2 ഭൂമിയുടെ ഉത്ഭവവും ആന്തരിക ഘടനയും
(ORIGIN AND STRUCTURE OF THE EARTH)

W2I6S9

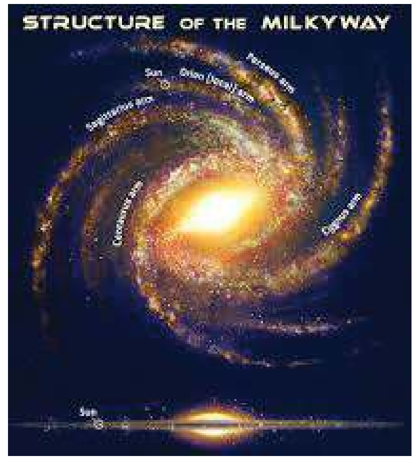
2.1 ആമുഖം

നാം അധിവസിക്കുന്ന ഭൂമി നിരവധി പ്രത്യേകതകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ഒരു ജ്യോതിർഗോളമാണ്. ഭൂമിയുടെ നിർമിതി, ആന്തരിക ഘടന, പൂർവ്വകാല ചരിത്രം, നിരന്തര പരിണാമം എന്നിവയെയെല്ലാം കുറിച്ച് പഠനം നടത്തുന്ന ഒരു ശാസ്ത്രശാഖയാണ് ഭൂവിജ്ഞാനീയം എന്ന് ഒന്നാം അധ്യായത്തിൽ നാം മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. നമ്മുടെ ഭൂമി സൗരയൂഥത്തിലെ ഒരംഗമാണ്. ഈ സൗരയൂഥം ക്ഷീരപഥം (Milky Way)എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന ഒരു അതിബൃഹത്തായ ഗ്യാലക്സിയിലെ (Galaxy) ഒരംഗമാണ്. ഇക്കാരണത്താൽ ഭൂവൈജ്ഞാനികപഠനത്തിനൊരാമുഖം എന്ന നിലയിൽ സൗരയൂഥത്തെക്കുറിച്ചും അതിബൃഹത്തായ പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ചും, അവയിലെ എണ്ണമറ്റ ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വരുന്ന നക്ഷത്രങ്ങളെക്കുറിച്ചും ഗ്രഹങ്ങളെക്കുറിച്ചുമുള്ള അടിസ്ഥാനപരമായ അറിവ് അഭിലഷണീയമാണ്.

നിരവധി നക്ഷത്രസഞ്ചയങ്ങൾ, ഗ്യാലക്സികൾ തുടങ്ങിയവ ഉൾപ്പെടുന്ന പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് ഉണ്ടായിരുന്ന അവബോധം കഴിഞ്ഞ ഏതാനും ശതകങ്ങളിൽ പുനർവിചിന്തനത്തിനും തൽഫലമായുള്ള സമൂലപരിവർത്തനത്തിനും വിധേയമായിത്തീർന്നു.

ഗ്യാലക്സി (Galaxy) എന്ന പദംകൊണ്ട് നാം വിവക്ഷിക്കുന്നത് നക്ഷത്രങ്ങൾ, നെബ്യുല തുടങ്ങിയവ ചേർന്നു രൂപമെടുക്കുന്ന അതിബൃഹത്തായ ഒരു സംഘാതമാണ്. ബൃഹത്തായ പ്രപഞ്ചത്തിലെ ചെറിയ തുരുത്തുകളായി പരിഗണിക്കാവുന്ന ഇത്തരം നക്ഷത്രരാജികൾ (ഗ്യാലക്സി) സമാനമായ പ്രപഞ്ച തുരുത്തുകളിൽ നിന്നും ഒന്നിനോടൊന്ന് വളരെയേറെ ദൂരങ്ങളിൽ വിന്യസിക്കപ്പെട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. സൂര്യനും, അതിന്റെ കുടുംബാംഗങ്ങളായ ഗ്രഹങ്ങളും ക്ഷീരപഥമെന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന ഒരു നക്ഷത്രരാജിയുടെ ഭാഗമാണ്. ഇതിന്റെ വ്യാസാർധം 100,000 മുതൽ 150,000 വരെ പ്രകാശവർഷമാണെന്നാണ് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. ജ്യോതിശാസ്ത്രരംഗത്ത് ദൈർഘ്യത്തിന്റെ ഏകകമായി ഉപയോഗിച്ചു വരുന്ന പദമാണ് പ്രകാശവർഷം എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്നത്. അതായത് ഒരു വർഷം കൊണ്ട് ശൂന്യതയിലൂടെ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തിന് തുല്യമാണിത്. പ്രകാശം ഒരു സെക്കന്റിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരം 3,00,000 കിലോമീറ്റർ ആകുന്നു(Velocity of light). അതുകൊണ്ട് ഒരു വർഷക്കാലം കൊണ്ട് പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരം 95,00,000,000,000 കിലോമീറ്റർ ആണെന്ന് കണക്കാക്കാം.

2.2. സൗരയൂഥം (Solar System)



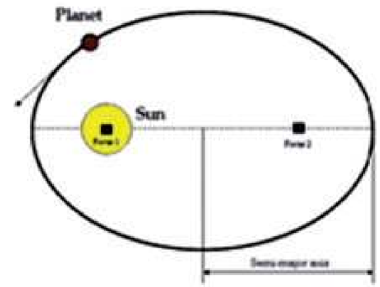
ചിത്രം 2.1 ക്ഷീരപഥ ഗ്യാലക്സിയും സൂര്യന്റെ സ്ഥാനവും

ഒരു നക്ഷത്രവും, അതിനെ വലംവയ്ക്കുന്ന പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളും അഥവാ ജ്യോതിർഗോളങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നതുമായ വ്യൂഹത്തെയാണ് സൗരയൂഥം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. നമ്മുടെ സൗരയൂഥത്തിൽ സൂര്യനെന്ന് നാം വിളിക്കുന്ന നക്ഷത്രവും, അതിനെ വലം വയ്ക്കുന്ന സമസ്ത പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളും ഉൾപ്പെടുന്നു. ഇതിൽ 8 ഗ്രഹങ്ങളും, നമ്മുടെ ചന്ദ്രനെപ്പോലെയുള്ള 170-ഓളം ഉപഗ്രഹങ്ങളും, നിരവധി കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങളും, എണ്ണമറ്റ ഛിന്നഗ്രഹങ്ങളും (ഛിന്നഗ്രഹങ്ങളിൽ പലതിനും അവയുടെ ഉപഗ്രഹങ്ങളും ഉണ്ട്), ധൂമകേതുക്കളും ഹിമഖണ്ഡങ്ങളും, സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതും, ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാരപഥങ്ങൾക്കിടയിൽ വർത്തിക്കുന്നതുമായ വാതകങ്ങളും പൊടിപടലങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നു. ക്ഷീരപഥമെന്നറിയപ്പെടുന്നതും ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നതുമായ ഗ്യാലക്സിയിൽ (galaxy)നക്ഷത്രങ്ങൾ ചക്രാകാരമായിട്ടാണ് വിന്യസിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. അതിലെ ഓറിയൺ ഹസ്തം (Orion arm)എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന ചക്രാകാരഹസ്തത്തിന്റെ അരികിലായിട്ടാണ് പ്രപഞ്ചത്തിൽ നമ്മുടെ സൗരയൂഥത്തിന്റെ സ്ഥാനം. ക്ഷീരപഥ ഗ്യാലക്സിയുടെ (Milky Way galaxy) കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും ഏകദേശം 28,000 പ്രകാശ വർഷം ദൂരത്തിലാണ് നമ്മുടെ സൗരയൂഥം സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത് (ചിത്രം 2.1) സൗരയൂഥത്തിന് ക്ഷീരപഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തെ ഒരു തവണ പ്രദക്ഷിണം ചെയ്യുവാൻ 220 മുതൽ 250 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾ വേണ്ടി വരുമെന്നാണ് കണക്കാക്കിയിട്ടുള്ളത്. നമ്മുടെ സൗരയൂഥം പോലുള്ള ദശലക്ഷക്കണക്കിന് സൗരയൂഥങ്ങൾ ക്ഷീരപഥ ഗ്യാലക്സിയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നുണ്ട്. അതുപോലെ പ്രപഞ്ചമൊട്ടാകെ എണ്ണമറ്റ ഗ്യാലക്സികളും നിലനിൽക്കുന്നതായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്.

സൗരയൂഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രം സൂര്യനാകുന്നു. സൗരയൂഥത്തിന്റെ മൊത്തം പിണ്ഡത്തിന്റെ ഏറിയകൂറും സൂര്യനിലാണ് കേന്ദ്രീകരിച്ചു കാണപ്പെടുന്നത്. ഗ്രഹങ്ങളേയും സൗരയൂഥത്തിലെ മറ്റ് അംഗങ്ങളേയും സൂര്യൻ അതിശക്തമായ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് വിധേയമാക്കുന്നു. 4.6 ശതകോടി (ബില്യൺ) വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ് നമ്മുടെ സൗരയൂഥം രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളത്. ബുധൻ, ശുക്രൻ എന്നീ രണ്ട് ഗ്രഹങ്ങൾ ഭൂമിയുടേതിനെക്കാൾ അടുത്ത ഭ്രമണ പഥത്തിലാണ് സൂര്യനെ വലയം ചെയ്യുന്നത്.

സൂര്യനോട് അടുത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ബുധൻ, ശുക്രൻ, ഭൂമി, ചൊവ്വ എന്നീ നാല് ഗ്രഹങ്ങളെ ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ (Terrestrial Planets)എന്ന് വിളിച്ചു വരുന്നു. ഈ ഗ്രഹങ്ങളുടെയെല്ലാം ഉപരിതലം ഖരാവസ്ഥയിലുള്ള ശിലകളാൽ നിർമിതമാണ്.

സൂര്യനിൽ നിന്നും താരതമ്യേന അകലെയായി ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ചൊവ്വ ഗ്രഹത്തിന്റെ സഞ്ചാരപഥത്തിനും അപ്പുറമുള്ള ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങളായ വ്യാഴം (ജൂപ്പിറ്റർ), ശനി (സാറ്റേൺ) എന്നീ ഗ്രഹങ്ങളെ വാതകഭീമൻമാർ (Gas giants) എന്നും സൂര്യനിൽ നിന്ന് ഏറ്റവും അകലെ ഭ്രമണപഥങ്ങളുള്ള യുറാനസ്, നെപ്ട്യൂൺ എന്നീ ഗ്രഹങ്ങളെ ഐസ് ഭീമൻമാർ (Ice giants)എന്നും വിളിക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.2. ഗ്രഹങ്ങളുടെ ദീർഘവൃത്താകൃതിയിലുള്ള സഞ്ചാരപഥം

കോപ്പർ നിക്കസിന്റെ (1473–1553) കാലഘട്ടം വരെ എല്ലാ ജ്യോതിർഗോളങ്ങളും ഭൂമിക്ക് ചുറ്റുമാണ് പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നതെന്നാണ് പൊതുവെ വിശ്വസിച്ചിരുന്നത്. ഈ ആശയം ഭൗമകേന്ദ്രീകൃത സങ്കൽപ്പം (Geocentric Concept)എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ഗലീലിയോ (1564–1642) ദൂരദർശിനി കണ്ടുപിടിച്ചതോടുകൂടി ഈ ആശയം തെറ്റാണെന്ന് കണ്ടെത്തി. സൂര്യനാണ് സൗരയൂഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രം എന്നും ഭൂമിയുൾപ്പെടുന്ന ഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യന്റെ ചുറ്റുമാണ് പ്രദക്ഷിണം ചെയ്യുന്നതെന്നും നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. ഇന്ന് നിലവിലുള്ള ഈ ആശയത്തെ സൗരകേന്ദ്രീകൃത സങ്കൽപ്പം (heliocetric concept) എന്നു പറയുന്നു.

സൂര്യനെന്ന കേന്ദ്രത്തെ (Focus) അടിസ്ഥാനമാക്കി, മെർക്കുറി ഒഴികെയുള്ള എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളും ദീർഘവൃത്താകൃതിയിലുള്ള (ellipse) സഞ്ചാരപഥങ്ങളിലൂടെയാണ് (orbit) സൂര്യന് ചുറ്റും പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നത്. (ചിത്രം 2.2) എന്നാൽ സൂര്യനോട് ഏറ്റവും അടുത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ബുധന്റെ (മെർക്കുറി) സഞ്ചാരപഥം ഏറെക്കുറെ വൃത്താകൃതിയിലാണ് (Circular Orbit). എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളുടേയും സഞ്ചാരപഥങ്ങൾ ഏറെക്കുറെ ഒരേ തലത്തിലാണ് വിന്യസിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. (സൂര്യന്റെ ഉത്തരധ്രുവത്തിന്റെ ദിശയിൽ നിന്ന് വീക്ഷിച്ചാൽ ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാരദിശ എതിർഘടികാര ദിശയിൽ (anticlockwise) ആയിരിക്കും) ബുധൻ, ശുക്രൻ, യുറാനസ് എന്നിവ ഒഴികെയുള്ള മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങൾ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നതും ഈ ദിശയിൽ തന്നെയായിരിക്കും.

നെപ്ട്യൂണിന് പുറത്തുള്ള ക്യൂപ്പർ ബെൽട്ട് (Kuiper belt) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഖരമഞ്ഞ് നിറഞ്ഞ മേഖലയിലാണ് ഭൂരിഭാഗം കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങളുടെയും സഞ്ചാരപഥങ്ങൾ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. നിരവധി ധൂമകേതുക്കളുടെ ഉത്ഭവ സ്ഥാനം കൂടിയാണ് ഈ മേഖല. മിക്കവാറും എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങൾക്കും രണ്ട് ഉപഗ്രഹങ്ങൾക്കും കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങൾക്കും അവയുടേതായ വായുമണ്ഡലങ്ങൾ ഉണ്ട്.

