുമാണ്.

ഈ ചിന്താസരണികളിൽനിന്നും തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായ മറ്റൊരു ഉത്പത്തിസങ്കല്പം പുരാതന ഭാരതീയദർശനങ്ങളിലുണ്ട്. ഈ സങ്കല്പമനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചം ചാക്രികമാണ്. പരിണാമാത്മകമാണ്. കാശ്മീരി ശൈവസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ആദിയിൽ പ്രപഞ്ചം ഒരു ബിന്ദുവിൽ കേന്ദ്രീകരിച്ചിരുന്നു. ഈ അതിസൂക്ഷ്മമായ പ്രപഞ്ചാണ്ഡം പൊട്ടിത്തെറിച്ചുണ്ടായതാണ് ഇന്ന് നാം കാണുന്ന പ്രപഞ്ചം. സാംഖ്യദർശനമനുസരിച്ച് അവ്യക്തമായ (unmanifest) മൂലപ്രകൃതിയുടെ പരിണാമപ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് വ്യക്തമായ (manifest) പ്രകൃതി അതായത് അചേതനങ്ങളും സചേതനങ്ങളുമായ സർവ്വ ചരാചരങ്ങളുമുണ്ടായത്. അവ്യക്തത്തിൽ പ്രകൃതി സന്തുലിതാവസ്ഥയിലായിരുന്നു. സത്വരജസ്തമോഗുണങ്ങൾ സന്തുലിതമായിരുന്നു. ഈ സന്തുലിതാവസ്ഥ നഷ്ടപ്പെട്ടപ്പോൾ പ്രകൃതിക്ക് പരിണാമം ആരംഭിച്ചു.

സാംഖ്യന്മാർക്ക് സ്രഷ്ടാവായ ദൈവം ഇല്ല. പ്രപഞ്ചം തനിയെ ഉണ്ടായി എന്ന് അവർ പറയുന്നു. ഭാരതീയരുടെ ഷഡ്ദർശനങ്ങളിലെങ്ങും പ്രപഞ്ച സ്രഷ്ടാവായ ഒരു ദൈവത്തെ കാണാനില്ല. ഭാരതീയരുടെ ഈ പ്രപഞ്ചോത്പത്തിസങ്കല്പം ആധുനിക ഉത്പത്തിസങ്കല്പങ്ങളുമായി സാമ്യം ഉണ്ടെങ്കിലും ഇതിന് സൈദ്ധാന്തികാടിത്തറയോ നിരീക്ഷണത്തെളിവുകളോ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. തീർച്ചയായും ഇതൊരു നല്ല സങ്കല്പമായിരുന്നു.

1781-ൽ ഇമ്മാനുവൽ കാൻറ് അദ്ദേഹത്തിൻെറ പ്രസിദ്ധമായ 'ശുദ്ധ കാരണതയുടെ വിമർശനം' (The Critique of Pure Reason) എന്ന കൃതിയിൽ പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കം ഉണ്ടായിരുന്നോ എന്ന് പരിശോധിക്കുന്നു. ഈ പുസ്തകത്തിലെ കാൻറിൻെറ നിഗമനാനുമാനങ്ങൾ നിരീക്ഷണങ്ങളെ ആസ്പദമാക്കി ആയിരുന്നില്ല; വെറും യുക്തിചിന്തയിൽനിന്നും രൂപംകൊണ്ടതായിരുന്നു അത്. എന്നാൽ പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കമുണ്ടെന്ന് യുക്തിയുക്തം നിർദ്ദേശിച്ച ആദ്യത്തെ ദാർശനികൻ കാൻറായിരുന്നു. ശാസ്ത്രപുരോഗതിയുടെ ഫലമായി 19-ാം നൂറ്റാണ്ട് ആയപ്പോഴേക്കും പ്രപഞ്ചം കാലത്തിനനുസരിച്ച് മാറ്റത്തിന് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു എന്നതിന് തെളിവുകൾ ഉണ്ടായി. ഭൂഗർഭശാസ്ത്രം ഭൂമിക്ക് കോടിക്കണക്കിന് വർഷത്തെ പഴക്കം ഉണ്ടെന്ന് തെളിയിച്ചു. രണ്ടാം താപഗതികനിയമം കണ്ടുപിടിച്ചതോടെ പ്രപഞ്ചത്തിന് ഇതിനെക്കാളേറെ പ്രായമുണ്ടെന്ന് വ്യക്തമായി. രണ്ടാം താപഗതികനിയമമനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചത്തിൻെറ മൊത്തം അവ്യവസ്ഥ അഥവാ ക്രമരാഹിത്യം കാലത്തിനനുസരിച്ച് വർദ്ധിക്കുന്നു. ഈ നിയമത്തിൽനിന്ന് രണ്ട് കാര്യങ്ങൾ സ്പഷ്ടമായി. പ്രപഞ്ചത്തിന് എൻട്രോപ്പിയെന്ന ഗുണം ഉണ്ട്. എല്ലാ താപസ്രോതസ്സുകളും കാലം കഴിയുമ്പോൾ ചൂടാറും. വിദൂര ഭാവിയിൽ പ്രപഞ്ചത്തിൻെറ താപം ഇല്ലാതാകും. അതിൻെറ ഫലമായി പ്രപഞ്ചത്തിന് താപനാശം (thermal death) സംഭവിക്കും. ഈ നിയമമനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചത്തിന് നിശ്ചിതകാലമേ നിലനില്പുള്ളൂ. പ്രപഞ്ചം സാന്തമാണെന്ന വാദത്തിനിത് ശക്തി പകർന്നു. ന്യൂട്ടൻെറ ചലനനിയമങ്ങൾ പ്രപഞ്ചം അചരമല്ലെന്നതിന് സൂചന നല്കിയിരുന്നല്ലോ. ഗുരുത്വം എല്ലായ്പോഴും ആകർഷണമായതുകൊണ്ട് പ്രപഞ്ചം അനന്തവും അചരവും ആകാനുള്ള സാധ്യതയില്ല. നക്ഷത്രങ്ങൾ താഴെ വീഴാതിരിക്കുന്നത് ഒരേ സമയം അവ പരസ്പരം ആപേക്ഷികമായി ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതു കൊണ്ടാണ്. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കവും ഒടുക്കവും ഉണ്ടെന്ന് പ്രവചിച്ചു.

ആധുനിക ശാസ്ത്രത്തിൻെറയും സാങ്കേതികവിദ്യയുടെയും ഉദയത്തോടെ പ്രപഞ്ചോത്പത്തിസിദ്ധാന്തങ്ങൾക്ക് പുതിയൊരു മാനം ലഭിച്ചു. ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തിൻെറയും ക്വാണ്ടം ഭൗതികത്തിൻെറയും വെളിച്ചത്തിൽ ഉത്പത്തിരഹസ്യം തേടി. അവർക്ക് പ്രപഞ്ചം എങ്ങനെ തുടങ്ങി, എപ്പോൾ തുടങ്ങി എന്നീ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് പൂർണ്ണമായ ഉത്തരങ്ങൾ ഇപ്പോൾ നല്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ലെങ്കിലും അത് അനതിവിദൂര ഭാവിയിൽ നല്കാൻ കഴിയുമെന്ന ശുഭാപ്തിവിശ്വാസമാണുള്ളത്. ഉത്പത്തി എക്കാലവും അജ്ഞാതമായിരിക്കുമെന്ന് ദൃഢമായി വിശ്വസിക്കുന്ന

ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും ഉണ്ട്. പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയെ സംബന്ധിച്ച് രണ്ട് ആധുനിക പരികല്പനകളാണുള്ളത്. 1. നിർവാത ഉത്പത്തി (Vacuum genesis). 2. ക്വാണ്ടം ഉത്പത്തി (Quantum genesis).

നിർവാത ഉത്പത്തിസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചം ശൂന്യതയിൽ നിന്നും ആരംഭിച്ചു. ഈ ഉത്പത്തിസിദ്ധാന്തത്തിന് അഭിമുഖീകരിക്കേണ്ടിവന്ന മുഖ്യപ്രശ്നം എങ്ങനെ എന്തോ ഒന്ന് ഒന്നുമില്ലായ്മയിൽനിന്നും വന്നു എന്നതായിരുന്നു. 'എന്തോ ഒന്ന്' എന്നതുകൊണ്ട് നാം അർത്ഥമാക്കുന്നത് ദ്രവ്യവും ഊർജ്ജവും സ്ഥലവും കാലവുമാണ്. അതായത് നാം ജീവിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചം. എന്താണ് ഒന്നുമില്ലായ്മ എന്ന ചോദ്യത്തിനുത്തരം കണ്ടെത്താൻ വിഷമമാണ്. ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികത്തിൽ ഒന്നുമില്ലായ്മ എന്നതിനർത്ഥം ദ്രവ്യകണങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള നിർവാതം, ശൂന്യസ്ഥലം എന്നാണ്. ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികത്തിന്റെ ഈ കാഴ്ചപ്പാട് ക്വാണ്ടം ഭൗതികം നിഷേധിക്കുന്നു. ക്വാണ്ടം നിർവാതം ഒരിക്കലും യഥാർത്ഥത്തിൽ ശൂന്യമല്ല. അത് കല്പിതകണങ്ങൾകൊണ്ട് പൂരിതമാണ്. കല്പിതകണങ്ങൾ ഹൈസൻബെർഗിന്റെ അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വമനുസരിച്ചാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. ക്വാണ്ടം ഭൗതികമനുസരിച്ച് ഓരോ ദ്രവ്യകണവും കല്പിതകണങ്ങളാലും പ്രതികണങ്ങളാലും വലയംചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അവ ശൂന്യതയിൽനിന്ന് നുരഞ്ഞ് പൊങ്ങുകയും നിരന്തരം അന്യോന്യക്രിയയിലേർപ്പെട്ട് അപ്രത്യക്ഷമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. കല്പിതകണങ്ങളുടെ സൃഷ്ടിയും സംഹാരവും നിരന്തരം നടക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു സ്വതന്ത്ര പ്രോട്ടോൺ ഒറ്റയ്ക്കല്ല സഞ്ചരിക്കുന്നത്. അതിനു ചുറ്റും കല്പിത ഫോട്ടോണുകളുടെ വലയം ഉണ്ടായിരിക്കും. ഈ കല്പിത ഫോട്ടോണുകൾ പ്രോട്ടോണിന്റെ സ്വഭാവത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. നക്ഷത്രപ്രകാശം കല്പിതകണങ്ങൾ നിലനില്ക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ്. കല്പിതകണങ്ങളില്ലെങ്കിൽ ന്യൂക്ലിയർ പ്രക്രിയ (അണുകേന്ദ്രസംയോജനം) നടക്കില്ല.

ക്വാണ്ടം നിർവാതം ഇളകിമറിയുന്ന പ്രക്ഷുബ്ധമായ കടൽപോലെയാണ്. അതിൽനിന്നും കല്പിതകണങ്ങൾ നിരന്തരം ഉയർന്നു പൊങ്ങുകയും പ്രശമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ വെറുമൊരു സങ്കല്പമല്ല. ഇതൊരു നഗ്നയാഥാർത്ഥ്യമാണ്. ക്വാണ്ടം നിർവാതത്തിൽ നടക്കുന്ന ഈ പ്രക്രിയയുടെ ഫലമായിട്ടാണ് ടെലിവിഷനുകളും കമ്പ്യൂട്ടറുകളും പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. കല്പിതകണങ്ങളുടെ അല്പകാല അസ്തിത്വത്തെ ഭരിക്കുന്ന നിയമങ്ങൾ അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വത്തെയും ദ്രവ്യമാനഊർജ്ജസംരക്ഷണനിയമത്തെയും അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ളവയാണ്. കല്പിതകണങ്ങളുടെ സംഭവ്യതാ ആവൃത്തിയും (probable frequency) ദ്രവ്യമാനവും ആയുസ്സും ശൂന്യസ്ഥലത്തിന്റെ അഥവാ നിർവാതത്തിന്റെ ഊർജ്ജനിലവാരത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. താഴ്ന്ന ഊർജ്ജനിലവാരത്തിൽ ഭാരം ഉള്ള കണങ്ങളായ ഡബ്ല്യൂ, ഇസഡ് ബോസോൺപോലുള്ളവയ്ക്ക് നിലനില്പില്ല. അവയുടെ നില നില്പിന് വളരെ ഉയർന്ന ഊർജ്ജനിലവാരം വേണം. അതുകൊണ്ടാണ് ഈ ബോസോണുകളെ ഇന്ന് നമ്മൾ പ്രകൃതിയിൽ കണ്ടുമുട്ടാത്തത്. വളരെ ഉയർന്ന ഊർജ്ജനിലവാരമുള്ള കണികത്വരകങ്ങളിൽ ഇവയെ സൃഷ്ടി

ക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് നമ്മൾ കണ്ടതാണല്ലോ. ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഉയർന്ന ഊർജ്ജനിലവാരത്തിൽ ഡബ്ല്യൂ, ഇസഡ് ബോസോണുകൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു. ഇതാണല്ലോ ഇലക്ട്രോവീക്ക് സിദ്ധാന്തത്തിന് ആധാരമായ ആശയം.

നിർവാത ഉത്പത്തി പരികല്പനപ്രകാരം എല്ലാം ശൂന്യതയിൽനിന്ന് ഉദ്ഭവിച്ചു. ഭൂമിയുടെ അത്രതന്നെ ഭാരം ഉള്ള കണം വേണമെങ്കിലും ശൂന്യതയിൽനിന്ന് സൃഷ്ടിക്കാം എന്നാണ് നിർവാത ഉത്പത്തി സങ്കല്പം. ശതകോടിക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് നിർവാതത്തിൽനിന്നും ഉയർന്നുവന്ന അസാധാരണ ഭാരമുള്ള ഒരു കല്പിതകണത്തിൽനിന്നാണ് ഈ മഹാപ്രപഞ്ചം ഉണ്ടായതെന്നാണ് നിർവാത ഉത്പത്തി സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പരികല്പന. നിർവാത ഉത്പത്തിയെക്കുറിച്ച് ചിന്തിച്ച ആദ്യത്തെ ഭൗതികജ്ഞൻ എഡ്വേർഡ് ട്രയോൺ (Edward Tryon) ആയിരുന്നു. അതിശയകരവും അസാധാരണവുമായ ഈ പരികല്പനയുടെ പ്രചാരകനായിരുന്നു അദ്ദേഹം. ട്രയോൺ വെയിൻബെർഗിന്റെ ശിഷ്യനും കൊളംബിയാ സർവകലാശാലയിലെ പ്രൊഫസറുമായിരുന്നു. ഒരു വെളിപാടുപോലെയാണ് നിർവാത ഉത്പത്തി അദ്ദേഹത്തിന്റെ മനസ്സിലുദിച്ചത്. 1969-ൽ ലോകപ്രശസ്ത ആംഗലപ്രപഞ്ചശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഡെന്നീസ് സിയാമ(Dennis Sciama) കൊളംബിയാ സർവ്വകലാശാലയിൽ ഉത്പത്തിയെപ്പറ്റി നടത്തിയ പ്രഭാഷണം ട്രയോൺ കേട്ടുകൊണ്ടിരുന്ന അവസരത്തിലാണ് അദ്ദേഹത്തിന് ഈ ആന്തരികപ്രേരണ ഉണ്ടായത്. സിയാമയുടെ പ്രഭാഷണത്തിൽ ലയിച്ചുചേർന്ന് ട്രയോൺ ഒരു സ്വപ്നത്തിൽനിന്നും ഉണർന്നപോലെ പ്രഭാഷണം തടസ്സപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ട് ഉച്ചത്തിൽ വിളിച്ചുപറഞ്ഞു:" പ്രപഞ്ചം ഒരു നിർവാത ആന്തോളന(vacuum flux)ത്തിലാണ്." ട്രയോണിന്റെ ഈ വെളിപ്പെടുത്തലിനെ അദ്ദേഹത്തിന്റെ സുഹൃത്തുക്കൾ കളിയാക്കി. ഈ സംഭവത്തിന് മൂന്ന് വർഷങ്ങൾക്കുശേഷം പ്രപഞ്ചം എങ്ങനെ ഒന്നുമില്ലായ്മയിൽനിന്നും ഒരു കാണ്ടം ആന്തോളനമായി വിസ്ഫോടനത്തോടെ ഉദ്ഭവിച്ചു എന്ന് ട്രയോൺ വിശദീകരിച്ചു. ട്രയോണിന്റെ ഉത്പത്തിസിദ്ധാന്തത്തിന് അടിസ്ഥാനമായത് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അറ്റ ഊർജ്ജം പൂജ്യമാണെന്ന യാഥാർത്ഥ്യമാണ്. മഹാവിസ്ഫോടനത്തിലുണ്ടായ ഊർജ്ജവും നക്ഷത്രപ്രകാശത്തിന്റെ ഊർജ്ജവും നക്ഷത്രങ്ങളുടെയും ഗ്രഹങ്ങളുടെയും ഘനീഭവിച്ച ഊർജ്ജമായ ദ്രവ്യവും എല്ലാംകൂടി കൂട്ടിയാൽ കിട്ടുന്ന സംഖ്യ വളരെ വലിയ ഒരു ധനാത്മകതുകയാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഈ മൊത്തം ദ്രവ്യവും ഊർജ്ജവും സ്വയം ഗുരുത്വാകർഷണംകൊണ്ട് ആകർഷിക്കുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിലെ സർവ്വവ്യാപിയായ ഗുരുത്വാകർഷണം ഋണാത്മകമാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിലെ മൊത്തം ദ്രവ്യത്തിന്റെയും ഊർജ്ജത്തിന്റെയും ധനാത്മക ഊർജ്ജവും ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ ഋണാത്മക ഊർജ്ജവും തമ്മിൽ നിരസിച്ച് അന്യോന്യം ഇല്ലാതാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അറ്റ ഊർജ്ജം പൂജ്യമാകുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അറ്റ ഊർജ്ജം പൂജ്യമാണെങ്കിൽ ഊർജ്ജസംരക്ഷണനിയമം ലംഘിക്കാതെ ശൂന്യതയിൽനിന്ന് അതിന് രൂപം കൊള്ളാൻ കഴിയും. രണ്ട് പൂജ്യങ്ങൾ കൂട്ടുമ്പോൾ പൂജ്യം കിട്ടുന്നതുകൊണ്ട്

ഊർജ്ജസംരക്ഷണനിയമം ലംഘിക്കാതെ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ധനാത്മകമായ ദ്രവ്യമാന ഊർജ്ജം ഇരട്ടിക്കുമ്പോൾ ഋണാത്മകഗുരുത്വാകർഷണ ഊർജ്ജം ഇരട്ടിക്കുന്നു. അതായത് പ്രപഞ്ചവലിപ്പം ഇരട്ടിയാകുമ്പോൾ ധനാത്മക ദ്രവ്യമാന ഊർജ്ജവും ഋണാത്മകഗുരുത്വാകർഷണഊർജ്ജവും ഇരട്ടിയാകുന്നു. അതുകൊണ്ട് മൊത്തം ഊർജ്ജം സ്ഥിരമായി പൂജ്യമായിത്തന്നെ നിലനില്ക്കുന്നു. മറ്റൊരു രസകരമായ കാര്യം ഭൂമിയുടെയോ മറ്റേതെങ്കിലും വസ്തുവിന്റെയോ ഗുരുത്വാകർഷണവലയത്തിന്റെ പൊട്ടൻഷ്യൽ ഏക ദേശം അതിന്റെ മൊത്തം ഊർജ്ജത്തിന് തുല്യമായിരിക്കും. മൊത്തം ഊർജ്ജം $E=mC^2$ എന്ന സമീകരണം ഉപയോഗിച്ചു കണ്ടുപിടിക്കാം.

പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അറ്റ ഊർജ്ജം പൂജ്യമാണോ? ഈ ചോദ്യത്തിനുള്ള ഉത്തരം പ്രപഞ്ചവികാസനിരക്കിന്റെ മന്ദീഭവിക്കലിൽനിന്നു കണ്ടുപിടിക്കാമെന്ന് ട്രയോൺ മനസ്സിലാക്കി. മഹാവിസ്ഫോടനസമയത്ത് ഉണ്ടായ അതിശക്തമായ തള്ളലിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് പ്രപഞ്ചം വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഗാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പരഗുരുത്വാകർഷണംമൂലം പ്രപഞ്ചവികാസനിരക്ക് കാലത്തിനനുസരിച്ച് കുറഞ്ഞുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. കുറഞ്ഞുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന വികാസനിരക്കിൽനിന്നും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മൊത്തത്തിലുള്ള ദ്രവ്യമാനസാന്ദ്രത (mass density) കണ്ടുപിടിക്കാം. പ്രപഞ്ചദ്രവ്യമാനസാന്ദ്രതയെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നതിന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഉപയോഗിക്കുന്ന പ്രതീകം ഒമേഗാ എന്ന ഗ്രീക്ക് അക്ഷരമാണ്. ഒമേഗ ഒന്നിന് തുല്യമോ ഒന്നിൽ കുറവോ ആണെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചവികാസം തടഞ്ഞു നിർത്താൻ ആവശ്യമായ ദ്രവ്യമാനസാന്ദ്രത പ്രപഞ്ചത്തിന് ഇല്ലെന്നർത്ഥം. പ്രപഞ്ചം എക്കാലവും വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും. ജ്യാമിതീയമായി ഇത്തരം ഒരു പ്രപഞ്ചത്തെ തുറന്ന(open)തായിട്ടാണ് കരുതപ്പെടുന്നത്. ഇതിന്റെ സ്ഥലവക്രത ഹൈപ്പർബോളികമായിരിക്കും. ഒമേഗ ഒന്നിനെക്കാൾ കൂടുതലാണെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചവികാസം ഒടുവിൽ നിലയ്ക്കുകയും അതിനു ശേഷം അത് ചുരുങ്ങിച്ചുരുങ്ങി ഒരു തീപ്പന്തമായി മാറുകയും ചെയ്യും. ഒമേഗ ഒന്നിന് കൃത്യമായി തുല്യമാണെങ്കിൽ വികാസം എന്നന്നേക്കും തുടർന്നു കൊണ്ടിരിക്കും. പ്രപഞ്ചം ഒരിക്കലും നിലയ്ക്കില്ല.

ട്രയോണിന്റെ പരികല്പന അനുസരിച്ച് ഒമേഗ ഒന്നിന് തുല്യമോ ഒന്നിനേക്കാൾ കുറവോ ആയിരുന്നു. ഇതിനർത്ഥം പ്രപഞ്ചം തുറന്നതോ അടഞ്ഞതോ അല്ലെന്നാണ്. പ്രപഞ്ചം തുറന്നതോ അടഞ്ഞതോ അല്ലെങ്കിൽ പൂർണ്ണമായിട്ട് പരന്നതോ അല്ല. ലോകപ്രശസ്ത ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരായ അലൻസാൻഡേജും താമ്മാനും (Tammann) ട്രയോണിന്റെ നിഗമനത്തോട് യോജിക്കുന്നു.