ഭൂമിയിൽ നിന്നും സൂര്യനിലേക്കുള്ള ശരാശരി ദൂരം 149.60 ദശലക്ഷം (Million) കിലോമീറ്റർ ആകുന്നു. ഈ ദൂരത്തെ ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം (Astronomical Unit) എന്ന് വിളിയ്ക്കുന്നു. ഇതിനെ സൂചിപ്പിക്കാൻ 'AU' എന്ന ചുരുക്കെഴുത്ത് ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നു. സൗരയൂഥത്തിൽ അകലം അളക്കുന്നതിന് ഈ ഏകകമാണ് ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നത്. ഒരു 'AU' എന്ന് പറയുന്നത് സൂര്യനിൽ നിന്ന് ഭൂമിയിലേക്കുള്ള ശരാശരി അകലമാണ് (150 ദശലക്ഷം കിലോമീറ്റർ). അമേരിക്കൻ ബഹിരാകാശ സ്ഥാപനമായ

നാസ (NASA) യുടെ വോയേജർ -1, വോയേജർ-2 എന്നിവയാണ് സൗരയൂഥത്തിന്റെ പുറംഭാഗത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പര്യവേക്ഷണത്തിനായി ആദ്യമായി അയച്ച ബഹിരാകാശ വാഹനങ്ങൾ (Space crafts)

2.2.1 സൂര്യൻ (The Sun)

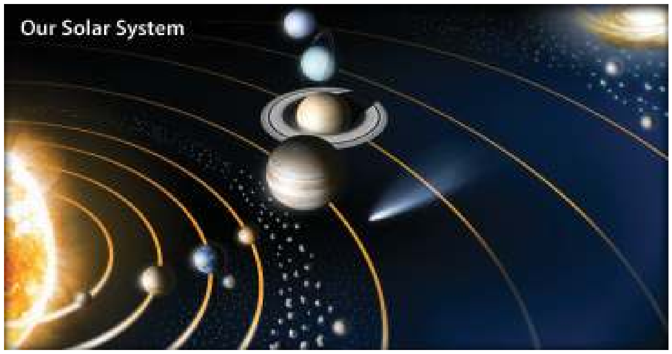
സൗരയൂഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രമായ സൂര്യൻ ഒരു നക്ഷത്രമാണ്. ഈ നക്ഷത്രത്തിന്റെ ബാഹ്യ മണ്ഡലം ഖരാവസ്ഥയിൽ അല്ല സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. തീവ്രമായ താപത്താൽ അയോണീകരിക്കപ്പെട്ട വാതക മണ്ഡലമായിട്ടാണ് ഈ ബാഹ്യമണ്ഡലം സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. സൂര്യന്റെ വ്യാസാർധം 6,95,508 കിലോമീറ്റർ ആകുന്നു. ഇത് ഭൂമിയടെ വ്യാസാർധത്തിന്റെ 110 മടങ്ങാണ്. സൂര്യന്റെ മൊത്തം വ്യാപ്തത്തിനുള്ളിൽ ഏകദേശം ഒരു ദശലക്ഷം ഭൂമികൾ ഉൾക്കൊള്ളിക്കാൻ സാധിക്കും. സൂര്യന്റെ പിണ്ഡം ഭൂമിയുടെ പിണ്ഡത്തിന്റെ ഏകദേശം 3,30,000 മടങ്ങ് അധികമാണ്. ഇത് മൊത്തം സൗരയൂഥ പിണ്ഡത്തിന്റെ 99.86 ശതമാനത്തോളം വരും. സൗരപിണ്ഡത്തിന്റെ ¾ ഭാഗം ഹൈഡ്രജനും ശേഷിച്ച ഭാഗം ഏറെക്കുറെ ഹീലിയം വാതകവും ആകുന്നു. കൂടാതെ താരതമ്യേന ഭാരക്കൂടുതലുള്ള മൂലകങ്ങളായ ഓക്സിജൻ, നിയോൺ, കാർബൺ, ഇരുമ്പ് എന്നിവ ഉൾപ്പെടെയുള്ള മറ്റു മൂലകങ്ങൾ ഏകദേശം 1.69 ശതമാനത്തോളം കാണപ്പെടുന്നു. സൂര്യനിൽ എല്ലാ വാതകങ്ങളും, മൂലകങ്ങളും അയോണുകളുടെ രൂപത്തിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഉയർന്ന തോതിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം അയോണുകളെ തമ്മിൽ ഓന്നോടൊന്ന് ബന്ധിപ്പിച്ച് നിർത്തുന്നു. ഇത് സൂര്യകേന്ദ്രത്തിൽ നിലനിൽക്കുന്ന ഉയർന്ന മർദ്ദത്തിനും ഊഷ്മാവിനും കാരണമാകുന്നു. സൂര്യൻ ഒരു ഖരരൂപത്തിലുള്ള ജ്യോതിർഗോളമല്ലാത്തതിനാൽ ഇതിന്റെ വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത വേഗതയിൽ ആണ് ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നത്. സൂര്യന്റെ മധ്യരേഖാ പ്രദേശത്ത് ഒരു ഭ്രമണം പൂർത്തിയാക്കാൻ 25 ദിവസവും, ധ്രുവ പ്രദേശങ്ങളിൽ 36 ദിവസവും വേണ്ടിവരുന്നു. സൂര്യന്റെ ഉപരിഭാഗത്തെ ഊഷ്മാവ് ഏകദേശം 5725^{0}C നോടടുത്താണ്. അകക്കാമ്പിലെ ഊഷ്മാവ് ഏകദേശം 15 ദശലക്ഷം ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസ് ആണെന്നാണ് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്.

പ്രപഞ്ചത്തെ മൊത്തമായി പരിഗണിക്കുമ്പോൾ സൂര്യന് അത്ര ഗണ്യമായ പ്രാധാന്യം ഒന്നും തന്നെയില്ല, എന്നാൽ സൗരയൂഥത്തിൽ സൂര്യന് പ്രഥമസ്ഥാനമാണുള്ളത്. ഭൂമിയിലെ ഊർജത്തിന്റെ പ്രധാന ഉറവിടം സൂര്യനാകുന്നു. ഭൂമിയിലെ മിക്കവാറും എല്ലാ ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും ആവശ്യമായ ഊർജത്തിന്റെ ദാതാവ് സൂര്യനാകുന്നു. കാറ്റ്, തിരമാലകൾ, സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ, വർഷപാതം, കാലാവസ്ഥാവ്യതിയാനം എന്നിവയ്ക്കെല്ലാം ചാലകശക്തി ലഭ്യമാകുന്നത് സൗരോർജത്തിൽ നിന്നാണ്. ഭൂമിയിലെ വൈവിധ്യമാർന്ന ജീവജാലങ്ങളുടെ നിലനിൽപ്പിന് ഹേതുവായി വർത്തിക്കുന്നതും സൂര്യനാണ്.

2.2.2. ഗ്രഹങ്ങൾ (Planets)

എട്ട് ഗ്രഹങ്ങൾ ആണ് സൗരയൂഥത്തിൽ ഉള്ളത്. ബുധൻ (മെർക്കുറി), ശുക്രൻ (വീനസ്), ഭൂമി, (എർത്ത്) ചൊവ്വ (മാർഴ്സ്), വ്യാഴം (ജൂപ്പിറ്റർ), ശനി (സാറ്റേൺ), യുറാനസ്, നെപ്ട്യൂൺ എന്നിവയാണ് എട്ട് ഗ്രഹങ്ങൾ. സൂര്യനോട് ഏറ്റവും അടുത്ത്

കാണപ്പെടുന്നത് ബുധനും, സൂര്യനിൽ നിന്ന് ഏറ്റവും അകലെ കാണപ്പെടുന്നത് നെപ്ട്യൂണും ആകുന്നു ചിത്രം (2.3). സൗരയൂഥത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ ഗ്രഹം വ്യാഴവും ഏറ്റവും ചെറിയത് ബുധനും ആകുന്നു. ഏറ്റവും ചൂട് കൂടിയ ഗ്രഹം ശുക്രനാണ് (ശരാശരി ഊഷ്മാവ് 465^{O}C)



ചിത്രം 2.3 - സൂര്യനും സൗരയൂഥത്തിലെ ഗ്രഹങ്ങളും

സൗരയൂഥത്തിലെ ഗ്രഹങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചുള്ള പ്രസക്തമായ ചില വസ്തുതകൾ

ഗ്രഹങ്ങളെ ആന്തരഗ്രഹങ്ങൾ (inner planets) എന്നും ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങൾ (outer planets) എന്നും രണ്ടു വിഭാഗങ്ങളായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ആദ്യത്തെ നാല് ഗ്രഹങ്ങളായ - ബുധൻ, ശുക്രൻ, ഭൂമി, ചൊവ്വ എന്നിവയാണ് ആന്തരഗ്രഹങ്ങൾ അഥവാ ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ. സൗരയൂഥത്തിലെ അവശേഷിക്കുന്ന ഗ്രഹങ്ങളായ വ്യാഴം, ശനി, യുറാനസ്, നെപ്റ്റ്യൂൺ എന്നിവ 'ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങൾ' എന്ന പേരിലും അറിയപ്പെടുന്നുണ്ട്.

ബുധൻ സൂര്യനോട് ഏറ്റവും അടുത്തതും, സൗരയൂഥത്തിലെ ഏറ്റവും ചെറുതും, ഭൂമിയുടെ ഉപഗ്രഹമായ ചന്ദ്രനേക്കാൾ കുറച്ച് അധികം വലുതുമായ ഗ്രഹമാണ്. സൂര്യനോട് വളരെ അടുത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതിനാൽ പ്രഭാതസമയത്തും സായാഹ്ന സമയത്തും ബുധനെ നിരീക്ഷിക്കുന്നത് പ്രയാസമാണ്. സൂര്യനെ ഒരു തവണ പ്രദക്ഷിണം ചെയ്യാൻ ബുധന് 88 ദിവസം വേണ്ടി വരുന്നു. ബുധന്റെ ഭ്രമണവേഗത മറ്റുള്ള ഗ്രഹങ്ങളെക്കാൾ വളരെയധികമാണ്. ബുധനിലെ ഒരു സൗരദിനം ഭൂമിയിലെ 175.97 ദിനങ്ങൾക്ക് തുല്യമാണ്. സൗരയൂഥത്തിലെ ഏറ്റവും ചൂട് കൂടിയ ഗ്രഹമാണ് ശുക്രൻ എന്ന് പറഞ്ഞുവല്ലോ. ഭ്രമണ - പരിക്രമണ കാലയളവുകൾ ഏകദേശം ഒന്നാണ്. എങ്കിലും ഒരു ശുക്രദിനത്തിന്റെ ദൈർഘ്യം ഒരു പൂർണ്ണ ശുക്രവർഷത്തിനേക്കാൾ അധികമാണ്.

പട്ടിക 2.1. ഗ്രഹങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചുള്ള ചില പ്രധാന വസ്തുതകൾ

ക്രമ നം	ഗ്രഹത്തിന്റെ പേര്	സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള ശരി അകലം (ദശലക്ഷം (കി.മീറ്ററിൽ)	മധ്യരേഖീയ വ്യാസം (കി.മി)	സാന്ദ്രത കി.ഗ്രാം/ മീറ്റർ^3)	ഒരു പരിക്രമണ കാലയളവ്	ഒരു ഭ്രമണ കാലയളവ് (മണിക്കൂർ)	ശരാശരി ഊഷ്മാവ് (°C)	ഉപഗ്രഹ ങ്ങളുടെ എണ്ണം
1	ബുധൻ	57.9	4,879	5427	88 ദിവസം	1407.6	167	0
2	ശുക്രൻ	108.2	12,104	5243	224 ദിവസം	- 5832.5	465	0
3	ഭൂമി	149.6	12,756	5514	$365\frac{1}{4}$ ദിവസം	23.9	15	1
4	ചൊവ്വ	227.9	6,792	3933	1.9 വർഷം	24.6	- 65	2
5	വ്യാഴം	778.6	1,42,984	1326	11.9 വർഷം	9.9	- 110	67
6	ശനി	1433.5	1,20,536	687	29.5 വർഷം	10.7	- 140	62
7	യുറാനസ്	2872.5	51,118	1271	84 വർഷം	- 17.2	- 195	27
8	നെപ്റ്റ്യൂൺ	4495.1	49,528	1638	164.9 വർഷം	16.1	- 200	14

ഭ്രമണ കാലയളവിലെ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ആ ഗ്രഹം ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നത് സൂര്യനെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ദിശയ്ക്ക് വിപരീതദിശയിലാണ് എന്നാണ്. ഇതിന് വിപരീതഗതീയ ഭ്രമണം (retrograde rotation) എന്ന് പറയുന്നു.

2.2.3 ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ (Asteroids)

ചൊവ്വയുടെ ഭ്രമണപഥത്തിനും വ്യാഴത്തിന്റെ ഭ്രമണപഥത്തിനും ഇടയിലൂടെ സൂര്യനെ വലംവയ്ക്കുന്ന താരതമ്യേന ചെറിയ ആകാശ ഗോളങ്ങളെയാണ് ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നത്. വ്യത്യസ്ത ആകൃതിയിലും വലിപ്പത്തിലുമുള്ള ശിലാഖണ്ഡങ്ങളാണ് ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ. ഏകദേശം 1000 കിലോമീറ്റർ വ്യാസമുള്ള സീറീസ് ആകുന്നു സൗരയൂഥത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ ക്ഷുദ്രഗ്രഹം. ഈയടുത്ത കാലത്ത് സീറീസിനെ പ്ലൂട്ടോയോടും മറ്റുള്ളവയോടും ഒപ്പം കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങളുടെ പട്ടികയിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. 1900 ജനുവരി 1-നാണ് ഈ ക്ഷുദ്രഗ്രഹത്തെ കണ്ടെത്തിയത്. ഈ തീയതിയുടെ സവിശേഷത ആലോചിച്ചുനോക്കൂ.

കണ്ടെത്തിയിട്ടുള്ള മിക്കവാറും എല്ലാ ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങളുടെയും വ്യാസം 1 കിലോമീറ്ററിനേക്കാൾ കുറവാണ്. വിദൂരഭൂതകാലത്ത് സൗരയൂഥത്തിൽ നിലനിന്നിരുന്ന ഒരു ഗ്രഹമോ ഗ്രഹങ്ങളോ അജ്ഞാതമായ കാരണത്താൽ പൊട്ടിത്തെറിച്ച് ഛിന്നഭിന്നമായ, അവശിഷ്ടങ്ങളാകാം ഇന്ന് കാണുന്ന ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ പൊതുവെ വിശ്വസിച്ചുപോരുന്നു.

2.2.4 വാൽനക്ഷത്രങ്ങൾ (Comets)

അതിദീർഘവൃത്താകൃതിയിലുള്ളതും അതുകൊണ്ടുതന്നെ സുദീർഘമായതുമായ സഞ്ചാരപഥങ്ങളിലൂടെ സൂര്യനുചുറ്റും പ്രദക്ഷിണം വയ്ക്കുന്ന, താരതമ്യേന ചെറിയ ജ്യോതിർഗോളങ്ങളാണ് ധൂമകേതുക്കൾ (ചിത്രം 2.4). മലയാളത്തിൽ വാൽനക്ഷത്രങ്ങൾ എന്ന പേരിലും ഇവ അറിയപ്പെടുന്നു. ധൂമകേതുക്കളിൽ ഭൂരിഭാഗവും മിക്ക

വാറും സമയം സൗരയൂഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും അകന്ന മേഖലകളിലായിരിക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ചില കാലങ്ങളിൽ ധൂമകേതുക്കൾ അവയുടെ പരിക്രമണപഥത്തിലൂടെ സൂര്യനോട് വളരെ അടുത്ത് വരാറുണ്ട്.

സൂര്യനോട് അടുത്തു വരുമ്പോൾ ധൂമകേതുക്കളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഹിമകണികകൾ, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് മുതലായവ ബാഷ്പീകരണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു.

ചിത്രം 2.4 വാൽ നക്ഷത്രങ്ങൾ

ധൂമകേതുക്കൾക്ക് ശിലാനിർമിതമായ ഒരു കേന്ദ്രഭാഗവും (Nucleus), ഈ കേന്ദ്രഭാഗത്തിന് ചുറ്റുമായി വാതകങ്ങൾ, ഖരമഞ്ഞ്, പൊടിപടലങ്ങൾ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്ന തിളക്കമാർന്ന വാലുപോലെയുള്ള ഭാഗവും (സൂര്യന്റെ എതിർദിശയിൽ വിന്യസിക്കപ്പെട്ടതായി) കാണാം. വാതകങ്ങൾ, ന്യൂക്ലിയസ്സിനു ചുറ്റുമായി ഒരു പ്രഭാവലയം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഈ പ്രഭാവലയം ഭൂമിയിൽ നിന്ന് ദൃശ്യമാകുന്നത് ഒരുപക്ഷേ ധൂമകേതുക്കൾ സൂര്യനോട് അടുത്ത് വരുമ്പോൾ മാത്രമാണ്. ധൂമകേതുക്കളിൽ സുപ്രസിദ്ധമായത് ഹാലിയുടെ ധൂമകേതുവാകുന്നു (Halley's Comet). 18-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന എഡ്മണ്ട് ഹാലി (Edmund Halley) എന്ന ജ്യോതിശാസ്ത്രകാരന്റെ സ്മരണാർഥമാണ് ഈ പേര് നൽകിയിട്ടുള്ളത്. 76 വർഷത്തിൽ ഒരിക്കൽ മാത്രമാണ് ഹാലിയുടെ ധൂമകേതു ഭൂമിയിൽ നിന്ന് ദൃശ്യമാകും വിധം സൂര്യനോട് അടുത്ത് വരുകയുള്ളൂ.

ഊർട്ട് മേഘപടലം

1950 - ൽ, ഡച്ച് ജ്യോതിശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ജാൻ ഊർട്ട് സൗരയൂഥത്തിന്റെ ബാഹ്യമേഖലയിൽ അതിനെ ആവരണം ചെയ്ത ഗോളാകൃതിയിലുള്ള ശൂന്യാകാശ ഭാഗത്തെ ഐസ് പോലെ തണുത്ത പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളിൽ നിന്നുമാണ് ചില വാൽനക്ഷത്രങ്ങൾ (ധൂമകേതുക്കൾ) സൗരയൂഥത്തിനുള്ളിലേയ്ക്ക് വന്നെത്തുന്നത് എന്ന് കണ്ടെത്തി. സൗരയൂഥത്തിനുപുറത്തെ ഈ ഭീമാകാരമായ പ്രപഞ്ചപദാർഥ സഞ്ചയം ഊർട്ട് മേഘപടലം എന്ന പേരിലാണ് ഇന്ന് അറിയപ്പെടുന്നത്. സൂര്യനിൽ നിന്നും 5,000 മുതൽ 100,000 ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം (A.U) അകലെയായിട്ടാണ് ഊർട്ട് മേഘപടലങ്ങൾ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. ഈ സഞ്ചയങ്ങളിൽ നിന്നും ആവിർഭവിക്കുന്ന ധൂമകേതുക്കളുടെ പരിക്രമണ പഥത്തിന് അതിദീർഘവൃത്താകൃതിയാണുള്ളത്. ഇവയ്ക്ക് സൂര്യനെ ചുറ്റി വരുവാൻ ആയിരക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന നീണ്ട കാലയളവുകളും വേണ്ടിവരുന്നുവെന്നും കണ്ടെത്തിയിട്ടുമുണ്ട്. ചരിത്രകാലത്ത്, ഈയിനം വാൽനക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ഒരെണ്ണത്തെ മാത്രമെ വാനശാസ്ത്ര നിരീക്ഷണത്തിൽ സൗരയൂഥത്തിന്റെ അന്തർമേഖലയിൽ കണ്ടെത്താൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുള്ളൂ. ഊർട്ട് മേഘപടലത്തിൽ നിന്നും വന്നെത്തുന്ന വാൽ നക്ഷത്രങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് മറ്റിനം വാൽനക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് സൂര്യനെ പരിക്രമണം ചെയ്യുവാൻ ഏകദേശം 200 വർഷത്തിനേക്കാൾ കുറവായ കാലമേ വേണ്ടിവരുന്നുള്ളൂ. കൂടാതെ ഇവയുടെ പരിക്രമണപഥങ്ങൾ ഏറെക്കുറെ ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാര പഥങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന

പ്രതലത്തിൽ തന്നെയാണെന്നതും ശ്രദ്ധേയമാണ്. പരിക്രമണ കാലം കുറവായ വാൽനക്ഷത്രങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ ചരിക്കുന്നത് സൗരയൂഥത്തിൽ നെപ്ട്യൂൺ ഗ്രഹത്തിന്റെ സഞ്ചാരപഥത്തിന് പുറമെ ക്യൂപ്പർ ബെൽറ്റ് എന്നറിയപ്പെടുന്ന, തളികാ രൂപത്തിലുള്ള ഒരു മേഖലയിൽ നിന്നുമാണ്. സുപ്രസിദ്ധ വാനശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ജെറാൾഡ് ക്യൂപ്പറിന്റെ ബഹുമാനാർഥമാണ് ഈ മേഖലയ്ക്ക് അതിന്റെ പേര് നൽകിയിട്ടുള്ളത്. സൂര്യനിൽ നിന്നും 35 മുതൽ 55 A.U (ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം) അകലെയായിട്ടാണ് ക്യൂപ്പർ ബൽറ്റിന്റെ സ്ഥാനം. 100 കി.മീറ്ററിലധികം വ്യാസമുള്ള അനേകായിരം ഐസ് പോലെ തണുത്ത പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളും കോടിക്കണക്കിനുള്ള വാൽ നക്ഷത്രങ്ങളും ഈ മേഖലയിൽ കാണപ്പെടുന്നുവെന്നാണ് വിശ്വസിച്ചുവരുന്നത്.

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം

നിങ്ങളുടെ സ്കൂൾ ഗ്രൗണ്ടിൽ അനുയോജ്യമായ സ്ഥലത്ത്, ഉചിതമായ അളവിൽ (ഉദാ: 1 മീറ്റർ = 2 A.U) സൗരയൂഥത്തിന്റെ ഒരു മാതൃക നിർമിക്കുക.

2.2.5 ഉൽക്കകളും ഉൽക്കാശിലകളും (Meteors and Meteorites)

ചന്ദ്രനില്ലാത്ത സമയത്ത് ആകാശത്ത് പെട്ടെന്ന് തിളക്കമാർന്ന പ്രകാശരേഖകൾ ആകാശത്തിന് കുറുകെ സഞ്ചരിക്കുന്നതും ഒരു അടയാളംപോലും അവശേഷിപ്പിക്കാതെ ഏതാനും നിമിഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽ അപ്രത്യക്ഷമാവുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രതിഭാസം നിങ്ങളിൽ പലർക്കും സുപരിചിതമാണല്ലോ. സൗരയൂഥത്തിലെ അംഗങ്ങളായ ഉൽക്കകളാണ് ആകാശത്തിലെ ഈ പ്രതിഭാസത്തിന് കാരണം.

താരതമ്യേന വലിപ്പം കുറഞ്ഞ ജ്യോതിർവസ്തുക്കളാണ് ഉൽക്കകൾ. ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാര പഥങ്ങൾക്കിടയ്ക്കുള്ള ശൂന്യാകാശഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് ഭൂമിയുടെ വായുമണ്ഡലത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന ഉൽക്കകൾ അന്തരീക്ഷത്തിലെ കണികകളുമായുണ്ടാക്കുന്ന ഘർഷണത്തിന്റെ ഫലമായി കത്തിയെരിയുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് ആകാശത്തിന് കുറുകെ പ്രകാശരേഖകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഘർഷണത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ഉയർന്ന താപം ഉൽക്കാപദാർഥങ്ങൾ വായുമണ്ഡലത്തിൽ വച്ച് കത്തുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. ശൂന്യാകാശത്ത് നിന്നും ഭൂമിയുടെ ബാഹ്യാവരണ വായുമണ്ഡലത്തിൽ വന്നെത്തുന്ന ശിലാഖണ്ഡങ്ങളാണ് ഉൽക്കകൾ. ഇവ സെക്കന്റിൽ നിരവധി കിലോമീറ്റർ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഓരോ ദിവസവും ആയിരക്കണക്കിന് ഉൽക്കകൾ ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷമണ്ഡലത്തിൽ പ്രവേശിക്കുന്നുണ്ട്. ചില സമയങ്ങളിൽ ആകാശത്തിൽ ദൃശ്യമാകുന്ന ഉൽക്കാവർഷണം (Meteor Showers) ധൂമകേതുക്കളുടെ വാൽ ഭാഗത്തിന്റെ അവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്നും രൂപം കൊള്ളുന്നതാണ്.

ചിത്രം 2.5 ഉൽക്കാ ഗർത്തം (ബാരിഞ്ചർ ഗർത്തം, അരീസോണ, യു.എസ്.എ)

വായുമണ്ഡലത്തിൽ വച്ച് പൂർണ്ണമായും കത്തി നശിക്കാതെ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന ഉൽക്കകളെ ഉൽക്കാശിലകൾ (Meteorites) എന്നുവിളിക്കുന്നു.

ഭീമാകാരമായ ഉൽക്കകളുടെ പതനം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ചിലപ്പോൾ വലിയ ഗർത്തങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിലുണ്ടായ സുപ്രസിദ്ധമായ ഗർത്തമാണ് USAയിലെ അരിസോണ മരുഭൂമിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ബാരിഞ്ചർ ഗർത്തം (Barringer Crater of Arizona Desert in USA) (ചിത്രം 2.5.) ഈ ഗർത്തത്തിന് 1.2 കിലോമീറ്റർ വ്യാസവും 200 മീറ്റർ ആഴവുമുണ്ട്. ഭാരതത്തിൽ ഉൽക്കാപതനം മൂലമുണ്ടായ ഗർത്തത്തിന് ഒരു ഉദാഹരണമാണ് ലോനാർ ഗർത്തം (Lonar Crater). ഈ ഗർത്തം ഇന്ന് ലവണജല തടാകമായി (saline soda lake) കാണപ്പെടുന്നു. മഹാരാഷ്ട്രയിലെ ബുൽഡാന ജില്ലയിലെ ലോനാറിൽ കാണപ്പെടുന്ന ലോനാർ ഗർത്തത്തിന്റെ വ്യാസം 1.8 കി. മീ. ആകുന്നു. പ്ലീസ്റ്റോസിൻ (Pleistocene) കാലഘട്ടത്തിൽ ഡക്കാൺ പ്രദേശത്തെ തണുത്തുറഞ്ഞ ലാവയ്ക്ക് മുകളിൽ ആണ് ഇത് പതിച്ചിട്ടുള്ളത്.

കേരളത്തിൽ രണ്ട് ഉൽക്കാശിലകൾ കണ്ടെത്തിയ വിവരങ്ങൾ ലഭ്യമാണ്. ഏകദേശം 1460 ഗ്രാം തൂക്കമുള്ള ഒന്ന് കൊടുങ്ങല്ലൂരിൽ (10°12'N, 76°16'E) 1917-ലും, ഏകദേശം 45 കി.ഗ്രാം തൂക്കമുള്ള മറ്റൊന്ന് 1914 – ൽ കുറ്റിപ്പുറത്ത് നിന്നും ലഭ്യമായിട്ടുണ്ട്. ഇവ രണ്ടും കോണ്ട്രയിറ്റ് (Chondrite) അഥവാ ശിലാമയ ഉൽക്കാശിലാ (Stony meteorites) വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടതാകുന്നു.

ഉൽക്കകളെ മൂന്ന് വിഭാഗങ്ങളായി വർഗീകരിച്ചാണ് പഠനവിഷയമാക്കുന്നത്.

എ. ശിലാമയ ഉൽക്കാശിലകൾ (Stony Meteorites)

ബി. അയേൺ ഉൽക്കാശിലകൾ (Iron Meteorites)

സി. ശിലാമയ-അയേൺ ഉൽക്കാശിലകൾ (Stony-Iron Meteorites)

മുകളിൽ പറഞ്ഞ വർഗീകരണം ഉൽക്കാശിലകളുടെ രാസഘടനയെ ആസ്പദമാക്കിയുള്ളതാണ്.

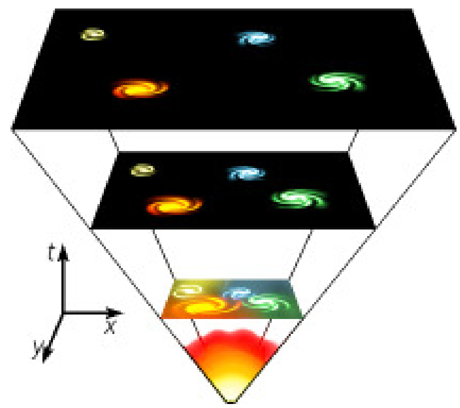
ശിലാമയ ഉൽക്കാശിലകൾ ഏറെക്കുറെ പൂർണ്ണമായും സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമാണ്. എന്നാൽ അയേൺ ഉൽക്കാശിലകൾ നിക്കലോ മറ്റു ലോഹങ്ങളോ ഇരുമ്പുമായി കൂടിച്ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന ലോഹസങ്കരങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. മൂന്നാമത്തെ ഇനമായ ശിലാമയ - അയേൺ ഉൽക്കാശിലകൾ സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കളുടെയും ഇരുമ്പിന്റെയും ഒരു മിശ്രിതമാണ്. ഉൽക്കാശിലകളിൽ ഭൂരിഭാഗവും ശിലാമയ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. മൂന്നാമത്തെ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ഉൽക്കാശിലകൾ വളരെ കുറഞ്ഞ തോതിൽ മാത്രമേ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ.

ശാസ്ത്രപഠനത്തിൽ ഉൽക്കാശിലകൾക്ക് ഏറെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. കാരണം ഭൂമിക്ക് പുറത്തുള്ള സൗരയൂഥമേഖലയിൽ നിന്ന് ഭൂമിയിൽ വന്നെത്തുന്ന ഒരേയൊരു തരം സൗരയൂഥദ്രവ്യങ്ങളാണ് ഉൽക്കാശിലകൾ. ഇവ സൗരയൂഥത്തിന്റെ പ്രായത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾക്ക് വിലയേറിയ ഉപാദാനങ്ങളാണ്. സൗരയൂഥത്തിലെ ജ്യോതിർഗോളങ്ങളുടെ രാസഘടനാപരമായ വസ്തുതകളെക്കുറിച്ചുള്ള നിഗമനങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേരാൻ സഹായകരമായ തെളിവുകൾ ഉൽക്കാശിലകൾ പ്രദാനം ചെയ്യുന്നുണ്ട്.

2.3 പ്രപഞ്ചോൽപത്തി – മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തം

(Origin of Universe - The Big - Bang Hypothesis)

ഇന്ന് ഈ കുഞ്ഞുഭൂമിയിൽ നിന്ന് കൊണ്ട് നമ്മുടെ ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ അവരുടെ ബുദ്ധിവൈഭവം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ആഴത്തിനേയും പരപ്പിനേയും അന്വേഷിക്കാനും പ്രപഞ്ചരഹസ്യങ്ങൾ അനാവരണം ചെയ്യുവാനും ശ്രമിക്കുന്നു. പ്രപഞ്ചോൽപ്പത്തി വളരെ സങ്കീർണ്ണമായ ഒരു പഠനവിഷയമാകയാൽ വളരെ സംക്ഷിപ്തമായ ഒരു വിവരണമാണ് താഴെ നൽകുന്നത്.



ചിത്രം 2.6. പ്രപഞ്ച വികാസം എന്ന ആശയം

വർത്തമാനകാലത്തെയും, ഭൂതകാലത്തെയും, ഭാവികാലത്തെയും മൊത്തം ദ്രവ്യവും ഊർജവും ഉൾക്കൊള്ളുന്നതാണ് പ്രപഞ്ചം. പ്രപഞ്ചത്തിൽ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്ന മൊത്തം ശൂന്യാകാശവും, അനന്തവും സങ്കൽപ്പാതീതവുമായ മൊത്തം കാലദൈർഘ്യവും, അതിന്റെ അവിഭാജ്യഘടകങ്ങളായി പരിഗണിക്കാം. ഭൂമിയിൽ നിന്നും താരതമ്യേന വളരെ അകലെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന നക്ഷത്രങ്ങളിൽ നിന്നും ഗ്യാലക്സികളിൽ നിന്നും ഭൂമിയിൽ വന്നെത്തുന്ന പ്രകാശരശ്മികൾ പഠനവിഷയമാക്കിയപ്പോൾ, അവയുടെ വർണരാജി (spectrum) യിൽ ദൃശ്യമാകുന്ന ആഗിരണ മേഖലകൾ (absorption line) നക്ഷത്രങ്ങളെ ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്ന ഹൈഡ്രജൻ പോലുള്ള വാതകങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യത്തിന് തെളിവ് നൽകുന്നു. പ്രകീർണന ഫലമായി സപ്തവർണങ്ങളായി ദൃശ്യമാകുന്ന സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ വർണരാജി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ അവയിലെ ആഗിരണരേഖകൾ താരതമ്യേന ദൈർഘ്യം കൂടിയ ചുവപ്പ് നിറത്തിന്റെ സ്ഥാനത്തേയ്ക്ക് മാറിയാണ് കാണപ്പെടുന്നത് എന്ന വസ്തുതയും കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. മാത്രവുമല്ല, ഭൂമിയിൽ നിന്നും പ്രകാശരശ്മികളുടെ സ്രോതസുകളിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന് ആനുപാതികമായി ആഗിരണരേഖകളുടെ സ്ഥാനവ്യത്യാസവും കൂടുന്നതായും ശാസ്ത്രീയ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ വ്യക്തമായിരിക്കുന്നു. വർണരാജികളിൽ ആഗിരണരേഖകളുടെ ഇത്തരത്തിലുള്ള സ്ഥാനമാറ്റം 'റെഡ് ഷിഫ്റ്റ്' (Red Shift) എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. അമേരിക്കൻ ജോതിശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന എഡ്വിൻ ഹബിൾ 1929 ലാണ് ഈ വസ്തുത കണ്ടെത്തിയത്.