അവരുടെ അഭിപ്രായത്തിൽ പ്രാപഞ്ചികസ്ഥലം തുറന്നതോ അടഞ്ഞതോ അല്ല. എന്നാൽ അത് പൂർണ്ണമായി പരന്നതോ അല്ലെങ്കിൽ ഏകദേശം പരന്നതോ ആണ്. പ്രപഞ്ചം പൂർണ്ണമായി പരന്നതോ ഏകദേശം പരന്നതോ ആണെങ്കിൽ ഇന്ന് നാം പ്രപഞ്ചത്തിൽ നിരീക്ഷിച്ചിട്ടുള്ളതിനേക്കാൾ വളരെ ഏറെ ദ്രവ്യം ഉണ്ടായിരിക്കുമെന്ന നിഗമനത്തിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരെത്തി. ട്രയോണിന്റെ പ്രപഞ്ചപരികല്പനയുടെ തുടർച്ചയായിരുന്നു പിന്നീട് അവതരിപ്പിക്കപ്പെട്ട പ്രപഞ്ചമാതൃകകൾ.

വർത്തമാനകാല പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മൊത്തത്തിലുള്ള ആകൃതി പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രാരംഭികരൂപവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണ്. ഇന്നത്തെ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ആകൃതി ആദ്യകാല പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ചെറിയ വ്യതിയാനങ്ങളെപ്പോലും ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നത്. ഒരു ക്രിക്കറ്റ് പന്ത് അടിക്കുമ്പോൾ കോണിൽ (angle) ഉണ്ടാകുന്ന ചെറിയ മാറ്റം പന്ത് വീഴുമ്പോൾ നൂറുകണക്കിന് മീറ്ററിന്റെ വ്യത്യാസം ഉണ്ടാകും. സ്റ്റാൻഡേർഡ് മഹാവിസ്ഫോടന മാതൃകയനുസരിച്ച് ഇന്നത്തെ പ്രപഞ്ചം പരന്നതാണ്. പ്രപഞ്ചം ഇപ്പോൾ പരന്നതാണെങ്കിൽ തുടക്കത്തിലത് അവിശ്വസനീയമായ രീതിയിൽ വളരെ പരന്നതായിരിക്കണം. സമയതുടക്കത്തിനു ശേഷം 10^{-43} സെക്കൻഡിൽ ദ്രവ്യസാന്ദ്രത ഏകദേശം 10^{94} ഗ്രാം ഘന സെ. മീ. ആയിരുന്നു. ഒരു സെക്കൻഡ് കഴിഞ്ഞപ്പോൾ പ്രാപഞ്ചികദ്രവ്യമാനസാന്ദ്രത നിർണ്ണായകമൂല്യത്തിന്റെ ഒരുലക്ഷം കോടിയിൽ ഒരു ശതമാനം താഴ്ന്നു. 10^{-35} സെക്കൻഡിൽ നിർണ്ണായകമൂല്യത്തിന്റെ വ്യതിയാനം ഇതിലും ചെറുതായിരുന്നു. ഏതാണ്ട് 10^{49} ന്റെ ഒരു ഭാഗം. ഇത് തികച്ചും യാദൃച്ഛികമായി സംഭവിച്ചതാണോ? അതോ അല്ലയോ? പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രാരംഭസ്ഥിതിയിൽ ദ്രവ്യസാന്ദ്രത നമുക്ക് ഇഷ്ടമുള്ള അളവിൽ സങ്കല്പിച്ച് സമീകരണങ്ങളുണ്ടാക്കാം. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രാരംഭാവസ്ഥയെന്നത് കേവലമല്ല. സമയതുടക്കത്തിനു ശേഷം 10^{-43} സെക്കൻഡ് വരെയുള്ള സമ യത്തെ ദ്രവ്യത്തിന്റെയും സ്ഥലകാലത്തിന്റെയും അവസ്ഥ കൃത്യമായി കണക്കുകൂട്ടാൻ നാളിതുവരെ ആർക്കും കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. അതുകൊണ്ട് പ്ലാങ്ക് സമയത്തിന് ശേഷമുള്ള ഏതെങ്കിലും ബിന്ദുവിലെ അവസ്ഥയാണ് പ്രപഞ്ച ത്തിന്റെ പ്രാരംഭാവസ്ഥയായി ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ എടുക്കുന്നത്. പല കാര്യങ്ങൾക്കും ഈ സ്ഥിതിയെടുത്താൽ മതിയാകും. പ്ലാങ്ക് സമയത്തിന് ശേഷമുള്ള പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അതിദ്രുതവികാസമാണ് പ്രപഞ്ചപരപ്പിന് കാരണം.

മറ്റൊരു രീതിയിലും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പരന്ന ജ്യാമിതിക്ക് വിശദീകരണം ഉണ്ട്. പരന്ന പ്രപഞ്ചം മനുഷ്യന്റെ നിലനില്പിന് അനുപേക്ഷണീയമാണെന്നുള്ള കാഴ്ചപ്പാടിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിന് ഇന്നു നാം കാണുന്നത്ര പരപ്പ് ഇല്ലായിരുന്നെങ്കിൽ നമ്മൾ ഇവിടെ ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചതുടക്കത്തിലെ ദ്രവ്യസാന്ദ്രത യഥാർത്ഥത്തിലുണ്ടായിരുന്നതിനേക്കാൾ അല്പം കൂടുതലായിരുന്നെങ്കിൽ നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും ജീവനും പരിണമിച്ചുണ്ടാകുന്നതിന് വളരെ മുൻപുതന്നെ പ്രപഞ്ചവികാസം നിലയ്ക്കുകയും പ്രപഞ്ചം ഒരു തകർച്ചയെ നേരിടുകയും ചെയ്യേനെ. പ്രപഞ്ച തുടക്കത്തിലുണ്ടായിരുന്ന ദ്രവ്യസാന്ദ്രത യഥാർത്ഥത്തിലുണ്ടായിരുന്നതിനേക്കാൾ അല്പം കുറവായിരുന്നെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചം അതിവേഗതയിൽ വികസിക്കുമായിരുന്നു. ഇത്തരം ഒരു പ്രപഞ്ചത്തിൽ ആദിമ വാതകപടലങ്ങളിൽനിന്നും നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും ജനിക്കുമായിരുന്നില്ല. ഈ ആശയത്തിൽനിന്നും രൂപംകൊണ്ടതാണ് മാനവികതാതത്ത്വം. പ്രപഞ്ചം ഇന്നുള്ള രീതിയിലായതുകൊണ്ട് നാം അതിനെ കാണുന്നു. മറ്റൊരു തരത്തിലായിരുന്നെങ്കിൽ നാംതന്നെ ഇവിടെ കാണുമായിരുന്നില്ല എന്ന സത്യം മാനവികതാതത്വം അവതരിപ്പിക്കുന്നു. ഗാലക്സികളിലും നക്ഷത്ര

ങ്ങളിലും ഇന്നത്തെപ്പോലെ ദ്രവ്യം കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നതിനിടയാക്കുന്ന തരത്തിൽ മാത്രമേ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രാരംഭസ്ഥിതിയിൽ മാറ്റം ഉണ്ടായുള്ളൂ.

1981-ൽ അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞനായ അലൻഗൂത്ത് (Alan Guth) ആദ്യമായി ഇൻഫ്ലേഷനറി പരികല്പന അവതരിപ്പിച്ചു. ആദ്യകാല പ്രപഞ്ചം ശീഘ്രലതയേറിയ ഒരു വികാസത്തിലൂടെ കടന്നു പോയിരിക്കാമെന്ന് അദ്ദേഹം നിർദ്ദേശിച്ചു. ഈ വികാസത്തെയാണ് ഇൻഫ്ലേഷൻ എന്നു പറയുന്നത്. ഗൂത്തിന്റെ പരികല്പനയനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഇന്നത്തെ ദൈർഘ്യ വികാസ (linear expansion) നിരക്കിനേക്കാൾ വളരെ ഉയർന്ന വേഗതയിലായിരുന്നു ആദ്യകാല പ്രപഞ്ചം വികസിച്ചത്. ഈ ഘട്ടത്തിൽ ചരഘാതാങ്കിതമായി (exponantially) പ്രപഞ്ചം വികസിച്ചു. ശക്തഅണു കേന്ദ്രബലത്തിൽനിന്നും ഇലക്ട്രോവീക്ക് ബലം വേർപിരിയാൻ തുടങ്ങിയപ്പോഴാണ് ഇൻഫ്ലേഷൻ ആരംഭിക്കുന്നത്. അവ വേർപിരിയുന്നതിന് മുമ്പുതന്നെ ഇൻഫ്ലേഷൻ പൂർത്തിയാക്കുകയുംചെയ്തു. ഈ സമയത്ത് പ്രപഞ്ചതാപം വളരെ താണു. ഈ സൂപ്പർ കൂളിങ്ങാണ് ഇൻഫ്ലേഷന് കാരണമായത്. ശക്തഅണുകേന്ദ്രബലവും ഇലക്ട്രോവീക്ക് ബലവും ഒന്നായിരുന്ന ബൃഹത് ഏകീകരണ യുഗം എത്തുമ്പോഴേക്കും സ്ഥലം പരന്നതും സ്നിഗ്ദ്ധവും ആയിത്തീരുന്നു. പ്രപഞ്ചം പരന്നതാണ് എന്നതിനർത്ഥം അത് തുറന്നതോ അടഞ്ഞതോ അല്ലെന്നാണ്. ഈ രണ്ട് അവസ്ഥകൾക്കിടയിലാണ്. മിക്കവാറും പരന്നതാണ്. ഗൂത്തിന്റെ പ്രപഞ്ചമാതൃകയിൽ ആദ്യകാല പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വികാസം അതിശീഘ്രമായതുകൊണ്ടാണ് ഇന്ന് നാം കാണുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പരപ്പ്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പരന്ന സ്വഭാവം (ആകൃതി) വിശദീകരിക്കുവാൻ ഇൻഫ്ലേഷനറി പരികല്പനയ്ക്ക് കഴിഞ്ഞു.

പ്രപഞ്ചപരപ്പിന് മറ്റൊരു വിശദീകരണം പ്രിൻസ്റ്റൺ സർവ്വകലാശാലയിലെ ഭൗതികജ്ഞനായിരുന്ന റോബർട്ട് ഡിക് (Robert Dicke) മുന്നോട്ട് വയ്ക്കുകയുണ്ടായി. അദ്ദേഹത്തിന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ ശീഘ്രവികാസഘട്ടത്തിന്റെ അവസാനം പ്രപഞ്ചം വളരെ വലുതായതുകൊണ്ട് സ്ഥലം കൂടുതൽ പരന്നതായി എന്നാണ്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെ ഒരേക്കർ വിസ്തൃതിയുള്ള സ്ഥലത്തിന്റെ പരപ്പിനേക്കാൾ കുറവായിരിക്കുമല്ലോ 10 കി.മീ. വ്യാസാർദ്ധം ഉള്ള ഗോളാകൃതിയുള്ള ഒരു ഗ്രഹത്തിന്റെ ഒരേക്കർ ഉപരിതലത്തിന്. അലൻഗൂത്തിന്റെ ഇൻഫ്ലേഷനറി മാതൃകയെപ്പോലെ ഒരു മാതൃക ജപ്പാനിലെ കാട്സുഹിക്കോ (Katsuhiko)യും അമേരിക്കയിലെ മാർട്ടിൻ എയിൻഹോണും (Martain Einhorn)സ്വതന്ത്രമായി രൂപം നല്കുകയുണ്ടായി. നാസായിലെ (NASA) ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഡെമോസ്തനീസ് കാസാനസ് (Demosthenes Kazanas) ഇൻഫ്ലേഷനറി യുഗത്തിന്റെ അവസാനം എങ്ങനെ സമമിതിഭംഗമുണ്ടാകുന്നു എന്നു വിശദീകരിച്ചു. മോസ്കോ സർവ്വകലാശാലയിലെ എ.ഡി. ലിൻഡേയും (A.D. Linde), പെൻസിൽവേനിയ സർവ്വകലാശാലയിലെ ആൻഡ്രിയാസ് ആൽബ്രഷറും പോൾസ്റ്റെയിൻ ഹാർട്ടും ഇൻഫ്ലേഷനറി പ്രപഞ്ചമാതൃക മെച്ചപ്പെടുത്തി.

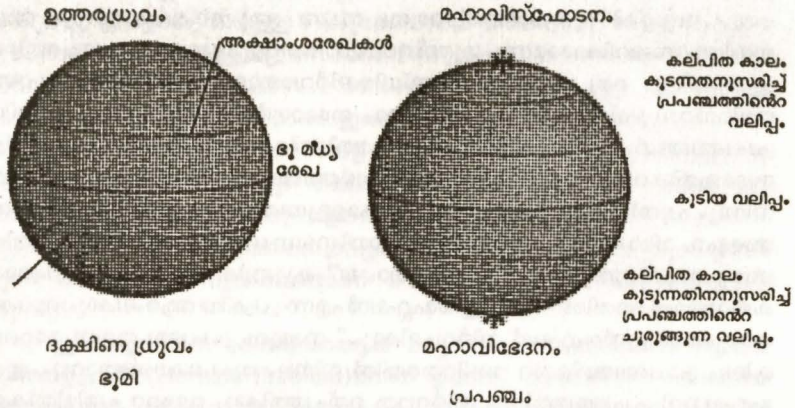
അലൻഗൂത്തിന്റെ ഇൻഫ്ലേഷനറി പരികല്പന ആദ്യകാല പ്രപഞ്ച പഠനത്തിന് വെളിച്ചം വീശി. പ്രപഞ്ചം എന്തുകൊണ്ട് ഇന്നുള്ള രൂപത്തിലായെന്ന് വിശദീകരിക്കുവാൻ വേണ്ടിയുള്ള മഹത്തായ ഒരു പുതിയ ശ്രമമായിരുന്നു ഇത്. ഇൻഫ്ലേഷനറി മാതൃകയനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചം ആദ്യത്തെ 10^{-30} സെക്കൻഡിനുള്ളിൽ ഒരു പ്രോട്ടോണിന്റെ വലിപ്പത്തിൽനിന്ന് ഒരു സോഫ്റ്റ് ബോളിന്റെ വലിപ്പത്തിലേക്ക് അതിശീഘ്രം വീർത്തു. ഈ സമയത്ത് പ്രപഞ്ച വ്യാസാർദ്ധം 10^{50} എന്ന നിരക്കിലാണ് പെരുകിയത്. അതി നിർണ്ണായകമായ ഈ അതിഹ്രസ്വകാലത്തെ പ്രപഞ്ചം ശൂന്യമായിരുന്നു. അതിന്റെ സ്ഥിതിജദ്രവ്യത്തിനും ഊർജ്ജത്തിനും കണങ്ങളായി പ്രത്യക്ഷപ്പെടാൻ കഴിയുമായിരുന്നില്ല. കാരണം ശൂന്യതയിൽനിന്നും കണങ്ങൾ രൂപപ്പെടാൻ കഴിയാത്തത്ര വേഗതയിലായിരുന്നു സ്ഥലം വികസിച്ചത്. അവസ്ഥാന്തരത്തിൽ (phase transition) ഞാത്തിയ സമമിതിയിലെ ശൂന്യത എന്നാണ് ഇതിനെ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. ഇത് ഒരുതരം വ്യാജശൂന്യത (false vacuum) ആണ്. ഒരു താവോ (Tao) ഉപമകൊണ്ട് ഇതിനെ വിശദീകരിക്കാം. ദ്രാവകാവസ്ഥയിലുള്ള ജലം ഖരാവസ്ഥയിലുള്ള ജലത്തെ(മഞ്ഞുകട്ട)ക്കാൾ സമമിതമാണ്. ജലത്തെ ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽനിന്നും ഖരാവസ്ഥയിലേക്ക് തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ അവസ്ഥാന്തരം ഉണ്ടാകുന്നു. സമമിതി തകർച്ച ഉണ്ടാകുന്നു. ജലത്തെ അതിവേഗതയിൽ ഉറയൽനിലയ്ക്ക് (freezing point)താഴേക്ക് ശീതീകരിച്ചാൽ മഞ്ഞുകട്ട ഉടനെ രൂപംകൊള്ളുകയില്ല. അത് ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽതന്നെ അല്പകാലം തുടരും. എന്നാൽ തുടർന്ന് മഞ്ഞുകട്ട രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്യും. അതുപോലെ ഇൻഫ്ലേഷനറിഘട്ടത്തിൽ പ്രാപഞ്ചിക ശൂന്യത ശൂന്യതയായിത്തന്നെ നിലനില്ക്കും; പ്രപഞ്ചതാപം കണങ്ങളുടെ ഉത്പാദനത്തിന് പര്യാപ്തമായ നിലയിലേക്ക് താഴ്ന്നാലും. ഈ സവിശേഷമായ അവസ്ഥാവിശേഷമാണ് ശീഘ്ര വികാസത്തിന് ഇടയാക്കിയത്. ഈ അവസ്ഥയിൽ പ്രാപഞ്ചികസ്ഥലം സമ്പൂർണ്ണ ഗോളാകൃതിയുള്ള ബലൂൺപോലെ വീർക്കുന്നു. ഒടുവിൽ സമയതുടക്കത്തിനു ശേഷമുള്ള 10^{-30} സെക്കൻഡിൽ പ്രപഞ്ചം കാണ്ഡം അസ്ഥിരതയിലാവുകയും അതിന്റെ വികാസം മന്ദഗതിയിലാവുകയും ചെയ്യും. തുടർന്നുള്ള വികാസം ദൈർഘ്യ വികാസമാണ്. ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുമ്പോൾ ശൂന്യതയിലെ ലീനോർജ്ജത്തിൽനിന്നും കണങ്ങളും പ്രതികണങ്ങളും രൂപംകൊള്ളുന്നു. കണങ്ങളും പ്രതികണങ്ങളും തമ്മിൽ പരസ്പരം ഏറ്റുമുട്ടി നശിക്കുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായിട്ടുണ്ടാകുന്ന ഊർജ്ജപ്രവാഹമാണ് മഹാവിസ്ഫോടനം. ഇൻഫ്ലേഷനറി യുഗാന്ത്യത്തിലെ ദ്രവ്യത്തിന്റെ സമമിതി തകർച്ചമൂലം ഉണ്ടാകുന്ന അവശിഷ്ടദ്രവ്യംകൊണ്ടാണ് ഭൗതികപ്രപഞ്ചം നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്.

ഇൻഫ്ലേഷനറി പ്രപഞ്ചമാതൃക മറ്റൊരു പ്രാപഞ്ചിക രഹസ്യമായ ചക്രവാളപ്രശ്ന(Horizon Problem)ത്തിന് ഉത്തരം കണ്ടെത്തി. ദർശനീയമായ പ്രപഞ്ചം (Observable Universe) പൊതുവെ അസാധാരണമായ നിലയിൽ ഏകാത്മകമാണ്. എല്ലാ നക്ഷത്രങ്ങളിലും എല്ലാ ദിശകളിലും ഒരേതരത്തിലുള്ള അണുക്കൾ ഒരേ ഒരു ഭൗതികനിയമത്തിന് വിധേയമായി

പ്രവർത്തിക്കുന്നതായി നാം കാണുന്നു. കാർബൺ അണുവിന്റെ പ്രവർത്തനം എല്ലാ നക്ഷത്രങ്ങളിലും ഒരുപോലെയാണ്. പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തലവികിരണവും എല്ലായിടത്തും ഒരുപോലെയാണ്. സ്റ്റാൻഡേർഡ് മഹാവിസ്ഫോടനമാതൃകയ്ക്ക് ഉത്തരം കണ്ടെത്താൻ കഴിയാത്ത പല ചോദ്യങ്ങൾക്കും ഇൻഫ്ലേഷനറി മാതൃക ഉത്തരങ്ങൾ കണ്ടെത്തി. പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തലവികിരണത്തിന്റെ താപനില എല്ലാ ദിശയിലും ഒരുപോലെ കാണുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്? കാർക്കുകളും ഇലക്ട്രോണുകളും ഭൂമിയിലും കോമാഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങളിലും ഒരുപോലെ ഇരിക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്? ഈ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഇൻഫ്ലേഷനറി സിദ്ധാന്തം ഉത്തരം നല്കുന്നു. ശൂന്യതയിൽനിന്നും ഉത്പത്തി എന്ന കാഴ്ചപ്പാട് ഇത് ശരിവച്ചു. പ്രപഞ്ചം താരതമ്യേന തണുത്ത ഒരു കണത്തിൽനിന്നും വീർത്ത് ഇൻഫ്ലേഷനറി യുഗം അവസാനിച്ചപ്പോൾ അത്യുഗ്രതാപനിലയിലും ഊർജ്ജനിലവാരത്തിലും പൊട്ടിത്തെറിച്ചു എന്നാണല്ലോ ഇൻഫ്ലേഷനറി സിദ്ധാന്തം. ഇത് മഹാവിസ്ഫോടനസിദ്ധാന്തവുമായി പൊരുത്തപ്പെടുന്നതാണ്. ഇൻഫ്ലേഷനറി പ്രപഞ്ചമാതൃക ശൂന്യതയെ പുത്തൻ കടുനിറങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ചിത്രീകരിക്കുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിലെ മുഴുവൻ ഊർജ്ജവും ദ്രവ്യവും ശൂന്യതയിൽനിന്ന് നിശ്ചിതസമയത്തിനുള്ളിൽ ഉദ്ഗമിക്കുന്നതായി ഇൻഫ്ലേഷനറി സിദ്ധാന്തം അവകാശപ്പെടുന്നു. ഗൂത്തിന്റെ ഇൻഫ്ലേഷനറി പരികല്പന അദ്ഭുതകരമായ പല പ്രവചനങ്ങളും നടത്തി. വളരെ ചെറിയ ഒരളവ് നിർവാത ആന്തോളനം (Vacuum flux) അത് ആവശ്യത്തിന് പൂരിതമാണെങ്കിൽ ഇൻഫ്ലേഷന് (വീർക്കലിന്) കാരണമാകുമെന്ന് അലൻഗൂത്ത് കണക്കുകൂട്ടി. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ ഒരു ആദിമ നിർവാതത്തിൽനിന്നും നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചം ഒരു കുമിളപോലെ രൂപംകൊണ്ടതായിരിക്കാം.

സൃഷ്ടി ഭൂതകാലത്ത് മാത്രം നടന്ന ഒരു സംഭവമല്ലെന്നും അത് ഇനിയും സംഭവിക്കാമെന്നും ഗൂത്ത് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു ഭാഗത്തെ അസ്ഥിരനിർവാതാവസ്ഥ മറ്റൊരു പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ സൃഷ്ടിക്ക് കാരണമായേക്കാം. തമോഗർത്തങ്ങളിൽനിന്നും പുതിയ പ്രപഞ്ചങ്ങൾ ജനിക്കാമെന്നാണ് ഗൂത്തിന്റെ പരികല്പന. ആധുനിക സാങ്കേതികവിദ്യ ഉപയോഗിച്ച് തമോഗർത്തങ്ങളെ സൃഷ്ടിച്ചാൽ അതിൽനിന്നും പുതിയ പ്രപഞ്ചങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതിനുള്ള സാധ്യത ഉണ്ടെന്ന് അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. 1987-ൽ ഗൂത്തുമായി നടന്ന ഒരഭിമുഖസംഭാഷണത്തിൽ അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു: "ദ്രവ്യസാന്ദ്രത ഗ്രാം 10^{75} ക്യൂബിക് സെ.മീ. സൃഷ്ടിക്കാൻ കഴിഞ്ഞാൽ അതിൽനിന്നും ഇൻഫ്ലേഷൻ എന്ന പ്രക്രിയ ആരംഭിക്കും. ബാക്കി കാര്യങ്ങൾ ഇൻഫ്ലേഷൻ നിർവഹിക്കും." നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചംതന്നെ മറ്റേതെങ്കിലും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അടിത്തറയിൽ നിന്നും രൂപംകൊണ്ടതാവാം. ഇൻഫ്ലേഷനറി പ്രപഞ്ചത്തിനും നിർവാത ഉത്പത്തിക്കും ഒട്ടേറെ പരിമിതികളുണ്ടായിരുന്നു. ആദ്യകാല പ്രപഞ്ചത്തിന് ഒരവസ്ഥാന്തരം ഉണ്ടോ എന്ന സംശയം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് ഉണ്ടായിരുന്നു. 1985 ആയപ്പോഴേക്കും ഇൻഫ്ലേഷനറി മാതൃക കാലഹരണപ്പെട്ടു.

ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിൽ ക്വാണ്ടം ആന്ദോളനം (Quantum flux) എന്നൊരവസ്ഥാവിശേഷം ഉണ്ടായിരുന്നതായി ആധുനിക സൈദ്ധാന്തിക പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പൊതുവെ വിശ്വസിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ പ്രമുഖ വക്താക്കളിലൊരാളാണ് കേംബ്രിജ് സർവ്വകലാശാലയിലെ പ്രസിദ്ധ സൈദ്ധാന്തിക ഭൗതികജ്ഞനായ സ്റ്റീഫൻ ഹോക്കിങ്. 1969-ൽ ഹോക്കിങ്ങും റോജർ പെൻറോസും ചേർന്ന് ആവിഷ്കരിച്ച വൈചിത്ര്യസിദ്ധാന്തം മഹാവിസ്ഫോടനസിദ്ധാന്തത്തെ ശരിവച്ചു. കാലം തുടങ്ങുന്നത് വൈചിത്ര്യത്തിൽനിന്നാണെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചത്തിനൊരു തുടക്കവും ഒടുക്കവും ഉണ്ടെന്ന് അവർ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. എന്നാൽ പിന്നീട് സ്റ്റീഫൻ ഹോക്കിങ് ഈ നിഗമനത്തിലുണ്ടായിരുന്ന തെറ്റുകൾ തിരുത്തി. കാരണം പൊതു ആപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് വൈചിത്ര്യത്തിൽ എല്ലാ ഭൗതികനിയമങ്ങളും തകരുന്നു. ആകയാൽ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം ഉപയോഗിച്ചു മാത്രം പ്രപഞ്ചോത്പത്തി വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയില്ലെന്ന് അദ്ദേഹത്തിന് വ്യക്തമായി. പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പരാജയപ്പെടുന്ന വൈചിത്ര്യത്തിൽ ക്വാണ്ടംഭൗതികം വിജയകരമായി ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് ഹോക്കിങ് കണ്ടു. അങ്ങനെ അദ്ദേഹം ക്വാണ്ടം സംഭവ്യതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രപഞ്ചോത്പത്തി പഠനവിധേയമാക്കി. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ആദ്യകാല സ്ഥിതി മനസ്സിലാക്കാൻ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തത്തെയും ക്വാണ്ടംഭൗതികത്തെയും അദ്ദേഹം സമന്വയിപ്പിച്ചു. ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ഹോക്കിങ് പ്രപഞ്ചോത്പത്തി വിശദീകരിക്കുന്നത്.



പ്രസിദ്ധ അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞനായ റിച്ചാർഡ് പി. ഫെയ്ൻമാന്റെ ബദൽകാണ്ടം ബലതന്ത്രവ്യാഖ്യാനവും ചരിത്രസാരാംശസിദ്ധാന്തവും (sum over histories) കല്പിതകാലം എന്ന ഗണിതശാസ്ത്രസങ്കേതവും പ്രപഞ്ചോത്പത്തി വിവരിക്കുന്നതിന് ഹോക്കിങ് ഉപയോഗിക്കുന്നു. കാണ്ടം ബലതന്ത്രത്തിലെ ബദൽവ്യാഖ്യാനമാണ് ചരിത്രസാരാംശസിദ്ധാന്തം. സാധാരണ യഥാർത്ഥ സമയത്തെ ഒരു ഹൊറിസോണ്ടൽ രേഖയായി ചിന്തിക്കാം. അതായത് ഇടത്തുനിന്നും വലത്തേക്കു പോകുന്ന ആദ്യകാല സമയം ഇടത്തും പിന്നീടുള്ള സമയം വലത്തും. സമയത്തിന് മറ്റൊരു ദിശ സങ്കല്പിക്കാം, ഈ പേജിന്റെ മുകളിലോട്ടും കീഴോട്ടും. യഥാർത്ഥ സമയത്തിന്റെ ലംബദിശയിലുള്ളതാണ് കല്പിതകാലം. കല്പിതസംഖ്യകളുപയോഗിച്ചാണ് ഈ സമയം അളക്കുന്നത്. ഹോക്കിങ് അവതരിപ്പിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചമാതൃകയ്ക്ക് ഇനിയും നിരീക്ഷണത്തെളിവുകൾ ലഭിച്ചിട്ടില്ല. നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചത്തെ ഭൂമിയുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ടുള്ളതാണ് ഹോക്കിങ്ങിന്റെ പ്രപഞ്ചമാതൃക.

ഇതിൽ ഉത്തരധ്രുവത്തിൽനിന്നുള്ള ദൂരം കല്പിതകാലമായും (Imaginary time) പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ സ്ഥലീയവലിപ്പം ഉത്തരധ്രുവത്തിൽനിന്നുള്ള അകലംകൊണ്ട് ഉണ്ടാക്കിയ ഒരു സ്ഥിരവൃത്തത്തിന്റെ വലിപ്പമായും പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു. ഒരു ഒറ്റബിന്ദുവിൽനിന്ന് എന്നപോലെ പ്രപഞ്ചം ഉത്തരധ്രുവത്തിൽ തുടങ്ങുന്നു. ദക്ഷിണധ്രുവത്തിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ ഉത്തരധ്രുവത്തിൽനിന്നുള്ള അക്ഷാംശങ്ങൾ വലുതായി വരികയും പ്രപഞ്ചം കല്പിതകാലത്തിനനുസരിച്ച് വികസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂമദ്ധ്യരേഖയിൽ എത്തുമ്പോൾ പ്രപഞ്ചം പരമാവധി വലിപ്പത്തിലെത്തുന്നു. പിന്നീട് കല്പിതകാലം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അത് ചുരുങ്ങുകയും അവസാനം ദക്ഷിണധ്രുവത്തിലെത്തുമ്പോൾ ഒരൊറ്റ ബിന്ദുവിൽ എത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉത്തരധ്രുവത്തിലും ദക്ഷിണ ധ്രുവത്തിലും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വലിപ്പം പൂജ്യമാണ്. ഉത്തരധ്രുവത്തിലും ദക്ഷിണധ്രുവത്തിലും ഉള്ള ബിന്ദു വൈചിത്ര്യമല്ല. ഇതിൽ ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ ഭൂമിയിലെ ഉത്തരധ്രുവത്തിലും ദക്ഷിണധ്രുവത്തിലും സംരക്ഷിക്കുന്നതു പോലെ ഇവിടെയും പരിരക്ഷിക്കപ്പെടുന്നു. ഹോക്കിങ്ങിന്റെ പ്രപഞ്ചം സ്ഥലകാലങ്ങളിൽ പരിമിതമാണെങ്കിലും വൈചിത്ര്യവും അതിർത്തിയും ഇല്ലാത്തതാണ്. ഇതിന് വികാസവും സങ്കോചവും ഉണ്ട്. ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ കൊണ്ട് ഇതിനെ വിശദീകരിക്കാം. നാല് മാനങ്ങളോടുകൂടിയ ഭൂമിയെപ്പോലെ അടഞ്ഞ ഗോളാകൃതി ഉള്ളതാണീ പ്രപഞ്ചം.

എന്തുകൊണ്ട് ഈ പ്രപഞ്ചം ഭൂമിയെപ്പോലെയായി? ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെയും ഊർജ്ജത്തിന്റെയും വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഗുണം അതെപ്പോഴും ധനാത്മകം (+ve) ആയിരിക്കും എന്നതാണ്. ഇതുകൊണ്ടാണ് ഗുരുത്വം വസ്തുക്കളെ പരസ്പരം ആകർഷിക്കുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന്, ഭൂമി നമ്മെ ആകർഷിക്കുന്നു. സൂര്യന്റെ ഗുരുത്വം ഗ്രഹങ്ങളെ അതിന്റെ ചുറ്റും ഭ്രമണം ചെയ്യാൻ പ്രേരിപ്പിക്കുന്നു. ഭൂമിയും സൂര്യനും പരസ്പരം ആകർഷണവിധേയമല്ലായിരുന്നെങ്കിൽ ഭൂമി നക്ഷത്രാന്തരീയസ്ഥലത്തെ ഇരുട്ടിലെവിടെ

യെങ്കിലും തെറിച്ചുപോകുമായിരുന്നു. ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് ദ്രവ്യമാനം എല്ലായ്പോഴും ധനാത്മകമാണ്. അതിന്റെ അർത്ഥം സ്ഥല കാലം പിൻപോട്ട് വക്രിച്ച് (curved back) ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലംപോലെയാകു മെന്നാണ്. ദ്രവ്യമാനം ഋണാത്മകം (-ve)ആയിരുന്നെങ്കിൽ സ്ഥലകാലം ജിനിയുടെ മാതൃകയിൽ വക്രിക്കുമായിരുന്നു. സ്ഥലകാലത്തിന്റെ ധനാ ത്മകവക്രത ഗുരുത്വം എല്ലായ്പോഴും ആകർഷണമാണെന്ന യാഥാർത്ഥ്യം തെളിയിക്കുന്നു.

ഐൻസ്റ്റിന് ഇതൊരു കീറാമുട്ടിയായ പ്രശ്നമായിരുന്നു. സ്ഥല കാലം പിന്നോട്ടു വക്രിക്കുമ്പോൾ പ്രപഞ്ചം ഒരേ അവസ്ഥയിൽ തുടരില്ല. അതൊരു ചരപ്രപഞ്ചമായിരിക്കും. എന്നാൽ മതവിശ്വാസിയായിരുന്ന ഐൻ സ്റ്റിൻ ഇഷ്ടപ്പെട്ടത് അചരപ്രപഞ്ചത്തെയായിരുന്നല്ലോ. അതുകൊണ്ടാണ് അദ്ദേഹം ആവിഷ്കരിച്ച ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം പ്രപഞ്ചം ചരമാണെന്ന് തെളിയിച്ചിട്ടും പ്രപഞ്ചത്തെ സ്ഥിരാവസ്ഥയിൽ നിലനിർത്തുന്നതിനുവേണ്ടി അദ്ദേഹം തന്റെ സമീകരണങ്ങളിൽ പ്രാപഞ്ചിക സ്ഥിരാങ്കം ഉപയോഗിച്ചത്.

പ്രപഞ്ചത്തെ വിവരിക്കാൻ പറ്റിയ ഏറ്റവും നല്ല ജ്യാമിതിയാണ് ഫോക്കിങ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഉത്തരധ്രുവത്തിൽനിന്നും പുറത്തേക്ക് വിക സിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന അക്ഷാംശവളയങ്ങൾ വികസിക്കുന്ന സ്ഥലത്തെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഉത്തരധ്രുവം മഹാവിസ്ഫോടനത്തെ പ്രതിനിധീകരി ക്കുന്നു. എന്നാൽ ഇവിടെ വൈചിത്ര്യം ഇല്ല. ഉത്തരധ്രുവത്തിന് വടക്ക് ഒന്നുമില്ല. അതിനർത്ഥം സ്ഥലത്തിന് അറ്റം ഉണ്ടെന്നല്ല. T=OL മുമ്പ് ഒന്നും ഇല്ല. അതി നർത്ഥം സമയത്തിനു തുടക്കം ഉണ്ടെന്നല്ല. സൃഷ്ടിയുടെ നിമിഷം T=O സൗകര്യത്തിനു വേണ്ടി സമയം അളക്കുന്നതിനുള്ള സങ്കല്പം മാത്രം. കാണ്ടംബലതന്ത്രം പ്രപഞ്ചത്തിന് ബാധകമാക്കുമ്പോൾ വൈചിത്ര്യം ഒഴി വാകുന്നു. നമ്മുടെ മറ്റെല്ലാ ഭൗതികശാസ്ത്രനിയമങ്ങളെയുംപോലെ പൊതു ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തവും പ്ലാങ്ക്സമയം 10^{-43} സെക്കൻഡിൽ തകരുന്നു. എന്നാൽ ഈ ഘട്ടത്തിലും കാണ്ടം ബലതന്ത്രത്തിന്റെ അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വം പ്രസക്തമാണ്. അനിശ്ചിതത്വം സമയം പൂജ്യമായിരിക്കുമ്പോഴുള്ള വൈചിത്ര്യം ഒഴിവാകുന്നു. പ്ലാങ്ക്സമയത്തിനുമുമ്പ് കാലം കാണ്ടം അനിശ്ചി തത്വത്താൽ അവ്യക്തം ആയിത്തീരുന്നു. ഇതിന്റെ അർത്ഥം സൃഷ്ടിയുടെ അദ്വിതീയമായ നിമിഷം എന്നൊന്നില്ല എന്നാണ്. കാലത്തിന് തുടക്കം ഇല്ല. പ്രപഞ്ചത്തിന് തുടക്കമോ സൃഷ്ടിയുടെ നിമിഷമോ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. ഹോക്കിങ് പറയുന്നു: " പ്രപഞ്ചത്തിന് ആദിയുണ്ടെങ്കിൽ അതിന് സ്രഷ്ടാവ് ഉണ്ടെന്ന് നമുക്കനുമാനിക്കാം. എന്നാൽ പ്രപഞ്ചം അതിർത്തിയോ അറ്റമോ ഇല്ലാത്തതാണെങ്കിൽ യഥാർത്ഥത്തിൽ അത് പൂർണ്ണമായി സ്വയം സമ്പൂർണ്ണ മാണെങ്കിൽ അതിന് തുടക്കവും ഒടുക്കവും ഉണ്ടായിരിക്കില്ല. അത് എന്നും നിലനില്ക്കും. പിന്നെ ഇവിടെ ഒരു സ്രഷ്ടാവിന്റെ സ്ഥാനം എന്ത്? " (A Brief History of Time, p.149).

മറ്റൊരു കാണ്ടം ഉത്പത്തിസിദ്ധാന്തം ലോകപ്രസിദ്ധ അമേരിക്കൻ ഭൗതികജ്ഞനായ ജോൺവീലർ (John Wheeler) അവതരിപ്പിക്കുകയുണ്ടായി. അദ്ദേഹത്തിന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ പ്രപഞ്ചതുടക്കത്തിൽ സ്ഥലം കാണ്ടീ

കൃതമായിരുന്നു. ദ്രവ്യവും ഊർജ്ജവും കാണ്ടങ്ങളാൽ നിർമ്മിതമായതു പോലെ ഉത്പത്തിനിമിഷം സ്ഥലവും കാണ്ടീകൃതമായിരുന്നു. വീലർ കാണ്ടം സ്ഥലത്തെ കടലിനോടാണ് ഉപമിക്കുന്നത്. ഒരാൾ ആകാശത്തുനിന്ന് നോക്കുമ്പോൾ കടൽ ശാന്തമായി കാണാം. എന്നാൽ കടലിൽ അയാൾ ബോട്ടിൽ സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ നുരഞ്ഞ് പതയുന്ന തിരമാലകളെ കാണുന്നു. ഇളകിമറിയുന്ന തിരമാലകളെ മുറിച്ച് മാത്രമേ ബോട്ടിന് സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയൂ. കടലിൽ നുരയും പതയും ഉണ്ടാകുന്നതു പോലെയാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രാരംഭിക സ്ഥിതിയിൽ സ്ഥലത്തിന്റെ ഘടന. ഇന്നത്തെ പ്രപഞ്ചത്തിൽ നടക്കുന്ന നിരന്തരമായ കല്പിതകണങ്ങളുടെ സൃഷ്ടി ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിന്റെ നുരഞ്ഞു പൊങ്ങുന്ന അവസ്ഥയുടെ തുടർച്ചയാണ്. ആദ്യകാലപ്രപഞ്ചത്തിൽ അതായത് പ്ലാങ്ക്കാലത്തിനു മുൻപ് സ്ഥലം ഇളകിമറിയുന്ന കടൽ പോലെ ആയിരുന്നു. കൊടുങ്കാറ്റുപോലെയുള്ള കാണ്ടം ആന്ദോളനം മാത്രമാണ് അന്നുണ്ടായിരുന്നത്. ഈ സമയം കണങ്ങളുടെ അന്യോന്യക്രിയ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല.

കാണ്ടം ഉത്പത്തിസിദ്ധാന്തവും നിർവാത ഉത്പത്തിസിദ്ധാന്തവും ആധുനിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രഉപകരണങ്ങളുടെ വികാസവും വ്യക്തമാക്കുന്നത് നമ്മൾ ഉത്പത്തിരഹസ്യങ്ങളുടെ വളരെ അടുത്ത് എത്തിയിരിക്കുന്നു എന്നാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ സകല രഹസ്യങ്ങളും അനാവരണം ചെയ്യാൻ കഴിവുള്ള ഒരു സമ്പൂർണ്ണ സിദ്ധാന്തം 21-ാം നൂറ്റാണ്ട് ആരംഭിക്കുമ്പോഴേക്കും ആവിഷ്കരിക്കപ്പെടുമെന്ന ശുഭാപ്തിവിശ്വാസമാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഇന്ന് പുലർത്തുന്നത്. ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ സ്ഥാപിച്ചിട്ടുള്ള അതിശക്തമായ റേഡിയോ ദൂരദർശിനികൾ പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ ശേഖരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. പ്രപഞ്ചപഠനത്തിന് ഇന്ന് നമുക്ക് സൂപ്പർ കമ്പ്യൂട്ടറുകളുടെ സഹായം ഉണ്ട്. അടുത്ത കാലത്ത് കേംബ്രിജ് സർവ്വകലാശാലയിൽ സ്ഥാപിച്ചിരിക്കുന്ന 'കോസ്മോസ്' എന്ന സൂപ്പർ കമ്പ്യൂട്ടർ പ്രപഞ്ചരഹസ്യങ്ങളുടെ ചുരുൾ അഴിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. ഈ സൂപ്പർ കമ്പ്യൂട്ടർ ഉപയോഗിച്ച് പ്രപഞ്ചോത്പത്തിരഹസ്യങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാമെന്നാണ് ഇതിന്റെ ചുമതലക്കാരൻകൂടിയായ സ്റ്റീഫൻ ഹോക്കിങ് അവകാശപ്പെടുന്നത്.

പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഭാവി

ഭാവിപ്രവചനം പ്രവാചകന്മാരുടെയും ജ്യോത്സ്യന്മാരുടെയും വെളിച്ചപ്പാടുകളുടെയും തൊഴിലാണ്. അവരുടെ പ്രവചനങ്ങൾ പലപ്പോഴും ശരിയാകണമെന്നില്ല. ലോകം അവസാനിക്കുമെന്നു പലപ്പോഴും ഇവർ പ്രവചിച്ചിട്ടുണ്ടെങ്കിലും ലോകം അവസാനിച്ചിട്ടില്ല. ജ്യോത്സ്യന്മാരുടെയും പ്രവാചകന്മാരുടെയും പ്രവചനങ്ങളെക്കാൾ വിശ്വസനീയമല്ല പലപ്പോഴും ശാസ്ത്രത്തിന്റെ പ്രവചനങ്ങളും. എന്നാൽ ശാസ്ത്രത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ ചില കാര്യങ്ങൾ മുൻകൂട്ടി പ്രവചിക്കാം. കാലാവസ്ഥാനിരീക്ഷകർക്ക് വരുന്ന തൊട്ടടുത്ത ദിവസങ്ങളിലെ കാലാവസ്ഥ പ്രവചിക്കാൻ കഴിയും. കഴിഞ്ഞ 300 വർഷത്തിനിടയിൽ സാധാരണ സാഹചര്യങ്ങളിൽ ദ്രവ്യത്തെ ഭരിക്കുന്ന ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ നമ്മൾ കണ്ടുപിടിച്ചിട്ടുണ്ട്. എന്നാൽ അസാധാരണ പരിതഃസ്ഥിതിയിൽ പ്രപഞ്ചതുടക്കത്തിൽ ദ്രവ്യത്തെ ഭരിച്ച ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ നമുക്കറിയില്ല. സാധാരണനിലയിലുള്ള കാലാവസ്ഥാപ്രവചനം അഞ്ച് ദിവസത്തേക്ക് മാത്രം ഉള്ളതാണ്. ആറ് മാസത്തിന് ശേഷം വരാനിരിക്കുന്ന കാലാവസ്ഥ സാധാരണനിലയിൽ പ്രവചിക്കാറില്ല. ആറ് മാസത്തിന് മുൻപേ നടത്തുന്ന കാലാവസ്ഥാപ്രവചനം ഏകദേശം മാത്രമായിരിക്കും. കഴിഞ്ഞ നൂറ്റാണ്ടുവരെ സ്വാധീനം ചെലുത്തിയിരുന്ന ശാസ്ത്രീയ നിശ്ചിതത്വവാദം മനുഷ്യസ്വഭാവം ഉൾപ്പെടെയുള്ളതെല്ലാം മുൻകൂട്ടി നിർണ്ണയിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് അവകാശപ്പെട്ടു. ഇന്ന് നമുക്കറിയാം, മനുഷ്യസ്വഭാവം പ്രായോഗികമായി പ്രവചിക്കാൻ കഴിയില്ലെന്ന്. മനുഷ്യസമുദായത്തിന്റെ ഭാവിയും കൃത്യമായി നമുക്ക് പ്രവചിക്കാൻ കഴിയില്ല.

പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വികാസം ഏകസമാനമാണ്. ഗാലക്സികൾ തമ്മിൽ അകന്നുപൊയ്ക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അവ തമ്മിലുള്ള അകലം ഇപ്പോൾ വർദ്ധിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. എന്നാൽ ഗാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണം ക്രമേണ അവയുടെ വികാസനിരക്ക് മന്ദഗതിയിൽ ആക്കുമെന്ന് നമുക്ക് പ്രതീക്ഷിക്കാം. പ്രപഞ്ചസാന്ദ്രത ഒരു നിശ്ചിത നിർണ്ണായക മൂല്യത്തെക്കാൾ കൂടുതലാണെങ്കിൽ ഗുരുത്വാകർഷണം പ്രപഞ്ചവികാസത്തെ തടയുകയും അത് വീണ്ടും ചുരുങ്ങാൻ തുടങ്ങുകയും ചെയ്യും. ചുരുങ്ങിച്ചുരുങ്ങി അത് മഹാവിഭേദനത്തിലെത്തിച്ചേരും. മഹാവിഭേദനം ഏതാണ്ട് പ്രപഞ്ചതുടക്കത്തിലെ മഹാവിസ്ഫോടനംപോലെയാണ്. മഹാവിഭേദനവും വൈചിത്ര്യത്തിലാണ് അവസാനിക്കുന്നത്. വൈചിത്ര്യത്തിൽ പ്രപഞ്ചസാന്ദ്രതയും സ്ഥലകാലവക്രതയും അനന്തമാണല്ലോ? ഇവിടെ ഭൗതികത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾക്കൊന്നും യാതൊരു പ്രസക്തിയും ഇല്ല.