മുൻപറഞ്ഞ ശാസ്ത്രീയ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും, പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഗ്യാലക്സികൾ ഭൂമിയിൽ നിന്നും നിരന്തരം അതിവേഗതയിൽ അകന്ന് പോകുന്നുവെന്നും, അതിനാൽ പ്രപഞ്ചം അനുക്രമം വികസിക്കുന്നുവെന്നുമുള്ള നിഗമനങ്ങളിൽ ശാസ്ത്രകാരന്മാരെ എത്തിച്ചു.

"ഭൂമിയിൽ നിന്നുമകലുന്നതിനനുസരിച്ച് ഗ്യാലക്സികളുടെ വേഗതയും വർധിക്കുന്നു എന്ന ശാസ്ത്രീയ വസ്തുതയാണ് 'ഹബിൾ നിയമം' അനുശാസിക്കുന്നത്. ഭൂമിയിൽനിന്ന് വളരെ അകലെസ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഗ്യാലക്സികൾ വളരെ വേഗത്തിൽ ഭൂമിയിൽനിന്ന് അകന്ന് മാറുന്നുവെന്നർഥം. പ്രപഞ്ചം നിരന്തരം വികാസത്തിന് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു എന്ന് സാരം. നിറയെ ചെറിയ ബിന്ദുക്കൾ ഇട്ട ഒരു ബലൂൺ പ്രപഞ്ചമായി സങ്കൽപ്പിക്കുക (ചിത്രം 2.6). വീർപ്പിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് അതിലെ ഓരോ ബിന്ദുക്കൾ പരസ്പരം അകന്നു മാറുന്നു. പ്രപഞ്ച വികാസപ്രക്രിയയിൽ ഗ്യാലക്സികൾക്കിടയ്ക്കുള്ള അകലം കാലദൈർഘ്യത്തിനനുസൃതമായി വർധിക്കുന്നു. എന്നാൽ അവയുടെ വലിപ്പം വർധിക്കുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നുവെന്നും അത് എങ്ങനെ ഉണ്ടായി എന്നതിനെക്കുറിച്ചും കുറച്ച് കാര്യങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാൻ ജ്യോതിശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർക്ക് കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നുവെന്ന കണ്ടെത്തലുകൾക്ക് മുൻപ് പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ചുള്ള നിരവധി ആശയങ്ങൾ ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട്. മിക്കവാറും എല്ലാ മുൻകാല സിദ്ധാന്തങ്ങളും പ്രപഞ്ചം ചലിക്കാത്തതായിരുന്നു (Static) എന്ന ആശയത്തിൽ അധിഷ്ഠിതമായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നുവെന്ന് അനുമാനിച്ച ശാസ്ത്രകാരൻമാർതന്നെ ഭൂതകാലത്തെന്നോ ഒരിക്കൽ പ്രപഞ്ചം വളരെ ചെറുതായിരുന്നു എന്നും അനുമാനിച്ചു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വികാസം സംഭവിക്കുന്നതിന് മുൻപ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വ്യാപ്തി വളരെക്കുറവായിരുന്നു.

മഹാവിസ്ഫോടനം - (The Bing Bang)

പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഉൽപ്പത്തിയേയും അനന്തരപരിണാമത്തെയും കുറിച്ച് ശാസ്ത്രലോകം ഏറെക്കുറെ അംഗീകരിച്ച ആധുനിക സിദ്ധാന്തമാണ് 'ബിഗ് ബാങ് സിദ്ധാന്തം.' ഈ സിദ്ധാന്തത്തെക്കുറിച്ച് വ്യക്തമായ ധാരണ ലഭ്യമാകാൻ പ്രപഞ്ചം നിരന്തരവികാസത്തിന് വിധേയമാണെന്നചിത്രം മനസിൽ വിഭാവനം ചെയ്യണം. ഒരു വീഡിയോ പ്ലയറിലെ റിവേഴ്സ്ബട്ടൺ അമർത്തുമ്പോൾ സ്ക്രീനിൽ ദൃശ്യങ്ങൾ ദൃശ്യമാകുന്നതുപോലെ കാലത്തെ ഭൂതകാലത്തിന്റെ ആഴങ്ങളിലേക്ക് ഒരു സങ്കൽപ്പസഞ്ചാരം നടത്തുവാൻ കഴിയുകയാണെങ്കിൽ ഈ പ്രപഞ്ചം ഭൂതകാലത്തിന്റെ ഏതോ ഒരു ഘട്ടത്തിൽ ഗ്യാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള അകലം അനുക്രമം കുറഞ്ഞിരുന്നതായും അതിനനുസൃതമായി പ്രപഞ്ചം ചുരുങ്ങി വരുന്നതായും കാണാൻ കഴിയും. വീണ്ടും വീണ്ടും കാലത്തിന്റെ ആഴങ്ങളിലേക്ക് പോകുമ്പോൾ പ്രപഞ്ചം ഒന്നാകെ ചുരുങ്ങി, ച്ചുരുങ്ങി ഒരു ബിന്ദുവിൽ കേന്ദ്രീകൃതമായിരുന്നുവെന്ന് സൈദ്ധാന്തികമായി വിഭാവനം ചെയ്യേണ്ടി വരും. അതായത് നാം എത്തിച്ചേരുന്നത് വളരെ ചുരുങ്ങിയതും അതീവ സൂക്ഷ്മവുമായ ഒരു ആദിമ പ്രപഞ്ചത്തിലേക്കായിരിക്കും.

മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ഉപോൽപ്പന്നം എന്ന നിലയ്ക്ക് രൂപംകൊണ്ട സൈദ്ധാന്തിക ആശയമാണ് ഏകത്വം (Singularity). നമുക്ക് ഇന്ന് ദൃശ്യമാകുന്ന ബൃഹദാകാരമായ പ്രപഞ്ചം അനാദിയായ ഭൂതകാലത്തിലെന്നോ, അതീവ ഘനീ

ഭൂതാവസ്ഥയിലും, അത്യുന്നത താപനിലയിലും തീവ്രമായ മർദ്ദത്തിലും, നക്ഷത്രങ്ങളോ, പരമാണുക്കളോ, ആകാരം, ഘടന എന്നീ സവിശേഷതകളോ ഒന്നും തന്നെ പ്രകടമാക്കാത്ത അതീവ പ്രാകൃതാവസ്ഥയിൽ നിലനിന്നിരുന്നുവെന്ന ആശയമാണ് "ഏകത്വം" (Singularity). പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രാരംഭദശയെ കുറിക്കുന്ന ഈ ആശയം തികച്ചും സൈദ്ധാന്തികമാണെന്ന കാര്യം വിസ്മരിക്കാൻ പാടില്ല. സംഘടിതമായതും സുശക്തമായതും, സമന്വിതമായതും, ഏകതാനവുമായ ഒരു അവസ്ഥാവിശേഷമാണ് ഏകത്വം (Singularity)എന്ന പദംകൊണ്ട് വിവക്ഷിക്കുന്നത്.

ഏകദേശം 13.7 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ആദ്യത്തെ മഹാവിസ്ഫോടനം നടന്നത്. വിസ്ഫോടനത്തിന് ശേഷമുള്ള ആദ്യത്തെ കുറച്ച് നിമിഷങ്ങളിൽ പ്രപഞ്ചം അത്യുഗ്രമായ താപത്തിലും ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയിലും ആയിരുന്നു. ഏതാനും നിമിഷങ്ങൾക്ക് ശേഷം പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുവാൻ ആരംഭിക്കുകയും തൽഫലമായി അതിന്റെ സാന്ദ്രതയും താപനിലയും അനുക്രമം കുറഞ്ഞ് വരികയും തുടർന്ന് പ്രോട്ടോണുകളും ഇലക്ട്രോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്തു. ഏതാനും മിനിറ്റുകൾക്ക് ശേഷം പരമാണുക്കളുടെ (Atoms)ന്യൂക്ലിയസ്സുകൾ ആവിർഭവിച്ചു. എന്നാൽ ഇലക്ട്രോണും പ്രോട്രോണും ന്യൂട്രോണും ചേർന്ന ന്യൂട്രൽ ആറ്റങ്ങൾ ആദ്യവിസ്ഫോടനം നടന്ന് ഏകദേശം 380000 വർഷങ്ങൾക്കുശേഷം മാത്രമാണ് രൂപം കൊണ്ടതെന്ന് വിശ്വസിക്കുന്നു. ശൂന്യാകാശത്തിന്റെ വികാസത്തിന്റെ ആദ്യഘട്ടത്തിൽ ദ്രവ്യം എല്ലാഭാഗത്തും ഒരു പോലെയല്ല വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരുന്നത്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ചിലഭാഗങ്ങളിൽ മറ്റുഭാഗങ്ങളേക്കാൾ സാന്ദ്രത കൂടുതലായിരുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണ ബലമാണ് ദ്രവ്യകണങ്ങളെ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത മേഖലകളിൽ അടുപ്പിച്ച് നിർത്തിയിരുന്നത്. ഈ ദ്രവ്യക്കൂട്ടത്തെയാണ് (Clumps) 'പ്രോട്ടോഗ്യാലക്സികൾ' അഥവാ 'ഗ്യാലക്സികളുടെ പൂർവ്വികൻമാർ' എന്ന് വിളിച്ചിരുന്നത്. ഇതിലാണ് ആദ്യകാല നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ജനനം. നക്ഷത്രങ്ങൾ ന്യൂക്ലിയസ്സുകളുടെ തീച്ചൂളയാണ്. അതിലാണ് കാർബൺ, ഓക്സിജൻ, സിലിക്കൺ, ഇരുമ്പ് തുടങ്ങിയ താരതമ്യേന ഭാരംകൂടിയ മൂലകങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടത്. വളരെ വലിയ നക്ഷത്രങ്ങൾ വിസ്ഫോടനത്തിന്റെ ഫലമായി സൂപ്പർനോവകളായി മാറുമ്പോൾ മുൻപറഞ്ഞ മൂലകങ്ങളേക്കാൾ ഭാരംകൂടിയ മൂലകങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. അത്തരത്തിലുള്ള വിസ്ഫോടനത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന വസ്തുക്കൾ ശൂന്യതയിൽ പ്രസരിക്കപ്പെടുകയും അവ പിന്നീട് കൂടിച്ചേർന്ന് പുതുതലമുറയിലെ നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും പ്രപഞ്ചത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന മറ്റു വസ്തുക്കളുമായി പരിണമിക്കുകയും ചെയ്തു.

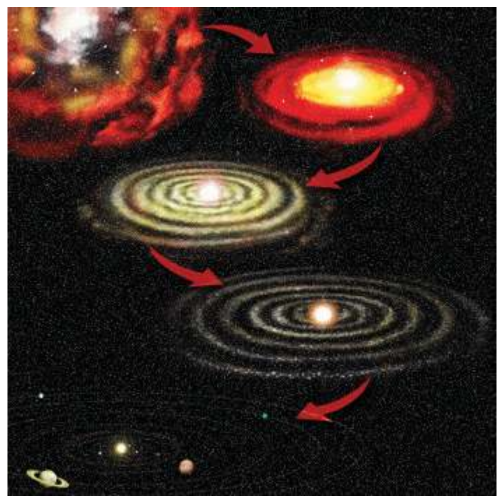
ബിഗ് ബാങ് എന്നറിയപ്പെടുന്ന മഹാവിസ്ഫോടനത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് സ്ഥലം, കാലം എന്നീ (time and space) ആശയങ്ങളുടെ ആവിർഭാവം ഉണ്ടായത്. മഹാവിസ്ഫോടനമാണ് കാലമെന്ന ആശയത്തിന്റെ നിദാനമെങ്കിൽ 'അതിന് മുൻപ്' (before) എന്തായിരുന്നുവെന്ന ചോദ്യം അപ്രസക്തമാണ്.

ഇപ്പോൾ നിങ്ങളിൽ ചിലർക്കെങ്കിലും ചില ചോദ്യങ്ങൾ മനസിൽ ഉരുത്തിരിഞ്ഞിട്ടുണ്ടാകും. അതായത് പ്രപഞ്ചം എത്ര വേഗതയിലാണ് വികാസം പ്രാപിക്കുന്നത്? പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നുണ്ടോ? എങ്കിൽ അതിന്റെ വലിപ്പം അനന്തമായി വികസിക്കുന്നുണ്ടോ? നിരവധി ശാസ്ത്രകാരന്മാർ കരുതുന്നത് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ

വികാസം അനന്തമായി തുടരാൻ കഴിയില്ല എന്നാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വികാസം നിലയ്ക്കുന്ന ഒരു ഘട്ടം വരുമെന്നാണ് ഇക്കൂട്ടർ കരുതുന്നത്. വികാസം അവസാനിക്കുമ്പോൾ ഗ്യാലക്സികളും അവയിലെ ദ്രവ്യവും തമ്മിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തിന്റെ ഫലമായി പ്രപഞ്ചം ചുരുങ്ങി, പഴയ ഏകത്വം (Singularity) എന്ന സ്ഥിതി വിശേഷത്തിലേക്ക് മടങ്ങിപ്പോകും. ഇത്തരത്തിൽ ഗ്യാലക്സികളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ചുരുങ്ങലിനെ ബിഗ് ക്രഞ്ച് (Big Crunch) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഒരൊറ്റ ബിന്ദുവിലേക്ക് പ്രപഞ്ചം ചുരുങ്ങിയ നിമിഷം വീണ്ടും അത് മഹാവിസ്ഫോടനത്തിന് (Big Bang) പുനർവിധേയമാകും. ഇങ്ങനെ പ്രപഞ്ചം ഒന്നിടവിട്ട വികാസത്തിനും സങ്കോചനത്തിനും അനുക്രമം വിധേയമായി കൊണ്ടിരിക്കും എന്നാണ് ഇക്കൂട്ടത്തിൽപ്പെടുന്ന ശാസ്ത്രകാരൻമാർ കരുതുന്നത്.

2.4 ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവം (Origin of Earth)

എങ്ങിനെയായിരുന്നു ഭൂമി എന്ന ഗ്രഹത്തിന്റെ ജനനം? ഈ സമസ്യ ശാസ്ത്രകാരന്മാരുടെ ചിന്താമണ്ഡലത്തിൽ അസ്വസ്ഥതയുണ്ടാക്കി. മാത്രമല്ല വളരെ നീണ്ടകാലം പ്രസ്തുത പ്രശ്നം തൃപ്തികരമായി വിശദീകരിക്കാൻ സാധിച്ചില്ല. ഇന്നുപോലും ആ നില തുടരുന്നു.



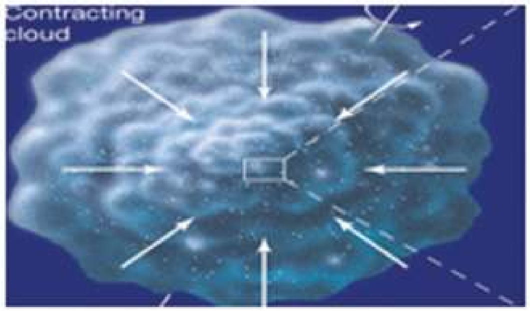
ചിത്രം 2.7 ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവം

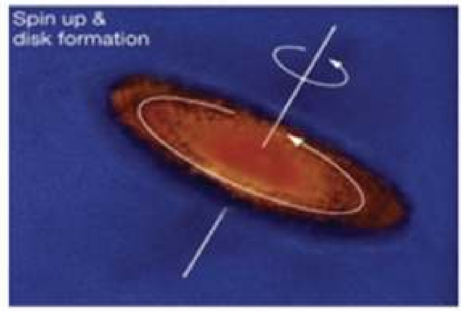
ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവത്തെ സംബന്ധിച്ച് നിരവധി കാഴ്ചപ്പാടുകൾ കഴിഞ്ഞ 250 വർഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽ ആവിർഭവിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇവയിലേറെയും സിദ്ധാന്തങ്ങളായല്ല പരികല്പനകൾമാത്രമായാണ് ശാസ്ത്രലോകം പരിഗണിക്കുന്നത്.

ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവത്തെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചിട്ടുള്ള രണ്ട് പ്രധാനപ്പെട്ട പരികൽപ്പനകൾ മാത്രം നമുക്ക് ചുരുക്കത്തിൽ പഠിക്കാം.

2.4.1 നെബുലാർ പരികൽപ്പന (Nebular Hypothesis)

ഭൂമിയുൾപ്പെടുന്ന സൗരയൂഥത്തിന്റെ ഉൽഭവത്തെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കാൻ ശ്രമിച്ച ആദ്യ പരികൽപ്പനയാണ് നെബ്യൂലാർ പരികൽപ്പന. യഥാർഥത്തിൽ ഈ പരികൽപ്പന മുന്നോട്ട് വച്ചത് 1755-ൽ ജർമ്മൻ തത്ത്വചിന്തകനായ ഇമ്മാനുവൽ കാന്റ് ആയിരുന്നെങ്കിലും പിന്നീട് 1796-ൽ ഫ്രഞ്ച് ജ്യോതിശാസ്ത്രകാരനായ പിയറി സൈമൺ ഡി ലാപ്ലെയ്സ് നെബുലാർ പരികൽപ്പനയിൽ വേണ്ട മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തി കൂടുതൽ വിശദീകരണത്തോടെ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു.

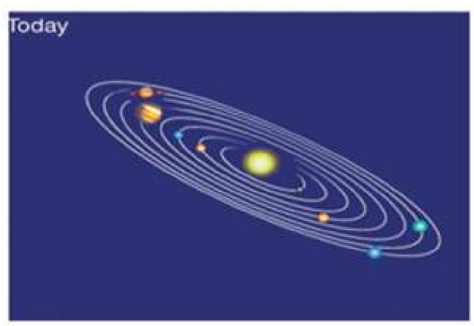




ചിത്രം 2.8 എ, ചിത്രം 2.8 ബി നെബുലാർ പരികൽപ്പന

നെബുലാർ പരികൽപ്പന പ്രകാരം സൗരയൂഥം അനുക്രമമായി വികസിച്ചത് നക്ഷത്ര ങ്ങളുടെയെല്ലാം ജനനത്തിന് കാരണമായ വലിയ ഒരു ധൂമതാരഗണത്തിൽ വിന്യസിക്ക പ്പെട്ട ദ്രവ്യകണികകളുടെ മേഘപടലത്തിൽ നിന്നാകുന്നു. നെബുല എന്ന പദം രൂപം കൊണ്ടത് മൂടൽമഞ്ഞ് (mist) അല്ലെങ്കിൽ മങ്ങിയ മേഘപടലം (cloud) എന്നർഥം വരുന്ന ലത്തീൻ പദത്തിൽ നിന്നാണ്. നക്ഷത്ര സഞ്ചാരപഥങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള നേർത്ത വാതക-ധൂളികളുടെ മേഘപടലങ്ങളെയാണ് ഈ പദം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. നെബുലാർ പരികൽപ്പന പ്രകാരം നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സഞ്ചാര പഥങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള വാതക-ധൂളി- കണങ്ങളുടെ മേഘപടലം ഗുരുത്വാകർഷണപരമായ തകർച്ചയ്ക്ക് വിധേയമായി ചുരുങ്ങുകയും നെബുല രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്തു. (ചിത്രം 2.8 എ) ചുരുങ്ങലിന് ശേഷം ഇവ കറങ്ങാൻ തുടങ്ങുകയും ചക്രാകൃതിയിലേക്ക് രൂപമാറ്റം സംഭവിക്കു കയും ചെയ്തു. (ചിത്രം 2.8 ബി)

ചിത്രം 2.9 എ, സൗരയൂഥത്തിന്റെ രൂപം കൊള്ളൽ



ചിത്രം 2.9. ബി. സൗരയൂഥം ഇന്ന്

നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സഞ്ചാരപഥങ്ങൾക്കിടയ്ക്ക് കാണപ്പെട്ടതും സൗരയൂഥത്തിന്റെ മധ്യ ത്തിൽ അവശേഷിക്കപ്പെട്ടതുമായ പിണ്ഡങ്ങൾ, സൗരചക്രത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലേക്ക് ചുരുങ്ങിയതുപോലെ ഏകീഭവിച്ച് (coalesced) വലിയ തരികൾ (Pebbles and boulders) രൂപംകൊണ്ടു. ഇങ്ങനെയുണ്ടായ വലിയ തരികൾ പലതും കൂടിച്ചേർന്ന് (accretion) ഏതാനും കിലോമീറ്റർ മുതൽ നൂറുകണക്കിന് കിലോമീറ്റർ വരെ വിസ്തൃതി യുള്ള ദ്രവ്യപിണ്ഡങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടു. ഇത്തരത്തിലുള്ള വലിയ ദ്രവ്യപിണ്ഡങ്ങൾ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് വിധേയമായി വീണ്ടും കൂടിച്ചേർന്ന് ഗ്രഹങ്ങളുടെ ആദ്യരൂപ മായ പ്രോട്ടോപ്ലാനറ്റുകൾ (Protoplanets) ഉണ്ടായി . സൗരയൂഥത്തിലെ ഇന്ന് കാണുന്ന

മിക്കവാറും ഗ്രഹങ്ങളും രൂപം കൊണ്ടത് പ്രോട്ടോപ്ലാനറ്റുകളിൽ നിന്നാകുന്നു. പിന്നീട് പ്രോട്ടോപ്ലാനറ്റുകളിൽ കൂടുതൽ വസ്തുക്കൾ കൂടിച്ചേരുകയും ഇന്ന് നാം അറിയപ്പെടുന്ന വിധത്തിലുള്ള ഗ്രഹങ്ങളുടെ ആകൃതിയിലും വലുപ്പത്തിലും ആയിത്തീരുകയും ചെയ്തു. (ചിത്രം 2.9 എ യും 2.9 ബി യും)

സൗരയൂഥത്തിലെ ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങളും മറ്റു ചെറിയ ജ്യോതിർഗോളങ്ങളും മുകളിൽ പറഞ്ഞവിധത്തിൽ ഉണ്ടായ ഛിന്നഭിന്നമായ ഒന്നോ അതിലധികമോ ഗ്രഹങ്ങളുടെ കഷണങ്ങളാണ് (ഭാഗങ്ങളാണ്). സൗരയൂഥ നെബുലയുടെ അവശേഷിക്കുന്ന കേന്ദ്ര പിണ്ഡം പിന്നീട് സൂര്യനായി മാറുകയും ചെയ്തു.

2.4.2 പ്ലാനറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പന (Planetesimal Hypothesis)

സൗരയൂഥത്തിന്റെ ഉൽപ്പത്തിയെക്കുറിച്ച് അമേരിക്കൻ ഐക്യനാടുകളിലെ ഭൂവൈജ്ഞാനികനായിരുന്ന ഷാമ്പർലെയിനും അവിടത്തെ ജ്യോതിശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന മോൾട്ടണും ചേർന്ന് 1905-ൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ച പരികൽപ്പനയാണ് പ്ളാനെറ്റെസിമൽ പരികല്പന എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നത്. പ്ലാനെറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പന പ്രകാരം, ഭൂമിയും, സൗരയൂഥത്തിലെ മറ്റു ഗ്രഹങ്ങളും അതിപ്രാചീനകാലത്ത് ഇന്നത്തെ സൗരയൂഥ മേഖലയിൽ നിലവിലുണ്ടായിരുന്ന കൃശഗ്രഹങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്നാണ് രൂപം കൊണ്ടതെന്ന ആശയമാണ് മുന്നോട്ടു വയ്ക്കുന്നത്. വിദൂരഭൂതകാലത്ത്, എന്നോ ഒരിക്കൽ സൂര്യൻ മാത്രം നിലവിലുണ്ടായിരുന്നപ്പോൾ അതീവ ഗുരുത്വാകർഷണ ശക്തിയുള്ള ഒരു നക്ഷത്രം സൂര്യന്റെ സമീപത്തുകൂടി സഞ്ചരിക്കാൻ ഇടയായി. ഈ നക്ഷത്രം സൂര്യന്റെ ഉപരിഭാഗത്ത് അത്യുഗ്രമായ വലിവുബലം സൃഷ്ടിക്കാൻ കാരണമായി. ഇതു മൂലം സൂര്യന്റെ ഉപരിഭാഗത്തിന്റെ നല്ലൊരു ഭാഗം സൂര്യനിൽ നിന്നും വേർപ്പെട്ട് ഇന്നത്തെ സൗരയൂഥത്തിന്റെ ബാഹ്യാതിർത്തിവരെ ചെന്നെത്തി. ഇതാണ് പ്ലാനെറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പന (Planetesimal Hypothesis) വിഭാവനം ചെയ്യുന്നത്.

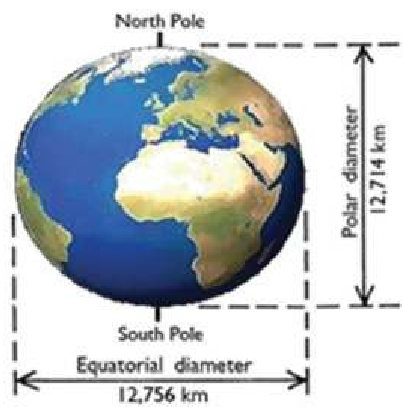
സൂര്യഗോളത്തിൽ നിന്നും വേർപ്പെട്ട വസ്തുക്കൾ പരസ്പര ആകർഷണത്തിനും തുടർന്ന് ശീതീകരണത്തിനും വിധേയമായി. തൽഫലമായി ഒട്ടനവധി ഖരരൂപദ്രവ്യങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമായി. പ്ലാനെറ്റെസിമലുകൾ (planetesimals) എന്ന പേർ നൽകിയിട്ടുള്ള ചെറുതും വലുതുമായ ഈ ഖരകണികകൾ സൂര്യനെ വലയം ചെയ്യാനാരംഭിക്കുകയും, തുടർന്നുള്ള പരിക്രമണകാലത്ത് പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുകയും, അവയൊക്കെ പിൽക്കാലത്ത്, സൂര്യനിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്ത അകലങ്ങളിൽ, നാമിന്ന് അറിയപ്പെടുന്ന വിഭിന്ന ഗ്രഹങ്ങളായി പരിണമിക്കുകയും ചെയ്തുവെന്നാണ് പ്ലാനെറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പനയുടെ വീക്ഷണം. ഇതുപ്രകാരം സൗരയൂഥ ഗ്രഹങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ ആദിമകാലം മുതൽക്കേ ഖരാവസ്ഥയിലായിരുന്നുവെന്നാണ് വിശ്വസിക്കുന്നത്.

വർത്തമാനകാലത്തു ഭൂമിയിൽ നിരന്തരം ദൃശ്യമാകുന്ന ഉൽക്കാപാതത്തിന്റെ കാരണം കണ്ടെത്തുവാനും അനുകൂലമായ ഒന്നാണ് പ്ലാനെറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പന. മാത്രവുമല്ല, സൗരയൂഥത്തിന്റെ രൂപകൽപ്പനയ്ക്കും (അതായത് ഗ്രഹങ്ങളുടെ പരിക്രമണ ദിശയും തലവും) അനുബന്ധ സവിശേഷതകൾക്കും (ഗ്രഹങ്ങളുടെ ഐകരൂപമായ ഭ്രമണദിശ) യുക്തമായ കാരണങ്ങൾ പ്രദാനം ചെയ്യുവാനും ഈ പരികൽപ്പന സഹായകമാണ്.

2.5. ഭൂമിയുടെ ആകൃതിയും വലിപ്പവും (Shape and Size of the Earth)

17-ാംശതകം വരെ ഭൂമി പരിപൂർണ്ണമായ ഒരു ഗോളമാണെന്നാണ് കരുതി വന്നിരുന്നത്. പിൽക്കാല ഭൗമശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ ഭൂമിയുടെ ആകൃതി പൂർണമായ ഗോളാകൃതി യല്ലെന്നും ധ്രുവഭാഗങ്ങൾ പരന്നതും മധ്യഭാഗം അല്പം വീർത്തതുമായതരം സവിശേഷ ഗോളാകൃതിയാണെന്നും (oblate ellipsoid) കണ്ടെത്തി. ഇത് ദീർഘഗോളാകൃതി ആണ് എന്ന് സാമാന്യമായി പറയാം. (നിങ്ങൾ ഒരു ഗോളാകൃതിയുള്ള റബ്ബർപന്തിനെ ഒരു പ്രതലത്തിൽ വച്ച് ചെറുതായൊന്ന് അമർത്തിയാൽ ആ പന്തിന്റെ ആകൃതിക്ക് സമാനമായ രൂപത്തെയാണ് ദീർഘഗോളാകൃതിയെന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്).

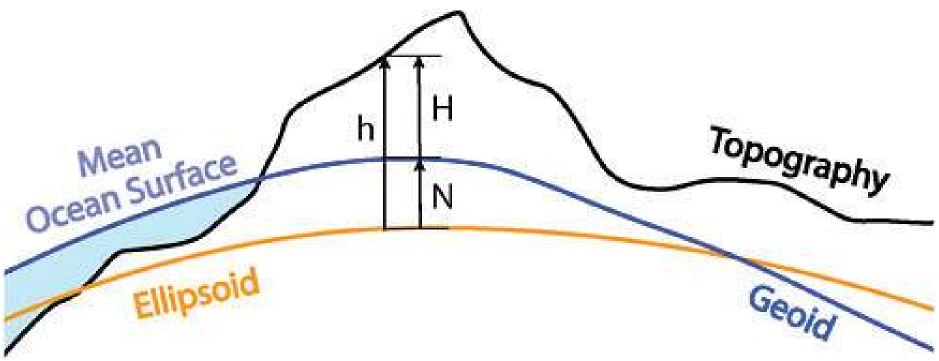
ഭൂമിയുടെ ധ്രുവീയഅക്ഷം (Polar axis) ഭൂമധ്യ രേഖീയഅക്ഷ (equatorial axis) ത്തേക്കാൾ അല്പം നീളം കുറവുള്ളതാണ്. ഇതിന് കാരണം ധ്രുവീയ അക്ഷത്തെ കേന്ദ്രീകരിച്ചുള്ള ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണവും അതിന്റെ അനന്തരഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന അപകേന്ദ്രബല (Centrifugal force) ത്തിന്റെ പ്രഭാവവും ആകുന്നു. (ചിത്രം 2.10). ഭൂമിയുടെ മധ്യരേഖീയ പരിഛേദത്തിന്റെ വ്യാസാർധം (radius) 6378 കി.മീറ്ററും ധ്രുവീയ പരിഛേദത്തിന്റെ വ്യാസാർധം 6357 കി.മീറ്ററുമാണ്. അതായത് ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്തിലെ വ്യാസം ധ്രുവങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അകലത്തേക്കാൾ 42 കി.മീ. കൂടുതലാണ്. ഇത് ശ്രദ്ധേയമായ ഒരു വസ്തുതയാണെന്ന് ഓർക്കണം.