ഇതിനർത്ഥം മഹാവിഭേദനത്തിന് ശേഷം സംഭവങ്ങളുണ്ടായാൽ അതൊന്നും പ്രവചിക്കാനാവില്ലെന്നാണ്. മഹാവിഭേദനത്തോടെ നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചം അവസാനിക്കും. അതിന് ശേഷം ഉണ്ടാകുന്ന സംഭവങ്ങൾ മറ്റൊരു പ്രത്യേക പ്രപഞ്ചത്തിന്റേതായിരിക്കും. ഈ പുതിയ പ്രപഞ്ചം പുതിയൊരവതാരത്തെപ്പോലെയാണ്.

പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ശരാശരി സാന്ദ്രത നിർണ്ണായകമൂല്യത്തെ (critical value)ക്കാൾ കുറവാണെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചം ഒരു തകർച്ചയെ നേരിടാതെ എന്നന്നേക്കും വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും. കുറെ കാലത്തിനു ശേഷം പ്രപഞ്ച സാന്ദ്രത കുറയുകയും ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് വികാസം തടയാനുള്ള കഴിവില്ലാതെ വരികയും ചെയ്യും. ഗാലക്സികൾ സ്ഥിരവേഗതയിൽ അകന്നുകൊണ്ടിരിക്കും. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഭാവിയെ സംബന്ധിച്ച നിർണ്ണായകമായ ചോദ്യം. എന്താണ് അതിന്റെ ശരാശരി സാന്ദ്രത? നിർണ്ണായകമൂല്യത്തെക്കാൾ കുറവാണെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചവികാസം എന്നന്നേക്കും തുടരും. കൂടുതലാണെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചം മഹാവിഭേദനത്തിൽ തകരുകയും കാലംതന്നെ അവസാനിക്കുകയും ചെയ്യും. പ്രപഞ്ചം വീണ്ടുമൊരു തകർച്ചയെ നേരിട്ടാലും ഒരു കാര്യം നമുക്കിപ്പോൾ അസന്ദിഗ്ദ്ധമായി പറയാൻ കഴിയും. വരുന്ന 1000 കോടി വർഷങ്ങൾക്കുശേഷമേ പ്രപഞ്ചവികാസം നിലയ്ക്കൂ. അതുകൊണ്ട് മനുഷ്യവംശത്തിന് ഇപ്പോൾ പേടിക്കാനൊന്നുമില്ല. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ശരാശരി സാന്ദ്രത കണക്കാക്കാൻ കഴിഞ്ഞെങ്കിലേ ഭാവി പ്രവചിക്കാനാകൂ. നിരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്ന് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ശരാശരി സാന്ദ്രത കണക്കുകൂട്ടാനുള്ള ശ്രമം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ നടത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. നമുക്ക് നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുള്ള നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ദ്രവ്യമാനം എല്ലാം കൂട്ടിയാൽ നിർണ്ണായക സാന്ദ്രതയുടെ ഒരു ശതമാനത്തിന് താഴെയേ വരൂ. ഇതിനോടൊപ്പം പ്രപഞ്ചത്തിൽ നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള വാതകമേഘങ്ങളുടെ ദ്രവ്യമാനംകൂടി കൂട്ടിയാലും നിർണ്ണായകസാന്ദ്രതയുടെ ഒരു ശതമാനമേയാകൂ. നമുക്ക് പ്രപഞ്ചത്തിൽ ധാരാളം കറുത്ത ദ്രവ്യം (dark matter) ഉണ്ടെന്ന് അറിയാമല്ലോ. പക്ഷേ, അത് നമുക്ക് നേരിട്ടു നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ല. സർപ്പിള ഗാലക്സികളിൽ (spiral galaxies) കറുത്ത ദ്രവ്യം ഉണ്ടെന്നതിന് തെളിവുകൾ ലഭിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരം ഗാലക്സികളുടെ കേന്ദ്രത്തിൽ കറങ്ങുന്നത് കറുത്ത ദ്രവ്യമാണ്. ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിന്റെ കറക്കം വളരെ വേഗതയിലുമാണ്. ഗാലക്സികളിൽ നക്ഷത്രങ്ങളും വാതകമേഘങ്ങളും മാത്രമേ ഉണ്ടായിരുന്നുള്ളുവെങ്കിൽ ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിന്റെ അതിവേഗതയിലുള്ള കറക്കത്തിന്റെ ഫലമായി അവ പറന്നുപോയേനെ. ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിലെ കറുത്ത ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണമാണ് നക്ഷത്രങ്ങളെയും വാതകമേഘങ്ങളെയും ഗാലക്സിയിൽ പിടിച്ചു നിർത്തുന്നത്. കറുത്ത ദ്രവ്യം ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങളിലും ഉണ്ട്. പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഗാലക്സികൾ ഏകസമാനമായി വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടുകിടക്കുകയാണ്. ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങളായിട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഗാലക്സികളെ ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങളിൽ പിടിച്ചുനിർത്തുന്നത് അതിനിടയിലെ കറുത്ത ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഗുരുത്വമാണ്. കറുത്ത ദ്രവ്യത്തിന്റെ ദ്രവ്യമാനമാകെക്കൂടി കൂട്ടിയാലും നിർണ്ണായകസാന്ദ്രതയ്ക്ക് ആവശ്യമായ

ദ്രവ്യത്തിന്റെ പത്ത് ശതമാനമേ വരൂ. നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ട പ്രപഞ്ചസാന്ദ്രത യുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പരിശോധിച്ചാൽ പ്രപഞ്ചം എക്കാലവും വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും. 500 കോടി വർഷമോ അതിൽ കൂടുതലോ ആകുമ്പോൾ സൂര്യന്റെ ആണവ ഇന്ധനം കത്തിത്തീരും. സൂര്യൻ ഒരു ചുവന്ന ഭീമൻ ആയി മാറും. അപ്പോഴേക്കും ഭൂമിയെയും മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളെയും അയാൾ വിഴുങ്ങിക്കഴിഞ്ഞിരിക്കും. ഒടുവിൽ ഏതാണ്ട് 1000 കി. മീ. വ്യാസം ഉള്ള വെള്ളക്കുള്ളൻ നക്ഷത്രമായി സൂര്യൻ മാറും. എന്തായാലും ലോകം അടുത്തകാലത്തെങ്ങും അവസാനിക്കില്ലെന്ന് ഉറപ്പാണ്. സൂര്യൻ കത്തിയെരിഞ്ഞു തീരുന്നതിന് മുമ്പ് നക്ഷത്രാന്തരീയ യാത്ര മനുഷ്യൻ ആരംഭിക്കും.

1000 കോടി വർഷങ്ങൾ കഴിയുമ്പോൾ മിക്കവാറും എല്ലാ നക്ഷത്രങ്ങളും കത്തിയെരിഞ്ഞു തീരും. സൂര്യനെക്കാൾ ഭാരം ഉള്ള വളരെ വലിയ നക്ഷത്രങ്ങൾ തമോഗർത്തങ്ങളാകുമല്ലോ. പതിനായിരം ലക്ഷം വർഷത്തിലൊരിക്കൽ ഇവയെല്ലാം ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തെ ഭ്രമണം ചെയ്യും. ഇവയിൽ ചിലത് ഏറ്റുമുട്ടി ഗാലക്സിക്ക് പുറത്ത് പോകും. അവശേഷിക്കുന്നവ ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിനടുത്തുള്ള ഭ്രമണപഥങ്ങളിൽക്കൂടി,സഞ്ചരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും. ഒടുവിൽ ഇവയെല്ലാം ചേർന്ന് ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിൽ ഒരു അതിഭീമൻ തമോഗർത്തം രൂപപ്പെടുത്തും. ഗാലക്സികളിലും ഗാലക്സിക്കൂട്ടങ്ങളിലും ഉള്ള കറുത്ത ദ്രവ്യം ഉൾപ്പെടെ എല്ലാം ഇത്തരം വലിയ തമോഗർത്തത്തിൽ നിപതിക്കും. തമോഗർത്തങ്ങൾ അത്ര കറുത്തതല്ലെന്നും അവയിൽ നിന്ന് കണങ്ങളും വികിരണങ്ങളും പുറത്തു വരുമെന്നും സ്റ്റീഫൻ ഹോക്കിങ് 1974-ൽ കണ്ടുപിടിക്കുകയുണ്ടായി. മറ്റൊരു രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ തമോഗർത്തങ്ങൾ ബാഷ്പീകരിക്കും. ഒരു ഗാലക്സികേന്ദ്രത്തിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന ഭീമാകാരമായ തമോഗർത്തം ബാഷ്പീകരിച്ചു തീരാൻ 10^{90} വർഷങ്ങൾ (ഒന്നിനോടു തൊണ്ണൂറു പൂജ്യം ചേരുന്ന സംഖ്യ) എടുക്കും. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഇപ്പോഴത്തെ പ്രായവുമായി തട്ടിച്ചുനോക്കുമ്പോൾ ഇത് വളരെ നീണ്ട കാലമാണ്.

പ്രപഞ്ചം എക്കാലവും വികസിക്കുമോ? ഈ ചോദ്യത്തിന് ഉത്തരമില്ല. പ്രപഞ്ചം എക്കാലവും വികസിക്കുമെന്ന് പറയാൻ തെളിവില്ല. എന്നാൽ പ്രപഞ്ചവികാസം തടയാൻ വേണ്ട നിർണ്ണായകസാന്ദ്രതയ്ക്ക് ആവശ്യമായ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ പത്തിലൊന്നിനെക്കുറിച്ച് നമുക്കറിയാം. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ശരാശരി സാന്ദ്രത നിർണ്ണായകമൂല്യത്തിന് തുല്യമോ അതിനപ്പുറമോ ഉയരണമെങ്കിൽ ദ്രവ്യത്തിന്റെ മറ്റ് സ്രോതസ്സുകൾ കണ്ടെത്തണം. പ്രപഞ്ചം വീണ്ടുമൊരു തകർച്ചയെ നേരിടുമെന്ന് നമ്മൾ ചിന്തിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്? തകർച്ചയിലെത്തിച്ചേരാൻ വേണ്ട ദ്രവ്യം ഉണ്ടെന്ന് കരുതുന്നതെന്തുകൊണ്ട്? പ്രപഞ്ചം വീണ്ടുമൊരു തകർച്ചയെ നേരിടത്തക്കനിലയിൽ പ്രപഞ്ചസാന്ദ്രത നിർണ്ണായകമൂല്യത്തെക്കാൾ കൂടുതലാണെന്നാണ് മിക്ക ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും വിശ്വസിക്കുന്നത്. അതിനാവശ്യമായ ദ്രവ്യം പ്രപഞ്ചത്തിലുണ്ടെന്ന് അവർ കരുതുന്നു. ഇൻഫ്ലേഷനറിസിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് പ്രപഞ്ചസാന്ദ്രത നിർണ്ണായകമൂല്യത്തിന് കൃത്യം അടുത്താണ്. ഈ സിദ്ധാന്തം ശരിയാണെങ്കിൽ

നിർണ്ണായകസാന്ദ്രതയ്ക്ക് ആവശ്യമായ ദ്രവ്യം പ്രപഞ്ചത്തിലുണ്ട്. ഇതിനർത്ഥം 1500 കോടി വർഷങ്ങൾക്കകമോ ശേഷമോ പ്രപഞ്ചം വീണ്ടുമൊരു തകർച്ചയെ നേരിടുമെന്നാണ്. സ്റ്റീഫൻ ഹോക്കിങ്ങിനെപ്പോലുള്ള ആധുനിക പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ പ്രപഞ്ചമാതൃകകൾ തകർച്ചയുള്ള പ്രപഞ്ചത്തിന്റേതാണ്. ഇത് മഹാവിസ്ഫോടനത്തിൽ ആരംഭിച്ച് മഹാവിഭേദനത്തിൽ അവസാനിക്കും. അത് വീണ്ടും മഹാവിഭേദനത്തിൽനിന്നും ആരംഭിക്കും.

ആധുനിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ കാഴ്ചപ്പാടിൽ പ്രപഞ്ചം കൃത്യമായി നിർവചിക്കപ്പെട്ട ഭൗതികനിയമങ്ങളെ അനുസരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഭാവി പ്രവചിക്കാൻ കഴിയും. എന്നാൽ പ്രായോഗികമായി പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അതിവിദൂരഭാവി പ്രവചിക്കുവാൻ അത്ര എളുപ്പമല്ല. സ്ഥൂലഅളവിൽ പ്രപഞ്ചം ലളിതവും സ്നിഗ്ദ്ധവും സരളവുമായതുകൊണ്ട് അത് എക്കാലവും വികസിക്കുമോ? അല്ലെങ്കിൽ അത് ഒരു തകർച്ചയെ നേരിടുമോ? ഇത് രണ്ടും പ്രവചിക്കാൻ കഴിയും. എന്നാൽ ഈ രണ്ട് പ്രവചനങ്ങളും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഇപ്പോഴത്തെ സാന്ദ്രതയെ ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നത്. അനതിവിദൂരഭാവിയിൽ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഇന്നത്തെ സാന്ദ്രത കൃത്യമായി തിട്ടപ്പെടുത്താൻ ശാസ്ത്രത്തിന് കഴിയുമെന്ന് നമുക്ക് പ്രതീക്ഷിക്കാം.

മനുഷ്യനും പ്രപഞ്ചവും

പ്രകൃതിയെക്കുറിച്ച് കൂടുതൽ വസ്തുതകൾ സമാഹരിക്കുക എന്നതല്ല ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ലക്ഷ്യം. പ്രകൃതിയുടെ സവിശേഷതകൾ മനസ്സിലാക്കാനും അത് ലളിതമായി പ്രതിപാദിക്കുവാനുമാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പരിശ്രമിക്കുന്നത്. പ്രകൃതിയുടെ ക്രമബദ്ധതയും സർഗക്രമവും വ്യക്തമാക്കുവാൻ ആധുനിക ശാസ്ത്രത്തിന് കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ആധുനിക ശാസ്ത്രത്തിന്റെ അദ്ഭുതകരമായ നേട്ടം വിശിഷ്യാ ഭൗതികത്തിന്റെയും ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിന്റെയും പ്രകൃതിയുടെ സങ്കീർണ്ണതകളെ വളരെ കുറച്ച് നിയമങ്ങൾകൊണ്ട് വ്യാഖ്യാനിക്കാൻ കഴിയുന്നു എന്നതാണ്. ഭൗതികത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ ലളിതവും സരളവുമാണ്. ഭൗതികത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ ഇന്ത്യയിലും ബ്രിട്ടനിലും അമേരിക്കയിലും ഒന്നാണ്. അവ ചൊവ്വയിലും ആൻഡ്രോമിഡ ഗാലക്സിയിലും ഒന്നുതന്നെയാണ്. എത്ര വേഗതയിൽ നിങ്ങൾ സഞ്ചരിച്ചാലും ഭൗതികത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കും. തറയിൽ നില്ക്കുന്ന ഒരാൾക്കും ജറ്റ്വിമാനത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ആളിനും നിയമങ്ങൾ ഒന്നാണ്. സൂര്യനു ചുറ്റും 30 കി. മീ. വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഭൂമിയിലെ ഒരാൾക്കും ഗാലക്സിക്ക് ചുറ്റും സെക്കൻഡിൽ നൂറുകണക്കിന് കിലോമീറ്റർ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരാൾക്കും ഒരേ നിയമമാണ് ബാധകമായിട്ടുള്ളത്. ഏത് വേഗതയിൽ സഞ്ചരിച്ചാലും ഭൗതികത്തിന്റെ നിയമങ്ങൾക്ക് ഒരു വ്യത്യാസവും ഇല്ല. അത് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തും ഒന്നുതന്നെയാണ്. ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം ഭൂമിയിൽ മാത്രമല്ല മറ്റെല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളിലും നക്ഷത്രങ്ങളിലും ശരിയാണ്.

പ്രപഞ്ചവും മനുഷ്യനും തമ്മിൽ സംരചനാത്മകമായ പാരസ്പര്യമുണ്ട്. പ്രപഞ്ചത്തിൽ നമ്മുടെ സ്ഥാനം എന്താണെന്നുള്ള പഠനമാണ് മാനവികതാ പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രം (Anthropic Cosmology). ഇന്ന് ഇത് വളരെ ഏറെ വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു ശാസ്ത്രശാഖയാണ്. സങ്കീർണ്ണമായ പല പ്രതിഭാസങ്ങളെയും വളരെ ലളിതമായി ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾകൊണ്ട് വിശദീകരിക്കാം. ചന്ദ്രന്റെയും മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളുടെയും ഭ്രമണത്തെക്കുറിച്ച് പുരാതനകാലം മുതൽ നമുക്കറിയാമായിരുന്നെങ്കിലും ന്യൂട്ടന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണനിയമം കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടതോടെയാണ് സൂര്യന് ചുറ്റും ഭൂമി ഉൾപ്പെടെയുള്ള ഗ്രഹങ്ങളെ എങ്ങനെ പിടിച്ചുനിർത്തുന്നുവെന്ന് നമുക്ക് മനസ്സിലായത്. രസതന്ത്രത്തിലെ സങ്കീർണ്ണതകളെ വളരെ ലളിതമായ നിയമങ്ങൾക്ക് അകത്തു കൊണ്ടുവരുവാൻ മെൻഡലീവിന് (Mendeleev) കഴിഞ്ഞു. ഓരോ മൂലകങ്ങളും തമ്മിൽ ചില ക്രമീകരണങ്ങളുണ്ടെന്ന് അദ്ദേഹം വ്യക്തമാക്കി. ഇന്നിപ്പോൾ അണുക്കൾ പ്രോട്ടോൺ, ന്യൂട്രോൺ എന്നിവകൊണ്ട്

നിർമ്മിതമാണെന്ന് നമുക്കറിയാം. പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത് ക്വാർക്കുകൾകൊണ്ടാണെന്നും അറിയാം. പ്രകൃതിയുടെ സങ്കീർണ്ണമായ പല പ്രതിഭാസങ്ങളെയും പ്രാഥമിക കണങ്ങളുടെ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെയും പ്രകൃതിബലങ്ങളുടെ ശക്തിയെയും അടിസ്ഥാനമാക്കി വിശദീകരിക്കാം.

മരത്തിൽനിന്നും ഞെട്ടറ്റ ആപ്പിൾ എന്തുകൊണ്ട് താഴേക്ക് വീഴുന്നു? ഗ്രഹങ്ങൾ എന്തുകൊണ്ട് സൂര്യനെ ചുറ്റുന്നു? എന്നീ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം പറയുന്നതിനെക്കാൾ പ്രയാസമാണ് ജീവശാസ്ത്രപരമായ പ്രക്രിയകൾക്ക് വിശദീകരണം നല്കൽ. ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗത്ത് നടക്കുന്ന കാര്യങ്ങളെക്കാൾ നമ്മൾ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുള്ളത് സൂര്യന്റെ അന്തർഭാഗത്ത് നടക്കുന്ന പ്രക്രിയകളാണ്. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിലെ സങ്കീർണ്ണതകൾ ഇന്നും നമ്മൾ പൂർണ്ണമായി മനസ്സിലാക്കിയിട്ടില്ല. എന്നാൽ അത്യുഗ്രതാപനിലയും മർദ്ദവും ഉള്ള സൂര്യകേന്ദ്രത്തിലെ ആണവപ്രക്രിയയെക്കുറിച്ച് നമുക്കു നന്നായറിയാം.

നമ്മുടെ മഹാപ്രപഞ്ചത്തിൽ ക്ഷീരപഥഗാലക്സിയെപ്പോലുള്ള പതിനായിരം കോടി ഗാലക്സികളുണ്ട്. ഓരോ ഗാലക്സിയിലും സഹസ്രകോടിക്കണക്കിന് നക്ഷത്രങ്ങളുണ്ട്. ഗാലക്സികൾ തമ്മിൽ തമ്മിൽ കാലത്തിനനുസരിച്ച് പരസ്പരം അകന്നുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണല്ലോ? പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ അഭിപ്രായത്തിൽ പ്രപഞ്ചം ഏതാണ്ട് 1500 കോടി വർഷങ്ങൾക്കു മുൻപ് അതിലെ എല്ലാ ദ്രവ്യവും ഊർജ്ജവും ഘനീഭവിച്ച് ഒരു തീപ്പന്തുപോലെ ആയിരുന്നു. ആ ആദിമ തീപ്പന്ത് പൊട്ടിത്തെറിച്ച് പ്രാഥമികകണങ്ങളും പ്രകൃതിബലങ്ങളും ഉണ്ടായി. അന്നേരം താപനില 1000 കോടി സെൽഷ്യസ് ആയിരുന്നു. അപ്പോഴത്തെ പ്രപഞ്ചവികാസനിരക്ക് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ തിട്ടപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഈ അർത്ഥത്തിൽ മഹാവിസ്ഫോടനസമയത്ത് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അവസ്ഥ ഇന്ന് സൂര്യനിലുള്ള അവസ്ഥയെക്കാൾ ലളിതമായിരുന്നു. ഇന്ന് നമുക്ക് എന്തുകൊണ്ട് പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നു എന്ന് വിശദീകരിക്കാം. അതിന് പിന്നിലെ ഭൗതികനിയമങ്ങൾ എന്താണെന്ന് വ്യക്തമായി അറിയാം. നക്ഷത്രങ്ങളും ഗാലക്സികളും വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിൽ എങ്ങനെ രൂപംകൊണ്ടുവെന്ന് നമ്മൾ വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. നമ്മുടെ ഉത്പത്തിരഹസ്യംതന്നെയും നമ്മൾ സമീപഭാവിയിൽ മനസ്സിലാക്കും. ഈ അറിവിന്റെ ഫലമായി പ്രപഞ്ചവും മനുഷ്യനും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കൂടുതൽ വ്യക്തമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്.

പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മിക്കവാറും എല്ലാ സ്ഥലവും ദുർബല വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗങ്ങൾകൊണ്ട് നിറയ്ക്കപ്പെട്ടതാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിലെ സവിശേഷമായൊരു സ്ഥലത്താണ് നാം ജീവിക്കുന്നത്. ഒരിടത്തരം നക്ഷത്രത്തിനു ചുറ്റും ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഭൂമിയിലാണല്ലോ നമ്മൾ ജീവിക്കുന്നത്. നമ്മുടെ സൂര്യൻ നമുക്കും മറ്റ് ജീവികൾക്കും ജീവിക്കാനാവശ്യമായ ഊർജ്ജം നല്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം ജീവിക്കാനാവശ്യമായ സങ്കീർണ്ണ സാഹചര്യങ്ങൾ ഒരുക്കിയിട്ടുണ്ട്. അതുപോലെതന്നെ നമ്മൾ നിലനില്ക്കുന്നത് പ്രപഞ്ചത്തിലെ പ്രത്യേകം ഒരു സമയത്താണ്. മഹാവിസ്ഫോടനത്തിൽ

മനുഷ്യജീവന് നിലനില്ക്കാൻ പറ്റിയ സാഹചര്യമായിരുന്നില്ല ഉണ്ടായിരുന്നത്. ആ സമയത്തെ സാഹചര്യമായിരിക്കാം ഇന്ന് നമ്മുടെ ഭൂമിയിലുള്ള അവസ്ഥയ്ക്ക് കാരണം. ഭാവിയിൽ ജീവന് അനുയോജ്യമല്ലാത്ത അവസ്ഥാവിശേഷങ്ങൾ ഭൂമിയിൽ ഉണ്ടായിക്കൂടെന്നില്ല. ഇന്ന് നമ്മൾ ഇവിടെ നിലനില്ക്കുന്നത് പ്രാഥമിക കണങ്ങളും പ്രകൃതിബലങ്ങളും തമ്മിലുള്ള ശരിയായ പരസ്പരബന്ധംകൊണ്ടാണ്. ഇത് നിരവധി ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഇടയാക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് നക്ഷത്രങ്ങൾ എന്തുകൊണ്ടാണിത്ര വലുതായിരിക്കുന്നത്. രണ്ട് പ്രോട്ടോണുകൾക്കിടയിലുള്ള (ഹൈഡ്രജൻ തന്മാത്ര) വൈദ്യുതകാന്തികബലത്തെ ഈ രണ്ട് കണങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണബലവുമായി നമുക്ക് താരതമ്യം ചെയ്യുനോക്കാം. ഗുരുത്വാ കർഷണബലത്തെക്കാൾ 10^{36} (1-നോട് 36 പൂജ്യം ചേർക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന സംഖ്യ) ഇരട്ടി ശക്തമാണ് വൈദ്യുതകാന്തികബലം. അണുവിന്റെ തലത്തിൽ പൂർണ്ണമായും അപ്രസക്തബലമാണ് ഗുരുത്വാകർഷണം. എന്നാൽ വളരെ കൂടുതൽ അണുക്കൾ ഒരുമിച്ചു ചേരുമ്പോൾ ഗുരുത്വബലം പ്രസക്തമാകുന്നു. മൊത്തത്തിലുള്ള ദ്രവ്യമാനം കൂടുമ്പോൾ ഗുരുത്വാകർഷണബലം വർദ്ധിക്കുന്നു. ഓരോ അണുവിലുമുള്ള അറ്റ വൈദ്യുതിചാർജ് പൂജ്യമാണ്. ഒരു പ്രോട്ടോണിന്റെ ധനചാർജും ഇലക്ട്രോണിന്റെ ഋണചാർജും പരസ്പരം നിരസിതമാകുന്നു. ഇലക്ട്രോൺ ചാർജിന്റെയും പ്രോട്ടോൺ ചാർജിന്റെയും ഈ സന്തുലിതാവസ്ഥ വിസ്മയകരമാണ്. അതുകൊണ്ട് ഭൂമിയെപ്പോലെ വലിയ ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുക്കൾക്ക് വൈദ്യുതചാർജില്ല. വൈദ്യുതകാന്തികബലമല്ല മരത്തിൽ നിന്നും കൊഴിഞ്ഞു വീഴുന്ന ആപ്പിളിനെ ഭൂമിയിലേക്ക് വലിക്കുന്നത്. ഭൂമിയുടെ അണുക്കളെല്ലാംകൂടി ഒരുമിച്ചു ചേർന്ന് പ്രയോഗിക്കുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണബലമാണ് ആപ്പിളിനെ താഴെ വീഴ്ത്തുന്നത്. എന്നാൽ ആപ്പിളിനെ വാസ്തവത്തിൽ മരത്തിൽനിന്നും വീഴാതെ പിടിച്ചുനിർത്തുന്നത് ആപ്പിൾഞെട്ടിലെ ഓരോ അണുവിനുള്ളിലും അണുക്കൾക്കിടയിലും തന്മാത്രകൾക്കിടയിലുമുള്ള വൈദ്യുതകാന്തികബലമാണ്. ആപ്പിൾ ഞെട്ടിലെ വൈദ്യുതകാന്തികബലത്തെക്കാൾ ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണം ശക്തമാകുമ്പോഴാണ് ആപ്പിൾ ഞെട്ടറ്റ് താഴേക്ക് പതിക്കുന്നത്. ആപ്പിൾഞെട്ടിലെ താരതമ്യേന എണ്ണം കുറഞ്ഞ അണുക്കളുടെ വൈദ്യുതകാന്തികബലത്തെ തകർക്കണമെങ്കിൽ ഭൂമിയുടെ മൊത്തം ഗുരുത്വാകർഷണബലം വേണം. ഇതിൽനിന്നും ഗുരുത്വാകർഷണബലം എത്ര ദുർബലമാണെന്ന് വ്യക്തമാണല്ലോ.

ഗുരുത്വം മറ്റ് ബലങ്ങളെക്കാൾ ദുർബലമാണെങ്കിലും അത് പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയിലും പ്രപഞ്ചത്തെ രൂപപ്പെടുത്തുന്നതിലും വഹിക്കുന്ന പങ്ക് വളരെ വലുതാണ്. ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് അണുകേന്ദ്രസംയോജനം നടത്താനുള്ള ശേഷിയുണ്ട്. ഇക്കാര്യം നമ്മൾ മുൻ അദ്ധ്യായങ്ങളിൽ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുള്ളതാണല്ലോ? വൈദ്യുതകാന്തികബലം പരസ്പരം നിരസിതമാകുമെങ്കിലും ഗുരുത്വബലം ഒരിക്കലും പരസ്പരം നിരസിതമാകില്ല. അതെപ്പോഴും ആകർഷണബലമാണ്. ഒരു വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് അതിന്റെ ഗുരുത്വം വർദ്ധിക്കുന്നു. 10^{54} അണുക്കളുള്ള ഒരു

വസ്തുവിനെ അതിന്റെ ഗുരുത്വബലം പിടിച്ച് ചുരുക്കുകയും തന്മൂലം അത് ചൂടാകുകയും ചെയ്യും. നക്ഷത്രങ്ങൾ ഗുരുത്വാകർഷണബലത്താൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന അണുസംയോജന (fusion) റിയാക്ടറുകളാണ്. നക്ഷത്രങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന അണുകേന്ദ്രസംയോജനപ്രക്രിയയിൽനിന്നാണ് നക്ഷത്ര പരിണാമത്തെ സംബന്ധിച്ച തത്ത്വങ്ങൾ 1920-കളിൽ ആർതർ എഡിങ്ടണും, സുബ്രഹ്മണ്യം ചന്ദ്രശേഖറും ആവിഷ്കരിച്ചത്.

ഒരു വസ്തുവിന്റെ ദ്രവ്യമാനം ഒരു പ്രോട്ടോണിന്റെ 10^{57} ഇരട്ടിയാകുമ്പോൾ അതിന്റെ ഗുരുത്വം വൈദ്യുതകാന്തികബലത്തെ കീഴടക്കുകയും അതിലെ അണുക്കളെ അമർത്തി പൊട്ടിച്ച് അണുവിന്റെ ഘടനതന്നെ ഇല്ലാതാക്കുകയുംചെയ്യുന്നു.

ഭൂമിയുടെ ആന്തരികമർദ്ദത്തിന് അതിന്റെ ഗുരുത്വത്തെ അതിജീവിക്കാൻ കഴിയുന്നതുകൊണ്ടാണ് അണുക്കളുടെ അസ്തിത്വം ഭൂമിയിൽ ഉറപ്പുവരുത്താൻ കഴിയുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ദ്രവ്യമാനം ഒരു പ്രോട്ടോണിന്റെ 10^{57} ആയിരുന്നെങ്കിൽ അതിന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണബലം അതിനെ സൂര്യനെപ്പോലെ തിളച്ചുമറിയുന്ന ഒരു തേജോഗോളമാക്കി മാറ്റുമായിരുന്നു.

പ്രോട്ടോണിന്റെ 10^{57} ഇരട്ടി ദ്രവ്യമാനമുള്ള വസ്തുവിൽ അണുകേന്ദ്രവും ഇലക്ട്രോണുകളും വേർപിരിഞ്ഞ് പരസ്പരം സ്വതന്ത്രമായി ഇടപഴകുന്ന അവസ്ഥയാണുണ്ടാവുക. അണുവിന് ഈ അവസ്ഥയിൽ സ്ഥിരത ഉണ്ടാവുകയില്ല. അണുക്കളെ ഗുരുത്വം ഒരുമിപ്പിച്ച് നിർത്തുകയും അണുകേന്ദ്ര സംയോജനം തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. അണുകേന്ദ്രങ്ങളെ പിഴിഞ്ഞ് ചുരുക്കി പുതിയ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്നതാണ് നക്ഷത്രതാപവും പ്രകാശവും. ഇന്ന് നാം നിരീക്ഷിക്കുന്നതിലും ഗുരുത്വം ദുർബലമായിരുന്നെങ്കിൽ നക്ഷത്രങ്ങൾ ഇന്നുള്ളതിലും വലുതാകുമായിരുന്നു. ഗുരുത്വം ശക്തമായിരുന്നെങ്കിൽ നക്ഷത്രങ്ങൾ ചെറുതാകുമായിരുന്നു. നക്ഷത്രങ്ങൾ ഇന്നുള്ളതിലും വലുതായിരുന്നെങ്കിൽ അവയുടെ ജനിമൃതിചക്രം വളരെ വേഗതയിലാകുമായിരുന്നു. അത്തരം നക്ഷത്രങ്ങളെ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ഗ്രഹങ്ങളിൽ മനുഷ്യനെപ്പോലുള്ള ജീവികളുടെ പരിണാമത്തിനുള്ള സാഹചര്യം ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല.

മനുഷ്യൻ ശാരീരികമായി എത്ര വലുതായിരിക്കണമെന്ന് നിശ്ചയിക്കുന്നതും പ്രകൃതിബലങ്ങളാണ്. മറ്റ് രാസവസ്തുക്കളെപ്പോലെ നമ്മുടെ ശരീരത്തെ ഒരുമിപ്പിച്ചു നിർത്തുന്നതും വൈദ്യുതകാന്തികബലമാണ്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിൽ എത്ര അണുക്കൾ ഉണ്ടെന്നുള്ളതനുസരിച്ചാണ് നമ്മുടെ ശരീരത്തിനുമേൽ ചെലുത്തുന്ന ഗുരുത്വം—നമ്മുടെ ഭാരം. ശരീരം വലുതാണെങ്കിൽ ഗുരുത്വം കൂടും. തടിയന്മാർക്ക് ഗുരുത്വം കൂടും. അതുകൊണ്ട് തടിയന്മാർ താഴെ വീഴുമ്പോൾ അവർക്ക് കൂടുതൽ പരുക്ക് ഉണ്ടാകും. അദ്ഭുതകരമായ കാര്യം ഭൂമിയുടെ വലിപ്പമുള്ള ഒരു ഗ്രഹത്തിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ ജീവിക്കാൻ വേണ്ട ഭാരമേ നമുക്കുള്ളൂ എന്നതാണ്. അതിനനുസരിച്ചാണ് നമ്മുടെ ജീവിതരീതിയും. നമ്മുടെ ശരീരം വലുതായിരുന്നെങ്കിൽ നമുക്ക് ഭൂമിയിൽ ജീവിക്കാൻ കഴിയുമായിരുന്നില്ല. തിമിംഗലം വളരെ വലുതായിരി

ക്കുന്നത് അത് ജലജീവി ആയതുകൊണ്ടാണ്. നമ്മുടെ പൂർവ്വികർ വനങ്ങളിൽ ജീവിച്ചിരുന്നവരായിരുന്നു. അവരുടെ ഭാരം വളരെ കൂടുതലായിരുന്നെങ്കിൽ അവർ മരങ്ങളിൽനിന്ന് വീണ അവസരങ്ങളിൽ അവർക്ക് മാരകമായ പരുക്കുകൾ ഏല്ക്കുമായിരുന്നു. നമുക്ക് വംശനാശം സംഭവിക്കുമായിരുന്നു. നമ്മുടെ നിലനില്പിന് അനിവാര്യമാണ് പ്രകൃതി ബലങ്ങൾ തമ്മിൽ ഇന്നുള്ള അനുപാതം. അവ തമ്മിൽ ഇന്നുള്ളതിൽനിന്നും എന്തെങ്കിലും വ്യത്യാസം ഉണ്ടായിരുന്നെങ്കിൽ നമ്മൾ ഇവിടെ ഉണ്ടാകു മായിരുന്നില്ല. ഉദാഹരണത്തിന് അണുകേന്ദ്രത്തിലെ പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയും ഒരുമിപ്പിച്ചു നിർത്തുന്ന ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലം, വൈദ്യുത കാന്തികബലവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ഇന്നുള്ളതിൽനിന്നും അല്പം കൂടി ശക്തമായിരുന്നെങ്കിൽ ഇരട്ടപ്രോട്ടോണുകളുള്ള അണുകേന്ദ്രം സുസ്ഥിരമായിരുന്നേനെ. എന്നാൽ നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഇരട്ടപ്രോട്ടോണിന് നിലനില്ക്കാൻ കഴിയില്ല. കാരണം ധനചാർജ്ജുള്ള രണ്ട് പ്രോട്ടോണുകൾക്കിടയിലുള്ള വികർഷണബലം അവ തമ്മിലുള്ള അണുകേന്ദ്ര ആണവ ആകർഷണബലത്തെ കീഴ്പ്പെടുത്തുന്നതുകൊണ്ടാണ്. സ്ഥിരതയുള്ള ഒരണുകേന്ദ്രത്തിൽ രണ്ട് പ്രോട്ടോണുകൾക്ക് നിലനില്ക്കാൻ കഴിയണമെങ്കിൽ ഒന്നോ രണ്ടോ ന്യൂട്രോൺ വേണം. ഈ ചാർജ്ജില്ലാത്ത കണങ്ങൾ വികർഷണബലത്തെ ബാധിക്കാതെ ആകർഷണബലത്തെ വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു.

പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും അടങ്ങുന്ന അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ സംയോജിപ്പിക്കുന്നതിലൂടെയാണ് നക്ഷത്രങ്ങൾ ഊർജ്ജം ഉത്പാദിപ്പിക്കുന്നത്. ഇതിനു പകരം പ്രോട്ടോൺ ജോഡികളുള്ള അണുകേന്ദ്രങ്ങളെ സംയോജിപ്പിച്ച് ഡൈപ്രോട്ടോൺ ഉണ്ടാവാം. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന നക്ഷത്രവും പ്രപഞ്ചവും തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഇന്നത്തേതുപോലുള്ള പ്രപഞ്ചമായിരിക്കില്ല അത്. ശക്തഅണുകേന്ദ്രബലം നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചത്തിലുള്ളതിനെക്കാൾ അല്പം ദുർബലമായിരുന്നെങ്കിൽ സങ്കീർണ്ണ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ രൂപപ്പെടുമായിരുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചം മുഴുവനും ഹൈഡ്രജൻകൊണ്ട് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടതാകുമായിരുന്നു. ഹൈഡ്രജനും ആദിമ ഹീലിയവും ഒഴിച്ചുള്ള മറ്റെല്ലാ മൂലകങ്ങളും ആദ്യതലമുറയിലെ നക്ഷത്രങ്ങളിൽ നടന്ന അണുകേന്ദ്ര സംയോജനപ്രക്രിയയിലൂടെ രൂപം കൊണ്ടതാണ്. ആ നക്ഷത്രങ്ങൾ പൊട്ടിത്തെറിച്ചപ്പോഴുണ്ടായ നക്ഷത്രാന്തരീയവാതകങ്ങളിൽനിന്നും മേഘപടലങ്ങളിൽനിന്നും രൂപംകൊണ്ടതാണല്ലോ സൂര്യനെപ്പോലുള്ള നക്ഷത്രങ്ങൾ. ഗുരുത്വബലം ഇന്നുള്ളതിൽ നിന്നു ദുർബലമായിരുന്നെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചം ഇന്നത്തെക്കാൾ ചെറുതാകുമായി രുന്നു. നക്ഷത്രപരിണാമം അതിവേഗതയിൽ നടന്നേനെ. നക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് സൂര്യദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ 10^{15} ഭാരമേ ഉണ്ടാകുമായിരുന്നുള്ളു. നക്ഷത്രങ്ങൾ നീണ്ടകാലം കത്തിയെരിയുമായിരുന്നില്ല. അങ്ങനെയുള്ള ഒരു പ്രപഞ്ചത്തിൽ ജീവന് പരിണമിക്കാനാവശ്യമായ സമയം ലഭിക്കില്ല.

യഥാർത്ഥത്തിൽ നമ്മുടെ നിലനില്പിനാവശ്യമായ അവസ്ഥാവിശേഷങ്ങളാണ് നക്ഷത്രങ്ങളിലും പ്രപഞ്ചത്തിലൊട്ടാകെയും ഉള്ളത്. നമ്മൾ കാർബൺ അടിസ്ഥാനമായി രൂപംകൊണ്ട ജീവരൂപമാണ്. ഒറ്റ

നോട്ടത്തിൽ ജീവന് നിലനില്ക്കാനും ബൗദ്ധികപരിണാമത്തിനും സൂര്യനെ ചുറ്റി സഞ്ചരിക്കുന്ന നമ്മുടെ ഭൂമി മാത്രം മതിയെന്ന് തോന്നാം. പ്രപഞ്ചത്തിൽ സൗരയൂഥം മാത്രമാണുണ്ടായിരുന്നതെങ്കിൽ മനുഷ്യനുണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വ്യാപ്തി എത്രയെന്നോ, എത്ര നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും ഉണ്ടെന്നോ കൃത്യമായി പറയാൻ മാർഗ്ഗങ്ങളൊന്നുമില്ല. ഏകദേശം 10^{18} നക്ഷത്രങ്ങളുണ്ടെന്ന് അനുമാനിക്കുന്നു. ഇതിലേറ്റവും കുറഞ്ഞത് ഒരു ശത മാനം നക്ഷത്രങ്ങൾ സൂര്യനെപ്പോലെ ഉള്ളതാവാം. ഈ നക്ഷത്രങ്ങൾക്കു ചുറ്റും ഭൂമിയെപ്പോലുള്ള ശതകോടിക്കണക്കിന് ഗ്രഹങ്ങളുണ്ടാകാം. ആധു നിക ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ പ്രപഞ്ചം 1500 കോടി പ്രകാശവർഷം അകലെ വരെ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നതായിട്ടാണ് കണക്കുകൂട്ടിയിട്ടുള്ളത്. 1500 കോടി പ്രകാശവർഷം അകലെനിന്നുള്ള പ്രകാശമേ ഭൂമിയിൽ ഇതുവരെ എത്തി ച്ചേർന്നിട്ടുള്ളു. അതുകൊണ്ടാണ് പ്രപഞ്ചപ്രായം 1500 കോടി വർഷമായി കണക്കാക്കുന്നത്. പ്രപഞ്ചവലിപ്പവും പ്രായവും തമ്മിൽ ബന്ധമുണ്ടോ? ഉണ്ടെ ന്നാണ് ഉത്തരം.

മനുഷ്യൻ പരിണമിച്ചുണ്ടാകുന്നതിന് ഇത്രയും വയസ്സും വ്യാപ്തിയു മുള്ള പ്രപഞ്ചം വേണം. മറ്റൊരു അത്ഭുതകരമായ വസ്തുത മഹാവിസ്ഫോ ടനം മുതൽ പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നത് ഗാലക്സികളും നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും കാർബൺ അടിസ്ഥാനമായ ജീവനും രൂപംകൊള്ളാൻവേണ്ട ശരിയായ വേഗതയിലാണ്. പ്രകൃതിബലങ്ങളിലേതെങ്കിലും ഒന്നിന് എന്തെ ങ്കിലും ചെറിയ മാറ്റം ഉണ്ടായിരുന്നെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചം ജീവന്റെ നിലനില്പിന് അനുയോജ്യമാകുമായിരുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചത്തിലെ സാഹചര്യങ്ങൾ (പരി സ്ഥിതി) നമ്മെപ്പോലുള്ള ജീവരൂപങ്ങൾക്ക് അസാധാരണമായ നിലയിൽ അനുയോജ്യമാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ സ്വഭാവവിശേഷങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന താണ് മനുഷ്യൻ. വളരെ പ്രശസ്തരായ ചില ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അഭിപ്രായപ്പെ ടുന്നത് പരിശോധിക്കുന്നത് ഉചിതമായിരിക്കും. പ്രസിദ്ധ അമേരിക്കൻ ഭൗതിക ജ്ഞനായ ഫ്രീമാൻ ഡൈസൺ (Freeman Dyson) പറഞ്ഞു: "നമ്മൾ വരു ന്നുണ്ടെന്ന് പ്രപഞ്ചത്തിനറിയാമായിരുന്നു." 'ഗാലക്സീസ്, ന്യൂക്ലിയെ ആൻഡ് കാസാർ' എന്ന പുസ്തകത്തിൽ ഫ്രെഡ് ഹോയൽ എഴുതി: "നക്ഷത്ര ങ്ങളിലെന്ത് സംഭവിക്കുമെന്ന് മനസ്സിലാക്കി ബോധപൂർവ്വം രൂപകല്പന ചെയ്യപ്പെട്ടതാണ് ഭൗതികനിയമങ്ങൾ. കാർബണിന്റെയും ഓക്സിജ ന്റെയും അണു കേന്ദ്രങ്ങളുടെ ഊർജനിലവാരം ശരിയായിട്ടുള്ള സ്ഥല ങ്ങളിൽ മാത്രമേ നമ്മ ളുള്ളു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വളരെ ചെറിയ ഒരു ഭാഗത്ത് മാത്രമാണ് ഈ സാഹചര്യം ഉള്ളത്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങ ളിലും വിവിധ കാലത്തും സൂക്ഷ്മ ഭൗതികസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ (Microphysical constants) വ്യത്യസ്തമാണോ എന്ന് ഭൗതികജ്ഞന്മാർക്ക് സംശയം ഉണ്ടായി രുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിരാങ്കം പ്രപഞ്ചം പ്രായമാകുന്നതിനനുസരിച്ച് മാറുമെന്ന് പോൾ ഡിറാക്ക് പ്രവചിച്ചിരുന്നു. എന്നാൽ ഇന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞ ന്മാർ നടത്തിയിട്ടുള്ള സൂക്ഷ്മ നിരീക്ഷണങ്ങൾ ഇത് തെറ്റാണെന്നു തെളിയിച്ചു. പ്രപഞ്ചത്തിലെ അതിവിദൂരസ്ഥമായ ക്വാസാറുകളിലെ അണുവി ന്റെയും മഹാവിസ്ഫോടനത്തിനുശേഷമുള്ള ആദ്യകാല പ്രപഞ്ചത്തിൽ

രൂപംകൊണ്ട അണുവിന്റെയും ഗുണധർമ്മങ്ങൾ ഒന്നാണെന്നു തെളിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങൾ തമ്മിൽ ഇത്തരത്തിലുള്ള ബന്ധം ഇല്ലായിരുന്നെങ്കിൽ ശാസ്ത്രീയ പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനം തന്നെ വികസിക്കുമായിരുന്നില്ല. നിരവധി പ്രപഞ്ചങ്ങൾ ഉണ്ടാകാമെന്ന് വന്നാലും നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചത്തിലെ സ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെയാണ്. മറ്റ് പ്രപഞ്ചങ്ങളിലെ സ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ വ്യത്യസ്തവുമായിരിക്കാം. പ്രസിദ്ധ ജീവശാസ്ത്രജ്ഞനായ സി.എഫ്.എ. പാൻറീൻ പറഞ്ഞു: ''നമ്മുടെ ഭൗതിക പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഗുണധർമ്മങ്ങൾ ജീവിവർഗ്ഗത്തിന്റെ പരിണാമത്തിന് ഏറ്റവും അനുയോജ്യമാണ്. ഈ സാഹചര്യം ഇല്ലായിരുന്നെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചത്തെ നിരീക്ഷിക്കാൻ ആരും ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. സ്വന്തം ഉത്പത്തിയെക്കുറിച്ച് അദ്ഭുതപ്പെടാൻ ധൈഷണിക ജീവൻ ഇല്ലാത്ത പ്രപഞ്ചത്തിനെന്തർത്ഥം.''