ചിത്രം 2.10 ദീർഘ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ഭൂമി

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഒരു നിർദിഷ്ട ബിന്ദുവിന്റെ ഉയരം പരാമർശിക്കുന്നത് ശരാശരി സമുദ്രജലനിരപ്പിനെ ആശ്രയിച്ചോ അടിസ്ഥാനമാക്കിയോ ആണ്. സമുദ്രജലം ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണവുമായി സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നുവെന്നും, ഇക്കാരണത്താൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം ഗണിതശാസ്ത്രോക്തമായ ഒരു നിയത രൂപം കൈവരിച്ചിരുന്നു എന്നും മുൻകാലത്ത് ശാസ്ത്രലോകം അനുമാനിച്ചിരുന്നു. സൂര്യചന്ദ്രൻമാരുടെ ഗുരുത്വാകർഷണഫലമായി സമുദ്രജലവിതാനത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം ഓരോ മണിക്കൂർ ഇടവേളയിലും രേഖപ്പെടുത്തുന്നു. ഇങ്ങനെ ഓരോ 19 വർഷക്കാലയളവിലും രേഖപ്പെടുത്തിയ വ്യതിയാനങ്ങളുടെ മാധ്യഅളവിനെയാണ് ശരാശരി സമുദ്രജല നിരപ്പ് (Mean Sea Level) എന്ന സാങ്കേതിക പദംകൊണ്ട് ഭൗമശാസ്ത്രത്തിൽ വിവക്ഷിക്കുന്നത്. സമുദ്രജലത്തിന്റെ ഉപരിതലം ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലത്തിന് അനുരൂപമായി വർത്തിക്കുന്നുവെന്നതുകൊണ്ട് ശരാശരി സമുദ്രജല വിതാനം, കുന്നുകൾ, താഴ്‌വരകൾ മുതലായവയ്ക്ക് സദൃശമായ രീതിയിൽ ചെറിയ തോതിലുള്ള ഉയർച്ചകളും താഴ്ചകളും പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതായി നിരീക്ഷിച്ചിട്ടുണ്ട്. കരഭാഗങ്ങളിലെ ഉയർച്ച താഴ്ചകളുടെ അന്തരം വളരെ ഉയർന്നതോതിലായിരിക്കും ഇതിനെ അപേക്ഷിച്ച് സമുദ്രജല നിരപ്പിൽ മിതമായി മാത്രമെ ഉയർച്ച താഴ്ചയിലുള്ള വ്യത്യസ്തത പ്രകടമാക്കുന്നുള്ളൂ. ഭൂമിയുടെ യഥാർഥ ആകൃതി ശരിക്കും

ഒരു ജ്യാമിതീയ - ദീർഘഗോളാകൃതി അല്ലെന്നാണ് ആധുനിക ശാസ്ത്രപഠനങ്ങൾ സൂചന നൽകുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെ ചിലഭാഗങ്ങൾ, ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി കൃത്യമായ ജ്യാമിതീയ രൂപമായ ദീർഘഗോളാകൃതിയുടെ ഉപരിതലത്തേക്കാൾ ആപേക്ഷികമായി ഉയർന്നും മറ്റുചില ഭാഗങ്ങൾ താഴ്ന്നും ആണെന്ന വസ്തുത ആധുനിക ശാസ്ത്രം കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഭൂമിയുടെ ശരിയായ ആകൃതിയെ ഇന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ശാസ്ത്രീയ പദമാണ് ജിയോയ്ഡ് (Geoid). ഭൂമിയിലെ വൻകരകളുടെ ഒരു ഭാഗത്തുനിന്നും മറുഭാഗത്തേക്ക് പലദിശകളിലും നിരവധി കനാലുകൾ നിർമിച്ച് അവയിൽ സമുദ്രജലത്തെ പ്രവേശിക്കുവാൻ അനുവദിക്കുകയും ചെയ്ത ശേഷം, ഇത്തരം എല്ലാ കനാലുകളിലെയും ജലോപരിതലങ്ങളെ തമ്മിൽ കൂട്ടിയിണക്കുന്ന ഒരു സാങ്കൽപ്പിക പ്രതലം വിഭാവനം ചെയ്താൽ, അപ്രകാരം ലഭ്യമാകുന്ന ത്രിമാന രൂപത്തെയാണ് ജിയോയ്ഡ് എന്ന സാങ്കേതിക പദം കൊണ്ട് ഭൗമശാസ്ത്രം വിവക്ഷിക്കുന്നത്. (ചിത്രം 2.11)



±

ചിത്രം 2.11 ദീർഘവൃത്ത ഉപരിതലം, ശരാശരി സമുദ്ര നിരപ്പ്, ജിയോയ്ഡിന്റെ ഉപരിതലം എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

2.6. ഭൂവൈജ്ഞാനികകാലം എന്ന ആശയം (Concept of Geologic Time)

ഭൂമി ഉൾപ്പെടുന്ന സൗരയൂഥത്തിന്റേയും അതിലെ അംഗങ്ങളായ ഗ്രഹങ്ങളുടെയും ഉപഗ്രഹങ്ങളുടെയും പ്രായം നിർണയിക്കാൻ കഴിഞ്ഞുവെന്നതാണ് ഭൗമശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഏറ്റവും ആധുനിക നേട്ടങ്ങളിലൊന്ന്. ഭൂമിയുണ്ടായിട്ട് ഏകദേശം 4500 ദശലക്ഷം (4.5 ശതകോടി) വർഷങ്ങൾ കഴിഞ്ഞുവെന്നത് ശാസ്ത്രലോകം പൊതുവെ അംഗീകരിക്കുന്ന വസ്തുതയാണ്. അതായത് ഭൂമിയുടെ പ്രായം 4500 ദശലക്ഷം വർഷമാകുന്നു. ഭൂമിയുടെ ആവിർഭാവകാലം മുതൽ ഇന്നുവരെയുള്ള കാലഘട്ടത്തെയാണ് ഭൂവൈജ്ഞാനികകാലം (Geologic time) എന്ന് പറയുന്നത്.

2.6.1 ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം (Geologic Time Scale)

ശാസ്ത്രീയ കാലനിർണയ പ്രകാരം ഭൂമിയുടെ പ്രായം ഏകദേശം 4.54 0.05 ശതകോടി വർഷമാകുന്നു (4.54×10^9 വർഷം 1%). കണ്ടെത്തിയിട്ടുള്ള ഏറ്റവും പ്രാചീനമായ ശിലകളുടെ പ്രായത്തിൽ നിന്നും, ഉൽക്കാശിലകളിലും ഭൂമിയിലെ ഏറ്റവും പുരാതനമായ ശിലകളിലും അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളുടെ വികിരണത്തെയും പഠന വിഷയമാക്കിയതിലൂടെ (Radiometric age dating) ലഭിച്ച തെളിവുകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ഭൂമിയുടെ പ്രായം കണക്കാക്കിയിട്ടുള്ളത്.

ഭൂമിയുടെ പരിണാമചരിത്രത്തിൽ സംഭവിച്ചിട്ടുള്ള പ്രധാന സംഭവപരമ്പരകളെ അനന്തമായ കാലഘട്ടവുമായി കൂട്ടിയിണക്കാൻ ശാസ്ത്രകാരൻമാർ ഉപയോഗിക്കുന്ന കാലാനുക്രമമായ (Chronological) അളവ്സമ്പ്രദായ രീതിയാണ് ഭൂവിജ്ഞാനിക കാലക്രമം (Geologic Time Scale) എന്ന് പറയുന്നത്. ഏകദേശം 3.9 ശതകോടി വർഷം മുതൽ വർത്തമാനകാലം വരെയുള്ള ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം മാത്രമാണ് (അതായത് ലഭ്യമായിട്ടുള്ള ഏറ്റവും പഴക്കമേറിയ ശിലകളുടെ പ്രായത്തിന് തുല്യം) ശിലാപാളികളുടെ വിശകലനത്തിലൂടെ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്.

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലം പ്രത്യേകം പേരുകൾ നൽകി സമയത്തിന്റെ നിരവധി യൂണിറ്റുകളായി വിഭജിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം (Geologic Time Scale)എന്ന സാങ്കേതിക പദം വ്യക്തമായ പേരുകൾ നൽകിയ വിവിധ കാലയളവുകളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. അതായത് ഭൂമിയുടെ ഉൽപ്പത്തി മുതൽ വർത്തമാനകാലം വരെ നീളുന്ന കാലത്തെ ചെറുതും വലുതുമായ നിരവധി കാലഘട്ടങ്ങളായി തരം തിരിച്ചാണ് പഠന വിഷയമാക്കുന്നത്. ഇവയിൽ മുഖ്യമായവ താഴെ നൽകുന്നു.

1 മഹാകൽപ്പങ്ങൾ (Eons)

ഭൂമിയുടെ ആവിർഭാവകാലം മുതൽ ഇന്ന് വരെയുള്ള കാലഘട്ടത്തെ നാല് മഹാകല്പങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയാണ്

- ഹേഡിയൻ മഹാകൽപ്പം (Hadean Eon) (4600 ദശലക്ഷം വർഷം മുതൽ 4000 ദശലക്ഷംവർഷം വരെ)
- ആർക്കിയൻ മഹാകൽപ്പം (Archean Eon) (4000 ദശലക്ഷം വർഷം മുതൽ 2500 ദശലക്ഷം വരെ)
- പ്രോട്ടറോസോയിക് മഹാകൽപ്പം (Proterozoic Eon) (2500 ദശലക്ഷം വർഷം മുതൽ ഏകദേശം 541 ദശലക്ഷം വർഷം വരെ)
- ഫാനറോസോയിക് മഹാകൽപ്പം (Phanerozoic Eon) (541 ദശലക്ഷം വർഷം മുതൽ ഇന്ന് വരെയുള്ള കാലഘട്ടം)

2. കൽപ്പങ്ങൾ (Eras)

മഹാകൽപ്പങ്ങളുടെ ഉപവിഭാഗങ്ങളാണ് (Subdivisions)കൽപ്പങ്ങൾ. അതായത് മഹാകൽപ്പം എന്ന വലിയ കാലഘട്ടത്തെ കൽപ്പങ്ങൾ എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്ന ഏറെക്കുറെ ചെറിയ കാലഘട്ടങ്ങളായി വിഭജിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഹേഡിയൻ മഹാകൽപ്പത്തെ കൽപ്പങ്ങളായി വിഭജിച്ചിട്ടില്ല. ആർക്കിയൻ മഹാകൽപ്പത്തെ നാല് കൽപ്പങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 2.2: ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം
(കാലയളവ് ദശലക്ഷം വർഷങ്ങളായി രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.)

മഹാകൽപ്പം	കൽപ്പം	മഹായുഗം	യുഗം
ഫാനറോസോയിക്ക് 542 my മുതൽ വർത്തമാന കാലം വരെ	സിനോസോയിക്ക് (65 my മുതൽ വർത്തമാനകാലം വരെ)	ക്വാർട്ടേർനറി (2.6-വർത്തമാനകാലം)	ഹോളോസിൻ (0.1 മുതൽ വർത്തമാനകാലം വരെ)
		ടെർഷറി (66-2.6)	പ്ലീസ്റ്റോസീൻ (2.6-0.1)
			പ്ലയോസീൻ (5.3-2.6)
			മയോസീൻ (23-5.3)
			ഒളിഗോസീൻ (34-23)
			ഇയോസീൻ (56-34)
			പാലീയോസീൻ(66-56)
	മീസോസോസോയിക്ക്	ക്രിട്ടേഷ്യസ് (145-66)	
		ജൂറാസ്സിക്ക് (201-145)	
		ട്രയാസ്സിക്ക് (247-201)	
	പാലിയോസോസോയിക്ക്	പെർമിയൻ (299-247)	
		കാർബോണിഫെറസ് (359-299)	
		ഡെവോണിയൻ (419-359)	
		സൈലൂറിയൻ (445-419)	
		ഓർഡോവിഷ്യൻ (485-445)	
		കാംബ്രിയൻ (541-485)	
പ്രോട്ടറോസോയിക്ക് (2500 my മുതൽ 542 my വരെ)	നിയോപ്രോട്ടറോസോയിക്ക് (1000-541)		
	മീസോപ്രോട്ടറോസോയിക്ക് (1600-1000)		
	പാലിയോപ്രോട്ടറോസോയിക്ക് (2500-1600)		
ആർക്കിയൻ (4000 my മുതൽ 2500 my വരെ)	നിയോആർക്കിയൻ (2800 - 2500)		
	മീസോആർക്കിയൻ (3200-2800)		
	പാലിയോആർക്കിയൻ (3600-3200)		
	ഇയോ ആർക്കിയൻ (4000-3600)		
ഹേഡിയൻ (ഏകദേശം 4600 my 4000 my വരെ)			

വർഷങ്ങൾ ദശലക്ഷത്തിലാണ് (my) പട്ടികയിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നത്.

ഇവയിൽ ഏറ്റവും പ്രായം കൂടിയത് ഇയോആർക്കിയൻ കൽപ്പം (Eoarchean Era), തുടർന്നുള്ളവ പാലിയോ ആർക്കിയൻ കൽപ്പവും (Palaeoarchean Era). മിസോ ആർക്കിയൻ കൽപ്പവും (Mesoarchean Era) നിയോ ആർക്കിയൻ കൽപ്പവുമാണ് (Neoarchean Era).

പ്രോട്ടോറോസോയിക് മഹാകൽപ്പത്തെ (Proterozoic Era)വീണ്ടും മൂന്ന് കൽപ്പങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. പാലിയോ പ്രോട്ടറോസോയിക് കൽപ്പം (Palaeoproterozoic Era), മീസോപ്രോട്ടോറോസോയിക് കൽപ്പം (Mesoproterozoic Era), നിയോപ്രോട്ടറോസോയിക് കൽപ്പം (Neoproterozoic Era) എന്നിവയാണ് പ്രായക്രമമനുസരിച്ചുള്ള മൂന്ന് കൽപ്പങ്ങൾ.

ഫാനറോസോയിക് മഹാകൽപ്പത്തെ വീണ്ടും മൂന്ന് കൽപ്പങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിൽ ഏറ്റവും പ്രായം കൂടിയത് പാലിയോസോയിക് കൽപ്പം (Palaeozoic Era) തുടർന്ന് മീസോസോയിക് കൽപ്പം (Mesozoic Era). കൂട്ടത്തിൽ ഏറ്റവും പ്രായം കുറഞ്ഞത് സീനോസോയിക് കൽപ്പം (Cenozoic Era).

ഫാനറോസോയിക് മഹാകൽപ്പത്തിന് മുൻപുള്ള അനന്തമായ കാലഘട്ടത്തെ സൂചിപ്പിക്കാൻ പ്രീകാംബ്രിയൻ (Precambrian) എന്ന പദം പൊതുവായി ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്.