ജ്യോതിശ്ശാസ്ത്രത്തിനുണ്ടായ അദ്ഭുതകരമായ വികാസം പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അതിരുകൾ വിസ്തൃതമാക്കി. കാണ്ടം ഭൗതികം മനുഷ്യനെയും പ്രകൃതിയെയും വേർതിരിക്കുന്ന കണ്ണാടി പൊട്ടിച്ചു മാറ്റി. ജ്യോതിഭൗതികം 'ദ്രവ്യം' പ്രപഞ്ചത്തിലെല്ലായിടത്തും ഒന്നുതന്നെയാണെന്നും അത് എല്ലായിടത്തും ഒരേ നിയമങ്ങൾ അനുസരിക്കുന്നുവെന്നും തെളിയിച്ചു. നക്ഷത്രങ്ങളിലെ അണുകേന്ദ്രസംയോജനം മുതൽ ജീവന്റെ രസതന്ത്രം വരെയുള്ള സമസ്തകാര്യങ്ങളിലും അദ്ഭുതകരമായ പ്രാപഞ്ചിക ഐക്യം (cosmic unity) ദൃശ്യമാണ്. ഡാർവിന്റെ പരിണാമസിദ്ധാന്തം ഭൂമിയിലെ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും പരസ്പരാശ്രിതവും പരസ്പര ബന്ധിതവുമാണെന്നും അവ സാധാരണ ദ്രവ്യത്തിൽനിന്ന് രൂപപ്പെട്ടതാണെന്നും തെളിയിച്ചു. നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും എന്തുകൊണ്ടാണോ നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത് അതുകൊണ്ടുതന്നെയാണ് നമ്മളും നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്.

മനുഷ്യനും പ്രപഞ്ചവും ഒരർത്ഥത്തിൽ ഒന്നുതന്നെയാണ്. ഈ ചിന്താഗതി നൂറ്റാണ്ടുകളായി നിലനിന്നു പോന്നിട്ടുള്ളതുമാണ്. മതങ്ങളുടെ വിശുദ്ധഗ്രന്ഥങ്ങളിലും ദർശനങ്ങളിലും ഈ രീതിയിലുള്ള വിശ്വാസം കാണാൻ കഴിയും. യഹോവയായ ദൈവം നിലത്തെ പൊടികൊണ്ട് മനുഷ്യനെ (ആദമിനെ) നിർമ്മിച്ചു. ഗ്രീക്ക് തത്ത്വചിന്തകനായിരുന്ന ഹെരാക്ലീറ്റസിന് എല്ലാ വസ്തുക്കളും ഒന്നായിരുന്നു. ചൈനയിലെ ലാവോത്സു (Laotzu) മനുഷ്യനും പ്രകൃതിയും ഒന്നാണെന്ന് ചിന്തിച്ചു. രണ്ടിനെയും നിയന്ത്രിക്കുന്നത് ഒരേ തത്ത്വമാണ്. ആ ഏകതത്ത്വത്തെ 'താവോ' എന്നദ്ദേഹം വിളിച്ചു. ഭാരതീയ ഷഡ്ദർശനങ്ങളും ഈ കാഴ്ചപ്പാടിനെ ശരിവയ്ക്കുന്നു. ന്യായ വൈശേഷികങ്ങൾക്ക് പഞ്ചഭൂതങ്ങളാൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടതാണ് പ്രപഞ്ചം. ചാർവാകന്മാരുടെ പ്രപഞ്ചം പരമാണുക്കളെക്കൊണ്ട് നിർമ്മിക്കപ്പെട്ടതാണ്. ഒരേ ഒരു വസ്തുവിന്റെ (പ്രധാനം) രൂപാന്തരണമാണ് പ്രപഞ്ചമെന്ന് സാംഖ്യം അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഭൂമിയിലെ ജീവനുള്ള വസ്തുക്കളുടെ പരസ്പര ബന്ധങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുന്ന ക്രോമസോം പട്ടികയും (chromosome chart) ഫോസിൽ റിക്കാർഡുകളും ആധുനിക രസതന്ത്രവും പ്രാപഞ്ചിക രാസപദാർത്ഥങ്ങൾ മുതൽ ജീവജാലങ്ങൾ വരെയുള്ള എല്ലാറ്റിലും പ്രാപഞ്ചിക

ഐക്യം ഉണ്ടെന്ന് വ്യക്തമാക്കി. നാം പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അഭേദ്യഭാഗമാണ്. ഏകകോശജീവിയിൽനിന്നുള്ള മനുഷ്യന്റെ പരിണാമത്തിൽ ഉണ്ടായതാണ് ബുദ്ധി.

മനുഷ്യൻ പരിണമിച്ചുണ്ടാകാനുള്ള സാധ്യത പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഭൂമിയിൽ അല്ലാതെ മറ്റെങ്ങും ഇല്ലെന്നാണ് ഒരു വാദം. ഇതിന് ബദലായി മനുഷ്യന് തുല്യമോ മനുഷ്യനെക്കാൾ കൂടുതലോ ബുദ്ധിയുള്ള ജീവികൾ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലുണ്ടാകാം എന്ന മറ്റൊരു വാദവും ഉണ്ട്. നമ്മൾ മാത്രമല്ല പ്രപഞ്ചത്തെ അദ്ഭുതത്തോടെ നോക്കുന്നതും പഠിക്കുന്നതും എന്നു വരാം. ഒരുപക്ഷേ, സൗരയൂഥത്തിലെ ഗ്രഹങ്ങളിലും മറ്റ് നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഗ്രഹങ്ങളിലും മനുഷ്യനെക്കാൾ പുരോഗമിച്ച ബുദ്ധിജീവിവർഗ്ഗം ഉണ്ടാകാം. എന്നാൽ ഇന്നുവരെ മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളിൽ നമ്മെപ്പോലെയോ നമ്മെക്കാൾ മെച്ചപ്പെട്ടതോ ആയ ബുദ്ധിജീവിവർഗ്ഗം ഉള്ളതായി തെളിവുകളൊന്നും നമുക്ക് ലഭിച്ചിട്ടില്ല.

മനുഷ്യന്റെ പരിണാമത്തിന് പ്രപഞ്ചപ്രായത്തോളം പഴക്കം ഉണ്ട്. 1500 കോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുൻപ് മഹാവിസ്ഫോടനം നടന്നു. ആദ്യം നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ആദ്യതലമുറ രൂപംകൊണ്ടു. ഈ നക്ഷത്രങ്ങൾ ആദ്യം ഉണ്ടായിരുന്ന ഹൈഡ്രജനെയും ഹീലിയത്തെയും മാറ്റി നമ്മെ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളായ കാർബണും ഓക്സിജനും ഉണ്ടാക്കി. ഈ നക്ഷത്രങ്ങൾ സൂപ്പർനോവസ്ഫോടനത്തിന് വിധേയമാകുകയും ഇതിന്റെ അവശിഷ്ടങ്ങളിൽനിന്ന് മറ്റ് നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും നമ്മുടെ സൗരയൂഥവും രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്തു. സൗരയൂഥത്തിന് 500 കോടി വർഷം പഴക്കം ഉണ്ടല്ലോ? ആദ്യത്തെ ഒന്നോ രണ്ടോ ശതകോടി വർഷങ്ങളിൽ ഭൂമിയുടെ ചൂട് അത്യുഗ്രമായിരുന്നു. തിളച്ചു മറിയുകയായിരുന്നു. ഈ അവസ്ഥ സങ്കീർണ്ണമായ എന്തിന്റെയും വികാസത്തിന് യോജിച്ചതായിരുന്നു. കാലക്രമത്തിൽ ഭൂമി തണുക്കുകയും പാറകളിൽനിന്ന് ഉൽസർജ്ജനം ചെയ്യുന്ന വാതകങ്ങൾ അന്തരീക്ഷം ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്തു. ഈ ആദ്യകാല അന്തരീക്ഷം നമുക്ക് ജീവിക്കാൻ പറ്റിയത് ആയിരുന്നില്ല. കാരണം അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഓക്സിജൻ ഉണ്ടായിരുന്നില്ല. ഹൈഡ്രജൻസൾഫൈഡ് പോലെ ഉള്ള വിഷവാതകങ്ങൾ നിറഞ്ഞതായിരുന്നു അന്തരീക്ഷം. ഈ പരിതഃസ്ഥിതിയിലും ജീവന്റെ പ്രാകൃതരൂപങ്ങളുണ്ടായിരുന്നു. ഇവയുടെ ഉദ്ഭവം സമുദ്രത്തിലായിരുന്നുവെന്ന് കരുതപ്പെടുന്നു. സമുദ്രത്തിലുണ്ടായ സൂക്ഷ്മജീവികളുടെ കോശങ്ങളിലുണ്ടായ ഉൾപരിവർത്തനത്തിലെ (mutation) പിശകുകൾ മൂലം പുതിയ ജീവികൾ ജനിക്കുന്നതിനിടയായതായിരിക്കാം. പുതിയതായി ജനിച്ച ജീവികൾ മുൻപുള്ളതിനെക്കാൾ ഗുണപരമായി മെച്ചപ്പെട്ടതായിരുന്നിരിക്കാം. ഇത്തരം ഒരു പരിണാമപ്രക്രിയയിലൂടെ കൂടുതൽ അതിജീവനശേഷിയുള്ള ജീവികൾ രൂപംകൊണ്ടു. തുടക്കത്തിൽ ഇത്തരം ജീവികൾ ഹൈഡ്രജൻ സൾഫൈഡുപോലുള്ള വാതകങ്ങൾ ശ്വസിക്കുകയും, ഓക്സിജനെ പുറത്ത് വിടുകയും ചെയ്തിരിക്കാം. ഉച്ഛ്വസിക്കപ്പെട്ട ഓക്സിജൻ സാവധാനത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തെ മാറ്റിയിട്ടുണ്ടാകും. ഇതിന്റെ ഫലമായി മത്സ്യം, ഉരഗങ്ങൾ, സസ്തനികൾ, അവസാനം മനുഷ്യനും ജീവിക്കാൻ കഴിയുന്ന തരത്തിൽ

അന്തരീക്ഷം മാറിയിട്ടുണ്ടാകാം. ഈ ജീവപരിണാമത്തിന് 300 കോടി വർഷമാണെടുത്തിട്ടുള്ളത്. ഈ പരിണാമപ്രക്രിയയുടെ ഉദാത്തവും ഏറ്റവും മഹത്തരവുമായ സൃഷ്ടി മനുഷ്യനാണ്. മനുഷ്യന്റെ കഴിവുകൾക്ക് പരിമിതിയില്ല. അതിജീവനത്തിനുള്ള അവന്റെ കരുത്ത് അസാധാരണമാണ്. 1500 കോടി വൃത്താന്തങ്ങൾ സൂക്ഷിക്കുവാൻ അവന്റെ മസ്തിഷ്കത്തിന് ശേഷിയുണ്ട്. പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനം നമ്മെ നമ്മുടെ പൂർവ്വികത്വത്തിലേക്ക് നയിക്കുന്നു. സസ്തനി മുതൽ പിന്നോട്ട് മത്സ്യംവരെയും അവിടന്ന് അമിനോ ആസിഡ് മുതൽ ആദി ജീവദ്രവ്യത്തിലേക്കും വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നു നമ്മുടെ പൂർവ്വികത്വം.

പണ്ടു മുതൽ ഒരു വിഭാഗം തത്ത്വചിന്തകന്മാരും ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മറ്റു ഭാഗങ്ങളിൽ ജീവനുണ്ടെന്ന് വിശ്വസിച്ചുവരുന്നു. ക്രി.മു. നാലാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന മെട്രോഡോറസ് (Metrodorus) എന്ന അണുസിദ്ധാന്തവാദി അനന്തപ്രപഞ്ചത്തിൽ ഭൂമിയിലുള്ളതുപോലെ നിരവധി ലോകങ്ങളിൽ ജീവനുണ്ടെന്ന് അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. തത്ത്വചിന്തകനായ ലൂക്രിഷ്യസ് നമ്മുടേതുപോലെയും അല്ലാതെയും ഉള്ള അനന്ത എണ്ണം ലോകങ്ങളുണ്ടെന്ന വിശ്വാസം പുലർത്തിയിരുന്നു. മറ്റ് ലോകങ്ങളിൽ ജീവനുണ്ടോ എന്ന പ്രഹേളികയ്ക്ക് ഉത്തരം കണ്ടെത്താനുള്ള അന്വേഷണം നടത്താനുള്ള കഴിവ് മനുഷ്യൻ ആർജ്ജിച്ചത് ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ മദ്ധ്യത്തിൽ അവൻ ഭൂമിയുടെ സീമകളെ ഭേദിച്ച് ബഹിരാകാശത്ത് കടന്നതോടെയാണ്. 1960-കളിൽ മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളിലേക്ക് ബഹിരാകാശവാഹനങ്ങൾ അയയ്ക്കാൻ തുടങ്ങി. അമേരിക്കയും സോവിയറ്റ്യൂണിയനും ശുക്രനിലേക്കും ചൊവ്വയിലേക്കും പരീക്ഷണ ഉപഗ്രഹങ്ങൾ അയച്ചു. ചൊവ്വയിലും ശുക്രനിലും ജീവന്റെ ഒരു ലക്ഷണംപോലും ഈ ഉപഗ്രഹങ്ങൾക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. ചൊവ്വാ പഠനത്തിനുവേണ്ടി മാത്രം 1975-ൽ അമേരിക്ക നടപ്പാക്കിയ വിക്കിങ് പദ്ധതിക്ക് (Viking Project) ചൊവ്വയ്ക്കൊരു ജീവമണ്ഡലം ഉണ്ടെന്ന് സ്ഥാപിക്കാൻ കഴിഞ്ഞില്ല. വളരെ അടുത്തകാലത്ത് (1997 ജൂലൈ 4-ന്) ചൊവ്വയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നാസാ വിക്ഷേപിച്ച ബഹിരാകാശ വാഹനമായ പാത്ത്ഫൈൻഡർക്കും അവിടെ ജീവന്റെ സ്പന്ദം കണ്ടെത്താനായില്ല. സൗരയൂഥത്തിൽ ഭൂമിയിൽ അല്ലാതെ മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളിൽ ജീവൻ ഇല്ലെന്നതുകൊണ്ട് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മറ്റേതെങ്കിലും ഭാഗത്ത് ജീവനില്ലെന്നുള്ള പൊതു നിഗമനത്തിൽ നമുക്കിപ്പോൾ എത്തിച്ചേരാൻ കഴിയില്ല.

സൗരയൂഥത്തിനപ്പുറം ജീവനുണ്ടോ? ഉണ്ടെങ്കിൽ നമുക്ക് പരിശോധിക്കാൻ അത്ര എളുപ്പമല്ല. നക്ഷത്രങ്ങൾ വളരെ അകലെയാണ്. മണിക്കൂറിൽ പത്തുലക്ഷം മൈൽ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ബഹിരാകാശവാഹനത്തിന് ഭൂമിയിൽനിന്ന് ചൊവ്വയിലെത്താൻ ഒരു മണിക്കൂർ വേണം. നമ്മുടെ ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള നക്ഷത്രമായ ആൽഫാ സെൻറാറിയിലെത്താൻ 3000 വർഷമെടുക്കും. അവിടെനിന്ന് അതിനടുത്ത നക്ഷത്രമായ ഡെൽറ്റാ പവോണിസിൽ (Delta Pavonis) എത്താൻ ആയിരക്കണക്കിന് വർഷം വേണ്ടിവരും. ഇതിൽനിന്ന് ഒരു കാര്യം വ്യക്തമാണ്. ഇന്നുള്ള ബഹിരാകാശവാഹനങ്ങൾക്ക് സൗരയൂഥത്തിനപ്പുറം സഞ്ചരിക്കാനുള്ള ശേഷിയില്ല.

സൗരയൂഥത്തിനപ്പുറം ബുദ്ധിജീവിവർഗ്ഗം ഉണ്ടോ എന്ന് പരിശോധിക്കുവാനുള്ള മാർഗ്ഗം റേഡിയോ ദൂരദർശിനികളാണ്. വിദൂര നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഗ്രഹങ്ങളിലെ നാഗരികതകളിൽ മനുഷ്യനെപ്പോലുള്ള ജീവികൾ പ്രസരിപ്പിക്കുന്ന വൈദ്യുത കാന്തിക തരംഗങ്ങൾ (റേഡിയോ ടെലിവിഷൻ പ്രസരണം) റേഡിയോ ദൂരദർശിനി ഉപയോഗിച്ച് പിടിച്ചെടുക്കാം. ഈ ആശയത്തിൽനിന്ന് രൂപംകൊണ്ടതാണ് ഭൗമേതര ബുദ്ധിജീവി വർഗ്ഗത്തെക്കുറിച്ചുള്ള അന്വേഷണം. 1970-കളിലും 1980-കളിലും ഭൗമേതര ബുദ്ധിജീവികളുടെ റേഡിയോതരംഗങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കുന്നതിനുവേണ്ടി അമേരിക്കയും സോവിയറ്റ് യൂണിയനും നടത്തിയ ഗവേഷണങ്ങൾ പരാജയപ്പെട്ടു. ബഹിരാകാശത്ത് നിന്നും റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ പിടിച്ചെടുക്കുന്നതിന് പകരം ഇതര ലോകങ്ങളിലേക്ക് റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ അയയ്ക്കാനുള്ള ഒരു ശ്രമം 1974-ൽ അമേരിക്കയും സോവിയറ്റ് യൂണിയനും നടത്തുകയുണ്ടായി. പടുകൂറ്റൻ റേഡിയോ ടെലസ്കോപ്പുകളാണ് ഇതിനുവേണ്ടി ഉപയോഗിച്ചത്. മുപ്പതിനായിരത്തോളം നക്ഷത്രങ്ങളുള്ള മെസ്യ-13 എന്ന ഗാലക്സിയിലേക്കാണ് സിഗ്നലുകൾ അയച്ചത്. ഈ ഗാലക്സിയിലെ നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഗ്രഹങ്ങളിൽ നാഗരികതകൾ നിലനില്ക്കാനുള്ള സംഭാവ്യത 0.5 ആണെന്നാണ് ഗവേഷകന്മാരുടെ അഭിപ്രായം. ഭൂമിയിൽനിന്ന് റേഡിയോതരംഗം അവിടെ എത്താൻ 24,000 വർഷമെടുക്കും. അതുകൊണ്ട് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞത് 48000 വർഷം കഴിഞ്ഞായിരിക്കും മറുപടി കിട്ടുന്നത്. ഇതും ഒരു പരാജയപ്പെട്ട പരീക്ഷണമായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിൽ നമ്മുടെ ഗ്രഹത്തിലൊഴിച്ച് മറ്റെവിടെയെങ്കിലും ജീവനുണ്ടെന്ന് സ്ഥിരീകരിക്കുന്ന അനുഭവാധിഷ്ഠിത വസ്തുക്കളൊന്നും നമ്മുടെ പക്കലില്ല.

ബുദ്ധിജീവിവർഗ്ഗം പരിണമിച്ചുണ്ടാകാനുള്ള സാധ്യത പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഭൂമിയിലല്ലാതെ മറ്റൊരു ഗ്രഹത്തിലും ഇല്ലെന്നാണ് ആധുനിക ഗവേഷണങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. സൂര്യന് ചുറ്റുമുള്ള ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണപഥം കുറച്ചുകൂടി അടുത്തായിരുന്നെങ്കിൽ അതിലെ ജലം മുഴുവൻ ആവിയായിപ്പോയേനെ. അതല്ല കുറച്ചുകൂടി അകലെയായിരുന്നെങ്കിൽ ജലം മുഴുവൻ ഉറഞ്ഞ് മഞ്ഞുകട്ടിയാകുമായിരുന്നു. ഇത്തരം സാഹചര്യങ്ങളിൽ മനുഷ്യൻ പരിണമിച്ചുണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല. മനുഷ്യപരിണാമത്തിനനുയോജ്യമായ എല്ലാ സാഹചര്യങ്ങളും ഉള്ളതാണ് ഭൂമി. പ്രസിദ്ധ ഫ്രഞ്ച് ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ബ്രാൻഡൻ കാർട്ടറു(Brandon Carter)ടെ അഭിപ്രായത്തിൽ ജീവൻ പ്രപഞ്ചത്തിൽ അപൂർവ്വമാണ്. ജീവപരിണാമം സുദീർഘവും സങ്കീർണ്ണവുമായ പ്രക്രിയയാണ്. ജീവപരിണാമത്തിന് നക്ഷത്രപരിണാമത്തെക്കാൾ പഴക്കം ഉണ്ട്. പരിണാമം ഭൂമിയിൽ വളരെ വേഗതയിലാണ് നടന്നത്. അതിനുള്ള കാരണം നമ്മുടെ ഗ്രഹം സവിശേഷതയുള്ള ഒന്നാണ്. ഭൂമിക്ക് അസാധാരണ വലിപ്പമുള്ള ചന്ദ്രനുണ്ട്. യഥാർത്ഥത്തിൽ ഭൂമി ഒരു ഇരട്ടഗ്രഹമാണ്. ചന്ദ്രന്റെ ആകർഷണഫലമായുണ്ടാകുന്ന വേലിയേറ്റങ്ങളും വേലിയിറക്കങ്ങളും ജീവപരിണാമത്തെ സഹായിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ സവിശേഷ സാഹചര്യം സൗരയൂഥത്തിൽ മറ്റെവിടെയും ഇല്ല. നമ്മുടെ ക്ഷീരപഥ ഗാലക്സിയുടെയോ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ മറ്റേതെങ്കിലും ഭാഗത്തോ ഇത്തരം സാഹചര്യങ്ങൾ ഉണ്ടാകണ

മെന്നില്ല. ഈ പരികല്പനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ബുദ്ധിജീവി വർഗ്ഗം അപൂർവ്വമാണെന്ന നിഗമനത്തിൽ കാർട്ടർ എത്തുന്നത്. പ്രപഞ്ചത്തിൽ മറ്റൊരിടത്തും ജീവൻ ഇല്ലെങ്കിൽ പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഭൂമിക്കുള്ള സ്ഥാനം മഹത്താണ്. മനുഷ്യവംശത്തിന്റെ സ്ഥാനവും അതുപോലെ അദ്വിതീയമാണ്. ഇന്ന് ഭൂമിയിൽ ഏകദേശം 10 ലക്ഷത്തിലധികം ജീവജാതികളുണ്ട്. ഇതിൽ ഓരോന്നിന്റെയും പരിണാമം ഒരായിരം പരാജയപ്പെട്ട ഉൾപരിവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി ഉണ്ടായിട്ടുള്ളതാണ്. ഇതുപോലെ ജീവപരിണാമം നടന്നിട്ടുള്ള ഗ്രഹങ്ങൾക്കുള്ള സാധ്യത 100 കോടിയിൽ ഒന്നു മാത്രമാണ്. മാനവസംസ്കാരത്തിന് തുല്യമായ മറ്റൊരു സംസ്കാരം പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഉണ്ടാകുവാനുള്ള സംഭാവ്യത 10^{15}-ന് ഒന്ന് മാത്രമാണെന്ന് കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. ഈ വാദഗതികളനുസരിച്ച് ജീവന്റെ ഗ്രഹമാണ് ഭൂമി. ജീവൻ നമ്മുടെ ഗ്രഹത്തിന്റെ സീമകൾക്കുള്ളിലേ നിലനില്ക്കുന്നുള്ളൂ.