3. മഹായുഗങ്ങൾ (Periods)

കൽപ്പത്തെ വീണ്ടും സമയത്തിന്റെ കൂടുതൽ ചെറിയ യൂണിറ്റുകളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയെ മഹായുഗങ്ങൾ (Periods) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഫാനറോസോയിക് കൽപ്പത്തിൽ 11 മഹായുഗങ്ങൾ ഉണ്ട്. അവ ക്രമമായി പറഞ്ഞാൽ അതിപുരാതനവും പ്രായക്കൂടുതലുള്ളതുമായ കാംബ്രിയൻ മഹായുഗം (Cambrian Period), ഓർഡോവിഷ്യൻ മഹായുഗം (Ordovician Period), സൈലൂറിയൻ മഹായുഗം (Silurian Period), ഡിവോണിയൻ മഹായുഗം (Devonion Period), കാർബോണിഫെറസ് മഹായുഗം (Carboniferous Period), പെർമിയൻ മഹായുഗം (Permian period), ട്രയാസ്സിക് മഹായുഗം (Triassic Period), ജുറാസിക് മഹായുഗം (Jurassic Period), ക്രിട്ടേഷ്യസ് മഹായുഗം (Cretaceous Period) ടെർഷറി മഹായുഗം (Teritary Period), ക്വാർട്ടേർണറി മഹായുഗം (Quarternary Period) എന്നിവയാണ്.

4. യുഗങ്ങൾ (Epochs)

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിലെ മഹായുഗങ്ങളെ വീണ്ടും സമയദൈർഘ്യത്തിന്റെ മറ്റൊരു ഏകകമായ യുഗങ്ങളായി (Epoch) വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ക്വാർട്ടേർണറി മഹായുഗത്തിലെ ഹോളോസിൻ യുഗത്തിലാണ് നാം ജീവിക്കുന്നത്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഭൂമിയുടെ പ്രത്യേകമായ ആകൃതിയെന്ത്? ഇത് ഭൂമിയുടെ ചുറ്റളവിനേയും, വ്യാസാർധത്തേയും എങ്ങനെ ബാധിക്കുന്നു?
2. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലം എന്നാൽ എന്ത്?
3. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലത്തിലെ ഏറ്റവും പുതിയ യുഗം ഏതാകുന്നു?
4. മഹാവിസ്ഫോടനം (ബിഗ് – ബാംഗ്) എന്നതുകൊണ്ട് നിങ്ങൾ അർത്ഥമാക്കുന്നതെന്ത്?

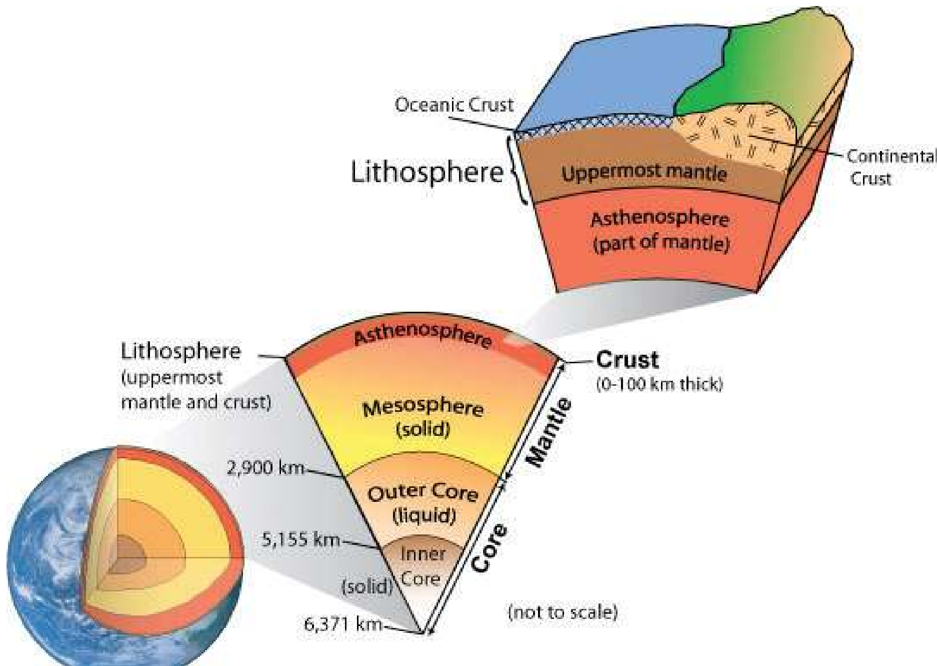
2.7. ഭൂമിയുടെ ആന്തരികഘടന (Internal Structure of the Earth)

ഭൂമിയുടെ മധ്യഭാഗത്തേക്ക് ഒരു യാത്ര നടത്താൻ നമുക്ക് കഴിഞ്ഞാൽ ഏകദേശം 6400 കി.മീ ദൂരം നമുക്ക് സഞ്ചരിക്കേണ്ടി വരും. ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രസ്ഥിതമായ അന്തർമണ്ഡലം അഥവാ അകക്കാമ്പിലേക്കുള്ള (Core) യാത്രയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലാപാളികൾ അവയുടെ ഭൗതികസ്വഭാവത്തിലും രാസഘടനയിലും പ്രകടമായ വൈവിധ്യം കാണിക്കുന്നു. രാസഘടനയുടെയും ഭൗതികസ്വഭാവത്തിന്റെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്തെ വ്യത്യസ്ത മണ്ഡലങ്ങളായി തരംതിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂവൽക്കം (Crust), മാന്റിൽ (Mantle), അകക്കാമ്പ് (Core) എന്നിങ്ങനെയാണ് രാസഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തരംതിരിച്ചിട്ടുള്ളത് (ചിത്രം 2.12). എന്നാൽ ഭൗതികസ്വഭാവത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലംതൊട്ട് അകക്കാമ്പ് വരെയുള്ള ഉൾഭാഗത്തെ 6 വ്യത്യസ്ത മേഖലകളായി തരംതിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്ത് രൂപപ്പെടുന്ന ഉന്നതമർദ്ദത്തെ (Stress) പ്രതിരോധിക്കാനുള്ള ശിലകളുടെ ക്ഷമതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള വർഗീകരണമാണ് രണ്ടാമത്തേത്.

ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളുടെ രാസഘടനയും ഭൗതികസ്വഭാവവും പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ മുഖ്യകാരണം ഭൗതികസ്വഭാവങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഒരു ഘടകം ശിലകളുടെ രാസഘടനയാണ് എന്നതാകുന്നു. ഭൂമിക്കുള്ളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഉന്നത മർദ്ദവും താപവും ശിലകളുടെ ഭൗതികസ്വഭാവത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന മറ്റ് ഘടകങ്ങളാണ്. ഭൂതലത്തിൽ നിന്നുമുള്ള ആഴം കൂടുന്തോറും മർദ്ദവും താപവും കൂടുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഒരേ രാസഘടനയുള്ള ശിലാമണ്ഡലങ്ങളാണെങ്കിൽ പോലും അവ കാഠിന്യത്തിൽ വ്യത്യാസം കാണിക്കുന്നു.

1. ഭൂവൽക്കം (Crust)

ഭൂമിയുടെ ഏറ്റവും ഉപരിഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന പാളിയാണിത്. ആഗ്നേയ ശിലകൾ, കായാന്തരിത ശിലകൾ, അവസാദശിലകൾ എന്നിവയെല്ലാം ഈ മേഖലയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയിൽ ആദ്യത്തെ രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളിൽപ്പെട്ട ശിലകളാണ് താരതമ്യേന കൂടുതലായി ഭൂവൽക്കത്തിലുള്ളത്. ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ കനം ഭൂമിയുടെ എല്ലാ ഭാഗത്തും



ചിത്രം 2.12 ഭൂമിയുടെ ആന്തരികഘടന കാണിക്കുന്ന ചിത്രം

ഒരുപോലെയല്ല. കടൽത്തറ ഭാഗങ്ങളിൽ 5 കി. മീ മുതൽ 10 കി.മീ വരെ കനത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഭൂവൽക്കം വൻകരഭാഗങ്ങളിൽ ശരാശരി 35 കി.മീ. കനത്തിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഹിമാലയം പോലെയുള്ള ഉന്നത പർവ്വതങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിന്റെ കനം 70 കി. മീറ്ററിലധികമാണെന്ന് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഭൂവൽക്ക ഭാഗത്തെയും മാന്റിലിനേയും വേർതിരിക്കുന്ന ഭൂചലനീയ വിച്ഛിന്നതയെ (Seismic discontinuity) മോഹോറോവിസിക് ഡിസ്കണ്ടിന്യുവിറ്റി (Mohorovicic dis-continuity) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ പദത്തെ "മോഹോ "(Moho)എന്ന് സംക്ഷിപ്ത രൂപത്തിൽ എഴുതാറുണ്ട്. ഭൂവൽക്കഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളിൽ സിലിക്കൺ ഡയോക്സൈഡ് (SiO_2), അലുമിനിയം ഓക്സൈഡ് (Al_2O_3) തുടങ്ങിയ സംയുക്തങ്ങളാണ് താരതമ്യേന അധികമായി കാണപ്പെടുന്നത്. വൻകരാഭാഗങ്ങളിൽ ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിന്റെ കനം സമുദ്രതടഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങളേക്കാൾ കൂടുതലാണ്. എന്നാൽ വൻകരഭാഗങ്ങളിൽ ഭൂവൽക്കസാന്ദ്രത (density) കടൽത്തറ ഭാഗങ്ങളേക്കാൾ കുറവാകുന്നു. മധ്യ സമുദ്രാന്തർ വരമ്പുകളിൽ (Mid Oceanic ridge) ഭൂവൽക്ക ഭാഗങ്ങളുടെ കനം 5 കി.മീറ്ററിൽ താഴെയാകുന്നു. എന്നാൽ ഉന്നതമായ പർവ്വത മേഖലകളിൽ 70 കി.മീറ്ററിൽ അധികമാണ്.

സിയാലും സിമയും (Sial and Sima)

വൻകരഭാഗങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്ന ഭൂവൽക്ക ഭാഗത്തെ സിയാൽ (Sial) എന്നും കടൽത്തറ ഭാഗങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഭൂവൽക്ക ഭാഗത്തെ സിമ (Sima) എന്നും വിളിക്കുന്നു. സിയാലിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളിൽ അലുമിനിയം സിലിക്കേറ്റുകളാണ് അധികമായി കാണപ്പെടുന്നത്. അലുമിനിയം സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കളായ ഫെൽസ്പാർ,

ക്വാർട്ട്സ് തുടങ്ങിയ ധാതുക്കളാണ് ഇവിടെയുള്ള ഗ്രാനൈറ്റ് പോലെയുള്ള ശിലകളിൽ ധാരാളമായി കണ്ടു വരുന്നത്. ഈ ഭാഗത്തെ സാന്ദ്രത 2.7 മുതൽ 2.8 ഗ്രാം/സെ.മീ വരെയാകുന്നു. സാന്ദ്രത കുറവായതിനാൽ ഈ ഭാഗം ഭൂവല്ക്കത്തിന്റെ ഏറ്റവും ഉപരിഭാഗത്തായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ഈ ഭാഗത്ത് ധാരാളമായി കണ്ടു വരുന്ന സിലിക്കൺ (Silica) മൂലകത്തിന്റേയും അലുമിനിയം (Aluminium) എന്ന മൂലകത്തിന്റേയും ഇംഗ്ലീഷിലുള്ള ആദ്യത്തെ രണ്ട് അക്ഷരങ്ങൾ ചേർന്നാണ് സിയാൽ (Sial) എന്ന വാക്ക് രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളത്. ഫെൽസ്പാർ (അലൂമിനിയം സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കൾ), സിലിക്ക എന്നീ രണ്ടു ധാതുക്കളുടെ ആദ്യ രണ്ട് അക്ഷരങ്ങൾ ചേർന്നുവരുന്ന ഫെൽസിക് (Felsic) എന്ന വാക്ക് സിയാൽ ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിനെ സൂചിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്. കടൽത്തറ ഭാഗങ്ങളിൽ സിയാൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല.

സിയാലിനു താഴെ കാണപ്പെടുന്ന കടൽത്തറഭാഗങ്ങളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഭൂവൽക്കഭാഗത്തെ സിമ എന്നു വിളിക്കുന്നു. സിലിക്കൺ, മെഗ്നീഷ്യം തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങൾ സമൃദ്ധമായി അടങ്ങിയ ധാതുക്കൾ കാണപ്പെടുന്ന ബസാൾട്ട് ശിലകളാണ് ഈ മേഖലയിൽ ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നത്. ഇരുമ്പ്, മെഗ്നീഷ്യം തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം ഇവിടെയുള്ള ശിലകളുടെ താരതമ്യേന ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയ്ക്ക് കാരണമാകുന്നു. 2.8 മുതൽ 3.3 ഗ്രാം/സെ.മീ വരെയാണ് ഈ മേഖലയുടെ സാന്ദ്രത. സിലിക്കോൺ (Slicon), മെഗ്നീഷ്യം (Magnesium) എന്നീ മൂലകങ്ങളുടെ ഇംഗ്ലീഷ് വാക്കിലെ ആദ്യ രണ്ട് അക്ഷരങ്ങൾ ചേർന്നാണ് സിമ (Sima) എന്ന വാക്കിന് രൂപം നൽകിയത്. ഇതിനെ സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം (Oceanic Crust) അഥവാ ആധാര ഭൂവൽക്കപാളികൾ (Basal crust or basal layer) എന്നും അടിസ്ഥാന ഭൂവൽക്കം എന്നും വിളിക്കുന്നു.

സിയാലിനെയും സിമയെയും തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന സീസ്മിക ഡിസ്കണ്ടിന്യുവിറ്റിയെ കോൺറാഡ് സിസ്കണ്ടിന്യുവിറ്റി എന്നു വിളിക്കുന്നു (Conrad discontinuity) . ഇത് വ്യക്തമായ വിച്ഛിന്നത അല്ലായ്കയാൽ ഭൂവൽക്കത്തിൽ 2.8 ശരാശരി സാന്ദ്രത രേഖപ്പെടുത്തുന്ന പ്രതലമായി ഈ വിച്ഛിന്നതയെ പരിഗണിച്ചു വരുന്നു. സിയാൽ പാളികൾ താരതമ്യേന വിസ്കോസിറ്റി കൂടിയ സിമാപാളികളുടെ ഉപരിതലത്തിൽ പൊങ്ങികിടക്കുകയും അതോടൊപ്പം പാർശ്വഭാഗങ്ങളിലേക്ക് തെന്നി നീങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂവൽക്കഭാഗത്തെ സിയാൽ എന്നും സിമ എന്നും രണ്ടായി തരംതിരിച്ചത് 19-ാംനൂറ്റാണ്ടിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന എഡ്വാർഡ് സൂയസ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ്.

മാന്റിൽ (Mantle)

ഭൗമാന്തർ മധ്യത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന (രാസഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തിരിച്ചറിയാവുന്ന) പാളിയാണ് മാന്റിൽ. ഇത് ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിന്റെ അടിഭാഗത്തുനിന്നും അഥവാ മോഹൊറോവിസിക് വിച്ഛിന്നത മുതൽ താഴേയ്ക്ക് 2900 കി. മീറ്റർ ആഴം വരെ (ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും) വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നു. മാന്റിൽ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഭൂമിയുടെ ഈ ഭാഗം രാസഘടനാപരമായി മറ്റ് മണ്ഡലങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് വ്യത്യസ്തത പ്രകടമാക്കുന്ന മണ്ഡലമാണ്. വ്യാപ്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമിയിലെ ഏറ്റവും വലിയ ഭാഗമായ ഈ മണ്ഡലം ഭൂമിയുടെ മൊത്തം വ്യാപ്തത്തിന്റെ 83 ശതമാനവും മൊത്തം പിണ്ഡത്തിന്റെ 68 ശതമാനവും ഉൾക്കൊള്ളുന്നു.