പ്രപഞ്ചം അജ്ഞേയമാണെന്ന വാദത്തോട് മഹാഭൂരിപക്ഷം ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരും യോജിക്കുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പൊരുൾ ഇന്ദ്രിയാതീത മാർഗത്തിലൂടെ മാത്രമേ തേടുവാൻ സാധ്യമാകൂ എന്നാണ് ആത്മീയവാദപരമായ സമീപനം. ഈ വാദം ഉന്നയിക്കുന്നവർക്ക് നമ്മുടെ മഹാപ്രപഞ്ചം മിഥ്യയാണ്. ഈ സമീപനം ശാസ്ത്രനിഷേധമാണ്. കഴിഞ്ഞ നാല് നൂറ്റാണ്ട് കാലമായി മുന്നേറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ശാസ്ത്രവിപ്ലവത്തോട് കാണിക്കുന്ന അനീതിയും അധർമ്മവുമാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പല മേഖലകളും ചില നിശ്ചിതവും കൃത്യവുമായ ഗണിതശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിട്ടാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. ശാസ്ത്രസാങ്കേതികവിപ്ലവത്തിന്റെ പുരോഗതിയുടെ ഫലമായി നമുക്ക് അനുഭവപ്പെട്ടിട്ടുള്ള എല്ലാറ്റിനെയുംകുറിച്ച് ഗണിത ശാസ്ത്രനിയമങ്ങളുണ്ട്. നക്ഷത്രങ്ങളെയും ഗാലക്സികളെയും സംബന്ധിച്ച പഠനം അതിവേഗം പുരോഗമിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. സൂക്ഷ്മലോകത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനവും വളരെയേറെ മുന്നേറിയിട്ടുണ്ട്. പ്രപഞ്ചോത്പത്തി നിമിഷത്തിലെ ഊർജ്ജവും താപനിലയും നമ്മൾ ഭൂമിയിൽ സൃഷ്ടിക്കാൻ ശ്രമിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. ആദ്യകാല പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഊർജ്ജനിലവാരത്തിൽ എന്ത് സംഭവിച്ചു എന്ന് മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിഞ്ഞാൽ നമ്മളും പ്രപഞ്ചവും എങ്ങനെ ഉദ്ഭവിച്ചു എന്ന് വ്യക്തമാകും. പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ച് ഇനിയും ധാരാളം അറിയാനും മനസ്സിലാക്കാനുമുണ്ട്. ഈ നൂറ്റാണ്ടിൽ വമ്പിച്ച പുരോഗതിയാണ് പ്രപഞ്ചവിജ്ഞാനത്തിൽ നമ്മൾ നേടിയത്. വരും വർഷങ്ങൾ പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രത്തിന്റെ സുവർണ്ണദശയായിരിക്കും.

ജനിതകത്തിൽ വിപ്ലവങ്ങൾ നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. കൃത്രിമമായി മനുഷ്യനെയും മൃഗങ്ങളെയും സൃഷ്ടിക്കാനുള്ള സാങ്കേതികവിദ്യ വികസിച്ചു കഴിഞ്ഞു. എഡിൻബറോയിലെ റോസിലിൻ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടിലെ ജനിതക ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഡോക്ടർ ഇയാൻ വിൽമുട്ട് ക്ലോണിങ് എന്ന ജനിതക സാങ്കേതികവിദ്യയിലൂടെ ചെമ്മരിയാടുകളെ സൃഷ്ടിച്ചുകഴിഞ്ഞു. അതേ സാങ്കേതികവിദ്യ ഉപയോഗിച്ച് മനുഷ്യനെ സൃഷ്ടിക്കുവാൻ കഴിയുമെന്ന് ഇന്ന് നമുക്ക് നിസംശയം പറയാം. ഭൗതികത്തിലും വിപ്ലവകരമായ മുന്നേറ്റങ്ങൾ നടക്കുന്നു. അതിസൂക്ഷ്മമായ കമ്പ്യൂട്ടറുകൾ മുതൽ അതിബൃഹ

ത്തായ ഗാലക്സികൾവരെയുള്ള എല്ലാറ്റിനെയും നമ്മൾ പഠന വിധേയമാക്കിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. പ്രപഞ്ചരഹസ്യങ്ങളുടെ ചുരുളുകൾ ഒന്നൊന്നായി അഴിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. നമ്മുടെ പ്രപഞ്ചത്തെപ്പോലെ നിരവധി പ്രപഞ്ചങ്ങളുണ്ടാകാനുള്ള സാധ്യതകളുണ്ടെന്ന് ചില ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ അവകാശപ്പെടുന്നുണ്ട്. പ്രപഞ്ചം എത്രത്തോളം ജ്ഞേയമാകുന്നോ അത്രത്തോളം അറിവിന്റെ പരിമിതി നമുക്ക് ബോദ്ധ്യപ്പെടുന്നു. പ്രപഞ്ചത്തിന് അറ്റവും അതിർത്തിയും ഉണ്ടാകാം. പ്രപഞ്ചത്തിനപ്പുറം മറ്റ് പ്രപഞ്ചങ്ങളുമുണ്ടാകാം. എന്നാൽ ജ്ഞാനതൃഷ്ണയ്ക്ക് ഒടുക്കമില്ല. ഓരോ ഉത്തരങ്ങളും പുതിയ ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഇടയാക്കുന്നു. എല്ലാ ചോദ്യങ്ങൾക്കും ഉത്തരം കിട്ടുമെന്ന് നമുക്ക് പ്രതീക്ഷിക്കാം. ചിന്തിക്കുന്ന നമുക്ക് വിജ്ഞാനത്തിന്റെ ദീപശിഖയുമായി മുന്നോട്ടു പോകാം.

○○

ആധാരഗ്രന്ഥങ്ങൾ

1) Asimov, Isaac - *Asimov's Guide to Science* Vol.I Pelican, London 1975.
2) Asimov, Issac - *Isaac Asimov's Guide to Earth and Space.* Fawcelt Crest 1991.
3) Bernal J.D. - *The Origin of Life* Weidenfeld, London 1967.
4) Bronowski Jacob - *The Ascent of Man* Little Brown, Boston 1973.
5) Colin A. Ronan - *The Natural History of the Universe.* Macmillan Publishing Company, New York 1991.
6) *Cosmic Perspective Essays* dedicated to the memory of MKV Bappu. Cambridge University Press, 1989.
7) Eddington, Aurthur - *The Expanding Universe* Penguin Books.
8) Einstein Albert - *Ideas and Opinions* Rupa and Co. 1990.
9) Ferris Timothy - *Coming of Age in the MilkyWay,* Bodley Head 1988.
10) Feynmann - *The Lectures of Physics* Addison Wesley / Narora Indian Student edition 1989.
11) Gamove George - *One, Two, Three...Infinity* Mentor Book, New York 1960.
12) Gamove George - *The Creation of the Universe* Viking Press, New York 1952.
13) Gamove George - *Mr. Tompkins* in Paper Back Cambridge University Press Canto edition 1993.
14) Gribbin John and Martin Rees - *Cosmic Coincidences* Black Swan 1992.
15) Gribarov D.P. - *Views and the Theories of Relativity.* Progress Publishers 1987.
16) Hawking, Stephan - *A brief History of Time,* Bantam Books 1988.
17) Hawking, Stephan - *Black Holes and Baby Universes and other essays,* Bantam Books 1994.
18) Hoyle Fred - *Galaxies, Nuclei and Quasar.* Heine Mann, London 1965.

19) Kitty Ferguson - *The Fire in the Equations.* Bantam 1995.
20) Kocha R.A.S. - *The Big Bang and Bhagavad Gita.* Bharathiya Vidya Bhavan 1991.
21) Narlikar Jayant - *Introduction to Cosmology* Jones and Bartlett, Boston 1983.
22) Peter Coveney and Roger High field - *The Arrow of Time* Flamingo London 1991.
23) Physics of the 20th Century - *History and Out look.* Mir Publishers 1987.
24) Purasu Balakrishnan - *The Big Bang and Brahma's Day.* Bharathiya Vidya Bhavan 1995.
25) Rydnik V. - *ABC of Quantum Mechanics.* Mir Publishers 1968.
26) V.Gott - *This Amazing, Amazing but Knowable Universe* Progress Publishers, Moscow 1977.
27) W.D. Sciama - *Modern Cosmology* Cambridge University Press, London 1975.
28) Weinberg, Steven - *The First Three Minutes* Deutsech 1977.
29) Weinberg, Steven - *Dreams of a Final Theory* Vintage 1993.
30) Wells H.G. - *The Fate of Man.*
31) Wells H.G. - *The Outline of History* Garden City Books 1961.
32) വി.പി. അലെക്സേയെവ് - *മനുഷ്യവംശത്തിന്റെ ഉത്പത്തി.* പ്രോഗ്രസ് പബ്ലിഷേഴ്സ്, മോസ്കോ.
33) കെ. ദാമോദരൻ - *ഭാരതീയ ചിന്ത.* ഭാഷാ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട്.
34) ക്രിസ്റ്റഫർ കാഡ്വെൽ - *ഭൗതികത്തിലെ പ്രതിസന്ധി.* കേരള ശാസ്ത്രസാഹിത്യപരിഷത്ത്.
35) ബൈബിൾ സൊസൈറ്റി ഓഫ് ഇൻഡ്യ. - *സത്യവേദപുസ്തകം*
36) ഭാഷാ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് 1991 - *ശാസ്ത്രം ഇൻഡ്യയിൽ*
37) എൽ. ലൻഡാവു, വൈമൂമർ - *എന്താണ് ആപേക്ഷികതാസിദ്ധാന്തം.* പ്രോഗ്രസ് പബ്ലിഷേഴ്സ്, മോസ്ക്കോ 1973.
38) വാസുദേവഭട്ടതിരി സി.വി. - *ഭാരതീയ ദർശനങ്ങൾ.* സാഹിത്യ പ്രവർത്തക സഹകരണസംഘം 1990.
39) ഡോ. സുവർണ്ണ നാലപ്പാട്ട് - *ഇൻഡ്യയെ കണ്ടെത്തൽ* (വരാഹമിഹിരന്റെ പഞ്ചസിദ്ധാന്തികയിലൂടെ). സാഹിത്യപ്രവർത്തക സഹകരണ സംഘം 1991

ശബ്ദാവലി

അകലൽ വേഗം - Recession Velocity.
അചരതത്ത്വം - Invariance Theory.
അടഞ്ഞ സ്ഥലം - Closed space.
അടിസ്ഥാനരേഖ - Baseline.
അണു (Atom) - രാസപ്രക്രിയയിൽ ഏർപ്പെടാൻ കഴിവുള്ള മൂലകത്തിന്റെ ഏറ്റവും സൂക്ഷ്മഘടകം. പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണും അടങ്ങിയ അണുകേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റും കറങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഇലക്ട്രോണുകളും കൂടി ചേർന്നതാണ് അണു. അണുവിനെ പിളർക്കാൻ സാധ്യമല്ല എന്നാണ് കരുതിയിരുന്നത്. ഇപ്പോൾ അണുവിനെ മാത്രമല്ല അതിനുള്ളിലെ പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയും പിളർക്കാൻ കഴിയുന്നു.
അണുകേന്ദ്രം (Nucleus) - ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലം യോജിപ്പിച്ചു നിർത്തുന്ന പ്രോട്ടോണും ന്യൂട്രോണും അടങ്ങിയ അണുവിന്റെ കേന്ദ്രഭാഗം.
അണുകേന്ദ്രകണം (Nucleon) - പ്രോട്ടോണിനെയും ന്യൂട്രോണിനെയും അണുകേന്ദ്രകണം എന്നു പറയുന്നു.
അണുകേന്ദ്രവിഭജനം - Nuclear fission
അണുകേന്ദ്രസംയോജനം - Nuclear fusion
അർദ്ധായുസ് (Half life) - റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളുടെ ക്ഷയിക്കലിന്റെ നിരക്കിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഒരു അളവ്. ഒരു നിർദ്ദിഷ്ട റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകത്തിന്റെ അർദ്ധായുസ് സ്ഥിരമാണ്.
അധിവക്രസ്ഥലം - Positively Curved Space.
അനിശ്ചിതത്വതത്ത്വം (Uncertainity Principle) - ഒരേ സമയം ഒരു കണത്തിന്റെ സ്ഥാനവും വേഗവും പൂർണ്ണമായും കൃത്യമായും അറിയാനാവില്ല എന്ന സിദ്ധാന്തം.
അപവർത്തിതം - Refracting.
അഭിഗ്രഹിതം - Axiom.
അവസ്ഥാന്തരം - Phase transition.
അവ്യക്തം - Unmanifest.
അവശോഷണസ്പെക്ട്രം (Absorption Spectrum) - ഒരു പദാർത്ഥത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗങ്ങളുടെ ഊർജ്ജം ചില പ്രത്യേക തരംഗ ദൈർഘ്യങ്ങളിലോ, തരംഗദൈർഘ്യമേഖലകളിലോ അവശോഷിക്കപ്പെടുന്നു. പദാർത്ഥത്തിൽനിന്ന് പുറത്തു

വരുന്ന വികിരണങ്ങളുടെ സ്പെക്ട്രത്തിൽ ഊർജ്ജം അവ ശോഷിപ്പിക്കപ്പെട്ട തരംഗ ദൈർഘ്യങ്ങളുടെ സംഗതസ്ഥാനങ്ങളിൽ ഇരുണ്ട രേഖകൾ (Absorption lines) കാണപ്പെടുന്നു. ഊർജ്ജം അവശോഷിക്കപ്പെട്ട തരംഗമേഖലകളിൽ ഇരുണ്ട ബാൻഡുകളും (Absorption band) കാണാം. ഇങ്ങനെയുള്ള അവശോഷണ രേഖകളോ ബാൻഡുകളോ വ്യക്തമാക്കുന്ന സ്പെക്ട്രമാണ് അവശോഷണസ്പെക്ട്രം.

അഷ്ടമാർഗ്ഗം - The eight fold way.

ആദിമദ്രവ്യം - Premodial matter.

ആദിമാണു - Premodial Atom.

ആവർത്തനപ്പട്ടിക - Periodic table.

ആവർദ്ധനം - Magnification.

ആവൃത്തി (Frequency) - ഒരു തരംഗം ഒരു സെക്കൻറുകൊണ്ട് പൂർത്തിയാക്കുന്ന വ്യതിചലനചക്രങ്ങളുടെ എണ്ണം.

ഇരട്ടനക്ഷത്രങ്ങൾ - Binary stars.

ഇരട്ടവിരോധാഭാസം - Twin Paradox.

ഇലക്ട്രോ
അണുകേന്ദ്രബലം - Electro Nuclear force.

ഇലക്ട്രോവീക്ക്
സിദ്ധാന്തം - Electro Weak Theory.

ഉൽസർജ്ജനസ്പെക്ട്രം
(Emission Spectrum) - ഏതെങ്കിലും രൂപത്തിലുള്ള ഊർജ്ജംകൊണ്ട് പദാർത്ഥത്തെ ഉത്തേജിതമാക്കുമ്പോൾ അതിൽനിന്നും ഉൽസർജ്ജിതമാകുന്ന വികിരണങ്ങളാലുള്ള വൈദ്യുതകാന്തികസ്പെക്ട്രം.

ഉറയൽ നില - Freezing point.

ഋജുരേഖ - Straight line.

എൻട്രോപ്പി (Entropy) - ഒരു ഭൗതികക്രമത്തിലെ അവ്യവസ്ഥയുടെ അളവ്. വ്യവസ്ഥയിൽനിന്ന് അവ്യവസ്ഥയിലേക്കുള്ള മാറ്റത്തിൻെറ അളവ്.

ഏകീകൃതക്ഷേത്ര
സിദ്ധാന്തം - Unified Field Theory.

ഓൾബേഴ്സ് വിരോധാഭാസം
(Olber's Paradox) - അനന്ത പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഏറെക്കുറെയെങ്കിലും ഏകസമാനമായി അനന്ത എണ്ണം നക്ഷത്രങ്ങൾ വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുകയാണ് എങ്കിൽ, ഭൂമിയിൽനിന്ന് നോക്കുന്ന ഏതു ദിശയിലും ഒരു നക്ഷത്രമെങ്കിലും ഉണ്ടായിരിക്കണമെന്നും

ഓരോ നക്ഷത്രത്തിൽനിന്നു വരുന്ന പ്രകാശവും എത്ര ചെറുതായിരുന്നാലും അനന്ത എണ്ണം നക്ഷത്രമുള്ളതിനാൽ ആകാശം രാത്രിയിൽ പോലും പ്രഭാപൂരിതമായിരിക്കുമെന്നുള്ള പ്രസ്താവം. യഥാർത്ഥ നിരീക്ഷണത്തിൽ ഇങ്ങനെയല്ല കാണപ്പെടുന്നത്.

കണികത്വരകം
(Particle Accelerators) - വളരെ ഉയർന്ന ഊർജ്ജനിലവാരത്തിലുള്ള ചാർജിതകണങ്ങൾ ലഭ്യമാക്കാനുള്ള ഉപകരണം. ചാർജിതകണങ്ങളെ വൈദ്യുതകാന്തികബലം ഉപയോഗിച്ച് ത്വരിപ്പിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്.

കല്പിതകണം
(Virtual Particle) - നേരിട്ട് കണ്ടെത്താൻ കഴിയാത്ത കണം.

കണികഭൗതികം - Particle Physics.

കല്പിതകാലം
(Imaginary Time) - കല്പിതസംഖ്യ ഉപയോഗിച്ച് അളക്കുന്ന കാലം (ഗണിതശാസ്ത്രത്തിൽ 2X2 = 4; 2X2 = 4. ഇവ യഥാർത്ഥ സംഖ്യകളാണ്. കല്പിത സംഖ്യയാണ് i.ix i = -1; 2 i x 2 i = -4). സാധാരണ സമയദിശയുടെ ലംബമായിട്ടുള്ളതാണ് കല്പിതകാലം.

കറുത്ത ദ്രവ്യം - Dark matter.

കമ്പനം - Vibration.

കാർബൺ ചക്രം
(Carbon Cycle) - നക്ഷത്രങ്ങളിൽ ആണവോർജ്ജ ഉത്പാദനത്തിന് ആധാരമായ അണുകേന്ദ്രസംയോജനപ്രക്രിയ. ഇതിൽ നാല് ഹൈഡ്രജൻ അണുകേന്ദ്രങ്ങൾ ചേർന്ന് ഒരു ഹീലിയം അണുകേന്ദ്രമുണ്ടാകുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ ത്വരിതപ്പെടുത്തുന്ന ഒരു ഘടകമായി കാർബൺ അണുകേന്ദ്രം പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

കുതിരച്ചേണകം - Saddle.

കൂലമ്പ് തടസ്സം - Coulomb Barrier.

കെൽവിൻ - കേവല താപനിലയുടെ യൂണിറ്റ്. പ്രതീകം 'K'.
(0°കെൽവിൻ = 273.18°സെൽഷ്യസ്)
(0°സെൽഷ്യസ് = 273.18 കെൽവിൻ)
(373.18°കെൽവിൻ = 100°സെൽഷ്യസ്)

കേവലകാന്തിമാനം/
യഥാർത്ഥകാന്തിമാനം - Absolute Magnitude.

കോസ്മിക് രശ്മി - Cosmic Ray.

ക്ലാസിക്കൽ ഭൗതികം
(Classical Physics) - ന്യൂട്ടന്റെയും ഐൻസ്റ്റിന്റെയും ഭൗതികം ക്ലാസിക്കലാണ്. ക്വാണ്ടം ഭൗതികം ക്ലാസിക്കലല്ല.

ക്വസാർ (Quasar) - Quasi Stellar Object എന്നതിന്റെ ചുരുക്കപ്പേരാണ് ക്വസാർ. 1983-ലാണ് ക്വസാറുകൾ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടത്. ശതകോടിക്കണക്കിന് പ്രകാശവർഷം അകലെയാണിത്. വളരെ പ്രായം കുറഞ്ഞ ഗാലക്സികളുടെ കേന്ദ്രമായി ഇതിനെ കരുതുന്നു.

ക്വാണ്ടം ആന്ദോളനം - Quantum flux.

ക്വാണ്ടം ഉത്പത്തി - Quantum genesis.

ക്വാണ്ടം
ഗുരുത്വസിദ്ധാന്തം - Quantum Theory of Gravity.

ക്വാണ്ടം ചാട്ടം
(Quantum Jump) - ഒരണുവിന്റെ ക്വാണ്ടം അവസ്ഥയിൽനിന്നു മറ്റൊരു ക്വാണ്ടം അവസ്ഥയിലേക്കുള്ള മാറ്റം.

ക്വാർക്ക് (Quark) - പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും ക്വാർക്കുകളാൽ നിർമ്മിതമാണ്.

ക്ഷയം - Decay.

ക്ഷീരപഥം - Milky Way.

യുതി - Conjunction.

ക്ഷേത്രസമീകരണങ്ങൾ - Field equation.

ക്ഷേത്രസിദ്ധാന്തം - Field Theory.

ക്ഷേത്രീയപ്രവേഗം - Areal Velocity.

ഖഗോളം - Celestial body.

ഖഗോളമാത്ര - Astronomical Unit.
15 കോടി കിലോമീറ്റർ.

ഗതികം - Dynamics.

ഗാമാകിരണം - Gamma Ray - ഉയർന്ന ആവൃത്തിയുള്ള വൈദ്യുതകാന്തിക വികിരണം.

ഗുരുത്വദ്രവ്യമാനം - Gravitational mass.

ഗുരുത്വപശ്ചാത്തല
വികിരണം - Gravitational background radiation.

ഗുരുത്വാകർഷണക്ഷേത്രം
(Gravitational Field) - ഗുരുത്വാകർഷണബലം അനുഭവപ്പെടുന്ന സ്ഥലം, അതായത് ദ്രവ്യത്തെ ചുറ്റിയുള്ള സ്ഥലം.

ഗുരുത്വാകർഷണ
ദ്രവ്യമാനം - Gravitational mass.

ഗ്രാഹി - Receptor.

ഗേജ് സിദ്ധാന്തം - Gauge Theory.

ഗോളം - Sphere.

ചക്രവാള പ്രശ്നം - Horizon Problem.

ചന്ദ്രശേഖർ സീമ
(Chandrasekhar Limit) - വെള്ളക്കുള്ളൻ നക്ഷത്രത്തിന് ആകാവുന്ന ഏറ്റവും കൂടിയ ദ്രവ്യമാനം സൂര്യ ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ 1.4 ഇരട്ടി.

ചരഘാതാങ്കിതം - Exponintial.

ചരട്സിദ്ധാന്തം - String Theory.

ചരിത്രസാരാംശം
(Sumover Histories) - ഫെയ്ൻമാന്റെ കാണ്ടംബലതന്ത്രത്തിന്റെ ബദൽ വ്യാഖ്യാനം, ചരിത്രസാരാംശം എന്ന സങ്കേതം ഉപയോഗിച്ചാണ് നടത്തുന്നത്.

ചര നക്ഷത്രങ്ങൾ - Variable Stars.

ചുവപ്പ് നീക്കം
(Red Shift) - ഡോപ്ലാർ പ്രഭാവം മൂലം പ്രകാശതരംഗത്തിന്റെ ദൈർഘ്യത്തിലുണ്ടാകുന്ന വർദ്ധനവ്. ശബ്ദത്തിന്റെ കാര്യത്തിലെന്നപോലെ നിരീക്ഷകരും സ്രോതസ്സും തമ്മിലുള്ള ആപേക്ഷികചലനമാണ് ഡോപ്ലാർ പ്രഭാവത്തിന് കാരണം. ഡോപ്ലാർ പ്രഭാവം ദൂരത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. വിദൂര ഗാലക്സികളുടെ സ്പെക്ട്രം (വർണ്ണരാജി) നിരീക്ഷിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ സ്പെക്ട്ര രേഖകൾ തരംഗദൈർഘ്യം കൂടിയ ഭാഗത്തേക്ക് നീങ്ങുന്നതായി കാണുന്നു. ഗാലക്സികളുടെ സ്പെക്ട്രത്തിലെ ഈ ചുവപ്പുനീക്കത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി അവ അകന്നു പൊയ്ക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു എന്ന് കരുതപ്പെടുന്നു. വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചം എന്ന കാഴ്ചപ്പാടിന് ഈ നിരീക്ഷണവും വിശദീകരണവും വഴി തെളിച്ചു.

ചൊവ്വ - Mars.

ജഡത്വം - Inertia.

ജഡത്വദ്രവ്യമാനം - Inertial mass.

ജനിതകം - Genetics.

ജൈവതന്മാത്ര - Biotic molecule.

തന്മാത്ര - Molecule.

തന്മാത്രാജീവശാസ്ത്രം - Molecular Biology.

തമോഗർത്തം
(Black Hole) - അതിശക്തമായ ഗുരുത്വാകർഷണംമൂലം പ്രകാശരശ്മിക്കുപോലും പുറത്തുകടക്കുവാൻ കഴിയാത്ത ഒരു സ്ഥലകാല പ്രദേശം.

തരംഗണം - Undulation.

ത്രിത്വം - Trinity.

ത്രിഭുജനം/ത്രികോണമാർഗം (Triangulation) - നേരിട്ട് അളക്കാനാവാത്ത സ്ഥാനത്തേക്കുള്ള ദൂരം നിർണ്ണയിക്കുന്ന രീതി. അറിയാവുന്ന ദൈർഘ്യമുള്ള ഒരാധാര രേഖയുടെ അഗ്രത്തുനിന്ന് കാണുവാൻ നിർദ്ദിഷ്ട ബിന്ദുവിനെ (സ്ഥാനത്തെ) ഏതേത് കോണുകളിലൂടെ നിരീക്ഷിക്കണം എന്ന് നിർണ്ണയിക്കുക. ആധാരരേഖയുടെ ദൈർഘ്യവും ഈ കോണുകളുമറിഞ്ഞാൽ ത്രികോണം വരയ്ക്കാം.
ത്രികോണമുപയോഗിച്ച് നിർദ്ദിഷ്ടസ്ഥാനത്തേക്കുള്ള ദൂരം കണക്കാക്കാം. നക്ഷത്രങ്ങളിലേക്കും മറ്റുമുള്ള ദൂരം പറയാനുപയോഗിക്കുന്ന യൂണിറ്റായ പാർസെക് (Parsec) ഈ രീതി അവലംബിച്ച് നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളതാണ്.

തുറന്ന സ്ഥലം - Open Space

ദീർഘവൃത്താകാരം - Eliptical.

ദുർബല അണുകേന്ദ്ര ബലം - (Weak Nuclear Force) നാല് അടിസ്ഥാന ബലങ്ങളിൽ രണ്ടാമത്തെ കുറഞ്ഞ ബലം.

ദൃഷ്ടിപടലം - Retina

ദ്രവ്യമാനം (Mass) - ഒരു വസ്തുവിലുള്ള ദ്രവ്യത്തിന്റെ അളവ്. വസ്തുവിനെ ചലിപ്പിക്കുവാൻ അഥവാ ചലനത്തിൽ മാറ്റം വരുത്തുവാൻ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ബലത്തെ എതിർക്കുവാനുള്ള ശേഷി(ജഡത്വം)യുടെ അളവ്.

ദ്രവ്യമാന ഊർജ്ജസമീകരണം - $E = mc^2$ (Mass energy equation)

ദൈർഘ്യ വികാസം - Linear expansion.

ദോലനം - Occilation.

നക്ഷത്ര ഭൗതികം - Astro Physics.

നാഭി - focus.

നിരീക്ഷണാലയം - Observatory.

നിഴൽ ദ്രവ്യം - Shadow matter.

നിർദ്ദേശാങ്കങ്ങൾ - Co - ordinates.

നിർവാതം - Vacuum.

നിർവാത ഉത്പത്തി/ശൂന്യതയിൽനിന്നും ഉത്പത്തി (Vacuum genesis)

നെപ്റ്റ്യൂൺ - Neptune

ന്യൂക്ലിയർ ഉത്പത്തി - Nucleo genesis.

ന്യൂട്രോൺ (Neutron) - അണുകേന്ദ്രത്തിലെ അടിസ്ഥാന മൗലിക കണങ്ങളിലൊന്ന്. ഇതിന് ചാർജില്ല. ഒരു

		ന്യൂട്രോൺ രണ്ട് ഡൗൺ ക്വാർക്കുകളും ഒരു അപ്ക്വാർക്കും ചേർന്നതാണ്.
ന്യൂട്രിനോ (Neutrino)	-	ഒരു പ്രാഥമികകണം. ചില അണുകേന്ദ്ര അഭിക്രിയകളിലും മൗലിക കണങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലും ഉണ്ടാകുന്നു.
ന്യൂട്രോൺ നക്ഷത്രം (Neutron Star)	-	ദ്രവ്യമാനത്തിന്റെ അധിക ഭാഗവും ന്യൂട്രോണുകളായ നക്ഷത്രം. ചില നക്ഷത്രങ്ങളുടെ പരിണാമത്തിലെ ഒരു ഘട്ടമാണിത്.
ന്യൂനവക്രസ്ഥലം	-	Negatively Curved Space.
പശ്ചാത്തല സൂക്ഷ്മ തരംഗ വികിരണം (Microwave Background Radiation)	-	ആദ്യകാല പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അത്യുഗ്രതാപത്തിൽനിന്നും പുറപ്പെട്ട കിരണങ്ങൾ.
പരിക്രമപഥം	-	Orbit.
പൾസാർ (Pulsar)	-	സ്പന്ദിക്കുന്ന നക്ഷത്രം. വൻ വേഗതയിൽ സ്വയം ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ന്യൂട്രോൺ നക്ഷത്രമാണ് പൾസാർ എന്നു കരുതപ്പെടുന്നു.
പ്രകാശികം	-	Optics.
പ്രകാശവൈദ്യുതി പ്രഭാവം	-	Photo Electric effect.
പ്രകാശവർഷം	-	Light year.
പ്രക്ഷേപപഥം	-	Trajectory.
പ്രതിദ്രവ്യം		Anti matter.
പ്രതികണം (Anti Particle)	-	ഓരോ ദ്രവ്യകണത്തിനും പ്രതികണമുണ്ട്.
പ്രതിഫലിതം	-	Reflecting.
പ്രത്യക്ഷകാന്തിമാനം	-	Apparent magnitude.
പ്രദീപ്തി	-	Phosphoresence.
പ്രപഞ്ചതത്ത്വം	-	Cosmological Principle.
പ്രാപഞ്ചിക പശ്ചാത്തല ന്യൂട്രിനോ വികിരണം	-	Cosmic Neutrino background radiation.
പ്രപഞ്ചദ്വീപുകൾ	-	Island Universes.
പ്രവേഗം	-	Velocity.
പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രം (Cosmology)	-	പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഉത്പത്തിയെയും വികാസത്തെയും പ്രകൃതത്തെയും സംബന്ധിക്കുന്ന പഠനം.

പ്രപഞ്ചോത്പത്തിശാസ്ത്രം (Cosmogony) - പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഉത്പത്തിയെ സംബന്ധിച്ച വിജ്ഞാനശാഖ.

പ്രാഥമിക കണങ്ങൾ (Fundamental Particles) - വിഭജിക്കുവാൻ കഴിയാത്ത കണങ്ങൾ.

പ്രാപഞ്ചികസ്ഥിരാങ്കം (Cosmological Constant) - സ്ഥലകാലത്തിന് സ്വയംസിദ്ധമായ വികാസം കൊടുക്കാൻ ഐൻസ്റ്റിൻ കൊണ്ടുവന്ന ഒരു ഗണിത സൂത്രം.

പ്രോട്ടോൺ (Proton) - അണുകേന്ദ്രത്തിലെ ധനാത്മകചാർജുള്ള കണം. രണ്ട് അപ്കാർക്കുകളും ഒരു ഡൗൺ കാർക്കും ചേർന്നതാണ് ഒരു പ്രോട്ടോൺ.

പൊതു ആപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തം (General Theory of Relativity) - നിരീക്ഷകരെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം അവർ എങ്ങനെ സഞ്ചരിച്ചാലും ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെ ആയിരിക്കണമെന്ന ആശയത്തിലധിഷ്ഠിതമായിരിക്കുന്നു ഐൻസ്റ്റിന്റെ സിദ്ധാന്തം. ദ്രവ്യത്തിന്റെ സാന്നിദ്ധ്യം സ്ഥലകാലത്തിൽ വക്രത ഉണ്ടാക്കുന്നുവെന്നും ഈ വക്രതയാണ് ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് അടിസ്ഥാനമെന്നും ഇത് സമർത്ഥിക്കുന്നു.

പൊട്ടി അമർച്ച - Implosion.

പോസിട്രോൺ (Positron) - ഇലക്ട്രോണിന്റെ പ്രതികണം.

പ്ലാങ്ക് കാലം (Plank time) - പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയുടെ ആദ്യത്തെ 10^{-43} സെക്കൻഡ്. ഇതിനെ പ്ലാങ്ക് യുഗം എന്നും പറയുന്നു. ഈ സമയം എല്ലാ ബലങ്ങളും തുല്യമായിരുന്നു.

പ്ലൂട്ടോ - Pluto.

ഫോട്ടോൺ (Photon) - പ്രകാശത്തിന്റെ കാണ്ടം.

ബലതന്ത്രം - Mechanics.

ബഹുമാനത്വം - Hyper Dimension.

ബുധൻ - Mercury.

ബുധസംതരണം - Mercury in transit.

ബൃഹത് ഏകീകൃത സിദ്ധാന്തം - (Grand Unified Theory - GUT) വൈദ്യുതകാന്തികബലം, ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലം, ദുർബല അണുകേന്ദ്രബലം എന്നിവയെ ഏകീകരിക്കുന്ന സിദ്ധാന്തം.

ബ്രൗണിയൻ ചലനം - Brownian motion.

ഭൂഗണിതീയരേഖ - Geodisic.
ഭൂതം - Element.
ഭൂമി - Earth.
ഭ്രമണപഥ വ്യാസാർദ്ധം - Orbital Radius.
ഭ്രമണ പ്രവേഗം - Orbital velocity.
മണ്ഡലം/ക്ഷേത്രം
(field) - സ്ഥലത്തിലും കാലത്തിലും ഉടനീളം നിലനില്ക്കുന്ന എന്തോ ഒന്ന്. സമയത്തിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരേ ഒരു ബിന്ദുവിൽ നില്ക്കുന്ന കണത്തിന് വിപരിതമാണിത്.
മഹാവിഭേദനം
(Big Crunch) - പ്രപഞ്ചാന്ത്യത്തിലെ വൈചിത്ര്യം.
മഹാവിസ്ഫോടനം
(Big Bang) - പ്രപഞ്ച തുടക്കത്തിലെ വൈചിത്ര്യം. ഇതിൽ സ്ഥലകാല വക്രത അനന്തമാണ്.
മഹാവിസ്ഫോടന മാതൃക
(Big Bang Model) - പ്രപഞ്ചോത്പത്തിയെ സംബന്ധിക്കുന്ന ഒരു സൈദ്ധാന്തിക ചിത്രീകരണം. ഇതനുസരിച്ച് 1500 കോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുൻപ് സംഭവിച്ച ഒരു വിസ്ഫോടനത്തോടെയാണ് പ്രപഞ്ചം ആരംഭിച്ചത്.
മാനം - dimension.
മാനവികതാ തത്വം
(Anthropic Principle) - പ്രപഞ്ചം ഇന്നുള്ള രീതിയിൽ ആയതുകൊണ്ട് നാം അതിനെ കാണുന്നു. മറ്റൊരു തരത്തിലായിരുന്നു എങ്കിൽ നാം ഇവിടെ ഉണ്ടാകുമായിരുന്നില്ല.
മാനവിക പ്രപഞ്ചശാസ്ത്രം - Anthropic Cosmology.
യുറാനസ് - Uranus.
ലീനോർജം - Latant energy.
ലംബനികവിസ്ഥാപനം - Parallax displacement.
ലംബനം (Parallax) - ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണപഥത്തിൽ ഒരേ വ്യാസത്തിലുള്ള രണ്ട് സ്ഥാനങ്ങളിൽനിന്ന് ഒരേ നക്ഷത്രത്തെ നിരീക്ഷിക്കുന്ന ദിശകൾ തമ്മിലുള്ള കോണിന്റെ പകുതി. നക്ഷത്രത്തിലേക്കുള്ള ദൂരം വർദ്ധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ലംബനം കുറയുന്നു.
വർണ്ണരാജി (Spectrum) - വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുടെ ആവൃത്തി അനുസരിച്ചുള്ള വേർപിരിയൽ.
വിരാമാവസ്ഥ (State
of Rest) - സമയത്തിനനുസരിച്ച് മാറ്റം ഇല്ലാത്ത അവസ്ഥ.
വിവിധ വസ്തു പ്രശ്നം - Many body problem.

വിയുഗ്മനം (Decoupling) - പതിവ് ക്രിയകളിൽനിന്ന് ഒരു വിഭാഗം കണങ്ങൾ വേറിടുന്ന പ്രതിഭാസം.

വിശിഷ്ടാപേക്ഷികതാ സിദ്ധാന്തം (Special Theory of Relativity) - സ്ഥിരവേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന നിരീക്ഷകരെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ശാസ്ത്രനിയമങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെയാകണം എന്ന ആശയത്തിലധിഷ്ഠിതമായ ഐൻസ്റ്റിന്റെ സിദ്ധാന്തം.

വെള്ളക്കുള്ളൻ (White Dwarf) - ഇലക്ട്രോണുകൾ തമ്മിലുള്ള വികർഷണബലം ഗുരുത്വാകർഷണത്തെ താങ്ങിനിർത്തുന്ന സന്തുലനാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു നക്ഷത്രം. നക്ഷത്രങ്ങളുടെ പരിണാമത്തിലെ ഒരു ഘട്ടമാണിത്.

വൈചിത്ര്യം (Singularity) -അനന്തവക്രതയുള്ള സ്ഥലകാലത്തിലെ ഒരു ബിന്ദു.

വൈദ്യുത കാന്തികബലം (Electro Magnetic Force) - വൈദ്യുതചാർജുള്ള കണങ്ങൾ തമ്മിലുണ്ടാകുന്ന ബലം. നാല് അടിസ്ഥാന പ്രകൃതിബലങ്ങളിൽ രണ്ടാമത്തെ ശക്തിയേറിയ ബലം.

വൈദ്യുതചാർജ് (Electric charge) - ഒരേ ചാർജുള്ള കണങ്ങൾ തമ്മിൽ വികർഷിക്കുകയും വിപരീതചാർജ് ഉള്ളവ തമ്മിൽ ആകർഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന കണങ്ങളുടെ സ്വഭാവം.

വൈദ്യുത ദുർബല ബലം - Electro Weak Force.

വ്യാജ ശൂന്യത - False vacuum.

വ്യാസാർദ്ധം - Radius.

വ്യാഴം - Jupitor.

വ്യൂഹം - System.

ശക്ത അണുകേന്ദ്രബലം (Strong Nuclear force) - നാല് അടിസ്ഥാനബലങ്ങളിൽ ഏറ്റവും ബലം കൂടിയത്. ക്വാർക്കുകളെ കൂട്ടിയോജിപ്പിച്ച് പ്രോട്ടോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളുമാക്കുകയും അവയെ അണുകേന്ദ്രത്തിൽ ബന്ധിപ്പിച്ച് നിർത്തുകയും ചെയ്യുന്നത് ഈ ബലമാണ്.

ശനി - Saturn.

ശുക്രൻ - Venus.

ശുക്രസംതരണം - Venus in transit.

സമമിതി (Symmetry) - ഒരു വ്യൂഹത്തിന് (System) അതിലെ ഒരു ബിന്ദുവിന്റെയോ, രേഖയുടെയോ,

തലത്തിന്റെയോ ഇരുവശങ്ങളിലുമുള്ള ഘടകഭാഗങ്ങളുടെ വലിപ്പം, രൂപം, വിന്യാസം തുടങ്ങിയവയിലുള്ള സമാനത അഥവാ സാംഗത്യം. വ്യൂഹത്തെ നിശ്ചിത കോണിലൂടെ കറക്കിയാലോ നിശ്ചിത ദൂരത്തിലൂടെ ഒരു ദിശയിൽ നീക്കിയാലോ, ഈ ക്രിയകൾ രണ്ടുംകൂടി ചെയ്താലോ കിട്ടുന്ന രൂപം ആദ്യത്തേതുതന്നെ ആയിരിക്കുന്ന അവസ്ഥ.

സർപ്പിളാകാര ഗാലക്സി - Spiral galaxy.

സാർവത്രിക ഗുരുത്വ സ്ഥിരാങ്കം (Universal gravitational constant) - രണ്ട് വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം (F) അവയുടെ ദ്രവ്യമാനങ്ങൾ (M_1, M_2) തമ്മിലുള്ള ഗുണനഫലത്തിന് ആനുപാതികവും അവ തമ്മിലുള്ള ദൂരത്തിന്റെ (r) വർഗ്ഗത്തിന് വിപരീതാനുപാതികവുമാണ്.

$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$ അനുപാതത്തെ കാണിക്കുന്ന സ്ഥിരാങ്കമായ G-ക്ക് സാർവത്രിക ഗുരുത്വാകർഷണ സ്ഥിരാങ്കം എന്നു പറയുന്നു.
$(G = (6.6732 \pm 0.0031) \times 10^{-11}$ $Nm^2 Kg^{-2}$

സൂപ്പർ സമമിതി സിദ്ധാന്തം - Super Symmetric Theory.

സൂക്ഷ്മ ഭൗതിക സ്ഥിരാങ്കം - Micro Physical Constant.

സംഭവം (event) - സ്ഥലം സമയം എന്നിവയെക്കൊണ്ട് സ്ഥലകാലങ്ങളിൽ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്ന ഒരു ബിന്ദു.

സംഭാവ്യതാവൃത്തി - Probable frequency.

സംഭാവ്യത - Probability.

സംരക്ഷണ നിയമങ്ങൾ - Conservation laws

സംവേഗം - Momentum.

സെഫൈഡ് ചരനക്ഷത്രങ്ങൾ - Cepheid variable stars.

സാംഖീയബലതന്ത്രം - Statistical Mechanics.

സ്ഥലകാലം (Space time) - സ്ഥലത്തെ കുറിക്കുവാൻ മൂന്ന് മാനങ്ങൾ മതി. നീളം, വീതി, പൊക്കം. സ്ഥലവും കാലവും തമ്മിലും സംഭവങ്ങളും കാലവും തമ്മിലും ഉള്ള ബന്ധംകൂടി പരിഗണിക്കുമ്പോൾ മൂന്നു മാനങ്ങളോടൊപ്പം സമയം കൂടി ഉപയോഗിക്കണം. അതുകൊണ്ട് ചതുർമാനീയമാണ് സ്ഥലകാലം. മറ്റൊരു

രീതിയിൽ പറഞ്ഞാൽ ബിന്ദുക്കൾ സംഭവങ്ങളായുള്ള ചതുർമാനീയ സ്ഥലം.

സ്ഥിരസ്ഥിതി സിദ്ധാന്തം (Steady State Theory) - ഹോയൽ, ബോൺഡി ഗോൾഡ് എന്നിവർ അവതരിപ്പിച്ച പ്രപഞ്ചമാതൃക. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ശരാശരി ഘനത്വം സ്ഥിരമായിരിക്കുന്ന വിധത്തിലാണ് പ്രപഞ്ചത്തിലെ ദ്രവ്യവിതരണം എന്നതാണ് ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനതത്ത്വം. ഈ സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഗാലക്സികൾ അകന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു എന്ന നിരീക്ഷണം വിശദീകരിക്കുവാൻ ഗാലക്സികൾക്കിടയിൽ ദ്രവ്യം പുതിയതായി സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കണം. ഇത് നിരീക്ഷണ തെളിവുകളുമായി യോജിക്കുന്നതായിരുന്നില്ല.

സ്പന്ദനകാല തിളക്ക ബന്ധം - Period Luminosity.

ഹബിൾ നിയമം (Hubble law) - എല്ലാ ഗാലക്സികളും തമ്മിൽ അകന്നുപോകുന്നു. ഈ അകലൽ വേഗത ഗാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള അകലം കൂടുന്നതിന് ആനുപാതികമായിരിക്കും.

ഹിഗ്സ്ക്ഷേത്രം (Higgs field) - W,Z കണങ്ങൾക്ക് ദ്രവ്യം നല്കുന്ന പ്രതിഭാസം. സമമിതി ഭംഗങ്ങളിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

റേഡിയോ ആക്ടീവത (Radio Activity) - അണുകേന്ദ്രം സ്വയം ഒന്നിൽനിന്ന് മറ്റൊന്നായി ക്ഷയിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന പ്രതിഭാസം.

പി. കേശവൻനായർ

പ്രപഞ്ചം

മഹാവിസ്ഫോടനം തുടങ്ങി മഹാവിഭേദനംവരെയുള്ള പ്രപഞ്ചചരിത്രമാണ് ശാസ്ത്രാധിഷ്ഠിതമായ ഈ കൃതിയിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളത്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രകൃതം, പരിണാമഘട്ടങ്ങൾ, ഭാവി, പ്രപഞ്ചത്തിൽ മനുഷ്യനുള്ള സ്ഥാനം, പ്രപഞ്ചവുമായി മനുഷ്യനുള്ള ബന്ധം എന്നീ വിസ്മയജനകമായ ഒട്ടേറെ വസ്തുതകൾ ശാസ്ത്രസിദ്ധാന്തങ്ങളുടെയും നിരീക്ഷണങ്ങളുടെയും പഠനങ്ങളുടെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ വസ്തുനിഷ്ഠമായി വിവരിച്ചിരിക്കുന്നു. പ്രതിഭാശാലികളായ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാരുടെ ലഘു ജീവിതചിത്രണവും ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള ഈ ഗ്രന്ഥം അതിസൂക്ഷ്മവും വിശദവും ഗഹനവുമായ പ്രപഞ്ചപഠനമാണ്.

കറന്റ് ബുക്സ്

ശാസ്ത്രം

₹ 130.00

ISBN 81-240-1569-4

00003

9 788124 015698