കൂടിയ തോതിൽ ഇരുമ്പും മെഗ്നീഷ്യവും താരതമ്യേന കുറഞ്ഞ തോതിൽ അലുമിനിയം, സിലിക്കൺ തുടങ്ങിയ മൂലക ധാതുക്കളും അടങ്ങിയ അൾട്രാമാഫിക് ശിലകളാണ് ഈ ഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നത്. മാന്റിലിന്റെ ബാഹ്യമേഖലയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളിൽ സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കളായ ഒലിവിൻ, പൈറോക്സിൻ എന്നിവയാണ് ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നത്. മാന്റിലിൽ നിന്നും അകക്കാമ്പിലേക്ക് പോകുന്തോറും സാന്ദ്രത വർധിക്കുന്നതായി കാണാം. സാന്ദ്രതയിൽ വ്യത്യാസം വരുന്ന ഭാഗത്ത് സീസ്മിക് തരംഗങ്ങളുടെ (ഭൂചലനീയ തരംഗങ്ങൾ) സഞ്ചാരദിശയിലും പ്രവേഗത്തിലും വ്യത്യാസം വരുന്നു. മാന്റിലിനേയും അകക്കാമ്പിനെയും വേർതിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ 'ഗുട്ടൻബെർഗ് - വിച്ചാർട്ട് ഡിസ്കണ്ടിന്യുവിറ്റി' (Guttenberg-Weichert Discontinuity) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഭൂചലനീയ തരംഗങ്ങളുടെ ചലനത്തിന്റെ പ്രവേഗം ദ്രുതഗതിയിൽ വർധിക്കുന്ന മേഖല കൂടിയാണിത്.

അകക്കാമ്പ് (Core)

ഭൂമിയുടെ ഏറ്റവും ഉൾഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണിത്. മാന്റിലിനു താഴെയായി കാണപ്പെടുന്ന ഈ ഭാഗത്ത് നിക്കൽ, ഇരുമ്പ് തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങളാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും ഏകദേശം 2900 കി.മി ആഴത്തിൽ നിന്ന് തുടങ്ങി ഭൗമകേന്ദ്രം വരെ വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്ന മണ്ഡലമാണിത്. അകക്കാമ്പിന്റെ ആരം ഏകദേശം 3500 കി.മീ ആകുന്നു. ഭൂമിയുടെ മൊത്തം വ്യാപ്തത്തിന്റെ 17 ശതമാനവും പിണ്ഡത്തിന്റെ 34 ശതമാനവും അകക്കാമ്പ് ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. അത്യുഗ്ര മർദ്ദവും 6000^0C വരെ ചെന്നെത്തുന്ന താപനിലയും ഉള്ള മേഖലയാണ് അകക്കാമ്പ്.

ഭൗതിക സ്വഭാവത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഉപരിഭാഗത്ത് നിന്നും അകക്കാമ്പ് വരെ ചെന്നെത്തുന്ന ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്തെ 6 വിവിധ മേഖലകളായി തരംതിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

1. ശിലാമണ്ഡലം (Lithosphere)
2. ആസ്തെനോസ്ഫിയർ (Asthenosphere)
3. ഉപരിമിസോസ്ഫിയർ (Upper Mesosphere)
4. അധോമിസോസ്ഫിയർ (Lower Mesosphere)
5. ബാഹ്യഅകക്കാമ്പ് (Outer Core)
6. ആന്തരഅകക്കാമ്പ് (Inner Core)

ഓരോ പാളികളുടെയും സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ എന്തെന്ന് നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാം.

1. ശിലാമണ്ഡലം (Lithosphere)

മനുഷ്യനും മറ്റ് ജീവജാലങ്ങളും കാണപ്പെടുന്ന ഭൂമിയുടെ ഏറ്റവും ഉപരിഭാഗമാണ് ശിലാമണ്ഡലം. ശിലാമണ്ഡലം ഖരരൂപത്തിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഉരുകിയ ശിലകൾ ശിലാമണ്ഡലത്തിന്റെ മൊത്തം വ്യാപ്തത്തിന്റെ 0.1 ശതമാനമാണെന്ന് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

മാന്റിലിന്റെ ഉപരിഭാഗവും ഭൂവൽക്കഭാഗവും കൂടിച്ചേർന്നതാണ് ശിലാമണ്ഡലം എന്ന് പറയുന്നത്. ശിലാമണ്ഡലത്തിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്ത് ഭൂവൽക്കവും അതിനു താഴെ മാന്റിലിന്റെ ഉപരിഭാഗവും (Lithospheric Mantle) ആണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഈ രണ്ട് മണ്ഡലങ്ങളും കൂടിച്ചേർന്ന് ശിലാമണ്ഡലത്തെ ഉറച്ച ശിലാപാളിയാക്കി മാറ്റുന്നു. പരസ്പരം അതീവ മന്ദഗതിയിൽ വിവിധദിശയിലുള്ള ചലനത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന നിരവധി ടെക്ടോണിക് പ്ലെയിറ്റുകളുടെ സംഗമമാണ് ശിലാമണ്ഡലം. (ഇതിനെക്കുറിച്ച് അധ്യായം 11-ൽ നിങ്ങൾക്ക് കൂടുതൽ മനസ്സിലാക്കാം).

2. ആസ്തെനോസ്ഫിയർ (Asthenosphere)

ശിലാമണ്ഡലത്തിനു താഴെകാണപ്പെടുന്ന മാന്റിലിന്റെ ഭാഗത്തെ ആസ്തെനോസ്ഫിയർ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് താരതമ്യേന ദുർബലവും (weak) ബാഹ്യസമ്മർദ്ദ ബലത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ രൂപമാറ്റത്തിന് വശംവദമാകുന്ന (ductile) സ്വഭാവം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നതുമായ മണ്ഡലമാണ്. ആസ്തെനോസ്ഫിയർ ശിലാമണ്ഡലം പോലെ ഉറച്ച ഖരാവസ്ഥയിലല്ല ഉള്ളത്. എന്നാൽ ദ്രാവകാവസ്ഥയിലുമല്ല. അർധദ്രാവകാവസ്ഥയിലുള്ള ഇത് നിരവധി സെന്റീമീറ്റർ, വർഷംതോറും ചലനവിധേയമാകുന്നു. അതായത് സമ്മർദ്ദബലത്തിന് വഴങ്ങാത്ത (rigid) ശിലാമണ്ഡലത്തെ അപേക്ഷിച്ച് ആസ്തെനോസ്ഫിയർ സമ്മർദ്ദ ബലത്തിന് കൂടുതലായി വഴങ്ങുന്ന (Plastic Nature)സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു.

ആസ്തെനോസ്ഫിയറിന്റെ രാസഘടന മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലാമണ്ഡലത്തിന്റെ രാസഘടനയോട് ഏറെക്കുറെ സമാനമാണ്. എന്നിട്ടും എന്തുകൊണ്ടാണ് ആസ്തെനോസ്ഫിയർ കൂടുതൽ മൃദുവും ശിലാമണ്ഡലം സമ്മർദ്ദ ബലത്തിന് കൂടുതൽ വഴങ്ങാത്ത സ്വഭാവ സവിശേഷതയുള്ളതുമാകുന്നത്? ഇതിന് കാരണം ആസ്തെനോസ്ഫിയർ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ആഴത്തിലെ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവാണ്. ഇവിടത്തെ ഊഷ്മാവ് ശിലകളുടെ ദ്രവണാങ്കത്തിനോടടുത്താണ്. ഇതുമൂലം ശിലകളുടെ ദൃഢത നഷ്ടപ്പെടുന്നു. യഥാർഥത്തിൽ പരോക്ഷമായ സൂചനകളിൽ നിന്നും ആസ്തെനോസ്ഫിയറിലെ ധാതുക്കൾക്കിടയ്ക്ക് കാണപ്പെടുന്ന ചെറിയ അളവിലുള്ള ഉരുകിയ ശിലാദ്രവമാണ് ആസ്തെനോസ്ഫിയറിനെ മൃദു സ്വഭാവമുള്ളതാക്കുന്നത്. ആസ്തെനോസ്ഫിയറിലെ ധാതുക്കൾക്കിടയ്ക്ക് ഭാഗികമായ ഉരുകിയ ശിലാദ്രവം കാണപ്പെടുന്നുവെങ്കിലും, ആസ്തെനോസ്ഫിയർ മൊത്തത്തിൽ ഖരാവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

മാഗ്മയുടെ ഉറവിടസ്ഥാനമാണ് ആസ്തെനോസ്ഫിയർ. ശിലകൾ അവയുടെ ദ്രവണാങ്കത്തിന് അടുത്ത അവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതിനാൽ ആസ്തെനോസ്ഫിയറിന്റെ പല ഭാഗങ്ങളിലും ശിലകൾ ഭാഗികമായ ഉരുകിയ അവസ്ഥയിൽ ആയിരിക്കുമെന്ന് നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ചല്ലോ. ജലം പോലെയുള്ള ദ്രാവകങ്ങളുടെ സാന്നിദ്ധ്യവും മർദ്ദത്തിന്റെ കുറവും ആസ്തെനോസ്ഫിയറിന്റെ ഉരുകലിന് ആക്കം കൂട്ടുന്നു.

3. ഉപരിമിസോസ്ഫിയർ (Upper Mesosphere)

ആസ്തെനോസ്ഫിയറിന്റെ താഴെ കാണപ്പെടുന്ന മാന്റിലിന്റെ ശേഷിച്ച ഭാഗമാണ് ഉപരിമിസോസ്ഫിയർ. മാന്റിലിന്റെ വ്യാപ്തത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും ഇത് ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഈ ഭാഗം ഖരാവസ്ഥയിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഉയർന്ന ഊഷ്മാവും, മർദ്ദവും, ശിലകൾ പൊട്ടുന്നത് തടയുന്നു. അത് കാരണം ഈ ഭാഗം ഭൂചലനങ്ങളുടെ പ്രഭവസ്ഥാനമായി വർത്തിക്കുന്നില്ല.

ശിലകളുടെ സാന്ദ്രതയിൽ മാറ്റം വരുന്ന ഒരു മേഖലയാണിത്. ആഴം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് മർദ്ദം കൂടുന്നതുകൊണ്ടാണ് സാന്ദ്രതയിൽ മാറ്റം വരുന്നത്.

4. അധോമിസോസ്ഫിയർ (Lower Mesosphere)

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും കീഴ്പോട്ട് ഏകദേശം 660 കി.മീ മുതൽ 2900 കി.മീ. വരെ (ബാഹ്യ അകക്കാമ്പു വരെ) കാണപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണിത്. ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റൽ ഘടനയിൽ മാറ്റം വരുന്നതുകൊണ്ട് ശിലകളുടെ സാന്ദ്രതയിലും വ്യത്യാസം വരുന്നു. ഇവിടെ കാണപ്പെടുന്ന ശിലകൾക്ക് മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന മണ്ഡലങ്ങളിലെ ശിലകളേക്കാൾ സാന്ദ്രത കൂടുതലാണ്.

5. ബാഹ്യഅകക്കാമ്പ് (Outer Core)

മിസോസ്ഫിയറിനു താഴെ കാണപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണിത്. ഭൂവൽക്കത്തേക്കാൾ രണ്ടിരട്ടിയും മാന്റിലിനേക്കാൾ ഒന്നര ഇരട്ടിയും സാന്ദ്രത കൂടിയ ഭാഗമാണിത്. ഈ ഭാഗം ദ്രാവകാവസ്ഥയിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. S തരംഗങ്ങൾ എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്ന ഭൂചലനീയ തരംഗങ്ങൾ ഈ മേഖലയിലൂടെ സഞ്ചരിക്കാത്തതുകൊണ്ടാണ് അവിടെ ദ്രാവകാവസ്ഥയാണെന്ന് അനുമാനിക്കുന്നത്.

6. ആന്തരഅകക്കാമ്പ് (Inner Core)

ആന്തര അകക്കാമ്പ് ഖരാവസ്ഥയിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഇരുമ്പ് ധാരാളം അടങ്ങിയ മേഖലയാണ് അകക്കാമ്പ്. ഊഷ്മാവ് ബാഹ്യ അകക്കാമ്പിലും ആന്തര അകക്കാമ്പിലും ഏകദേശം ഒരുപോലെയാകുന്നു. മുകളിലുള്ള പാളികളുടെ ഉയർന്ന മർദ്ദമാണ് ഈ ഭാഗം ഖരാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യാൻ കാരണം.

താഴെപ്പറയുന്ന പട്ടിക (2.3) ഭൂമിയുടെ വിവിധ ഭൗതിക മണ്ഡലങ്ങളുടെ തനതായ സ്വഭാവത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

പട്ടിക 2.3 ഭൂമിയുടെ ഭൗതികപാളികൾ

മേഖല	ഭൗതിക സ്വഭാവം	കനം
ശിലാമണ്ഡലം	ശിലകൾ ദൃഢതയുള്ളതും ആഴം കുറഞ്ഞ ഭാഗങ്ങളിൽ പെട്ടെന്ന് പൊട്ടുന്ന സ്വഭാവം ഉള്ളതുമാകുന്നു.	5 കി.മീ മുതൽ 200 കി.മീ
ആസ്തെനോസ്ഫിയർ	ശിലകൾ സമ്മർദ്ദ ബലത്തിന് വഴങ്ങുന്ന സ്വഭാവമുള്ളതാകുന്നു.	100 കി.മീ മുതൽ 300 കി.മീ
ഉപരിമിസോസ്ഫിയർ	ആഴം കൂടുന്നതിന് അനുസരിച്ച് സാന്ദ്രത കൂടുന്നു. ശിലകൾ ദൃഢതയുള്ളതും പെട്ടെന്ന് പൊട്ടാത്തതുമാകുന്നു.	300 കി.മീ മുതൽ 400 കിമീ
അധോമിസോസ്ഫിയർ	മുകളിലെ മണ്ഡലങ്ങളിലെ ശിലകളേക്കാൾ സാന്ദ്രത കൂടുതൽ, ദൃഢത കൂടുതൽ	2300 കി.മീ
ബാഹ്യഅകക്കാമ്പ്	ദ്രാവക അവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്നു	2300 കി.മീ
ആന്തര അകക്കാമ്പ്	ദൃഢതയുള്ളതും പെട്ടെന്ന് പൊട്ടാത്തതുമായ സ്വഭാവം	1200 കി.മീ

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഭൂമിയുടെ വിവിധ ആന്തരപാളികൾ ഏതെല്ലാം?
2. ബാഹ്യ അകക്കാമ്പുകളും ആന്തര അകക്കാമ്പുകളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ എഴുതുക?

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം

1. ഭൂമിയുടെ ആന്തരിക ഘടന കാണിക്കുന്ന ഒരു ത്രിമാന മാതൃക നിർമിക്കുക.
2. ഭൂമിയുടെ വ്യത്യസ്ഥ ആന്തരപാളികളുടെ രാസ-ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ കാണിക്കുന്ന പട്ടിക താഴെ കാണുന്ന വിധത്തിൽ തയാറാക്കുക.

	ഭൂവൽക്കം	മാന്റിൽ	അകക്കാമ്പ്
രാസസ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ			
ഭൗതിക സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ			

2.8 ഭൗമവ്യവസ്ഥകളുടെ അടിസ്ഥാനഘടകങ്ങൾ (The basic components of Earth system)

ഭൗമവ്യവസ്ഥാവിജ്ഞാനം എന്ന സങ്കൽപ്പം ഭൂമിയെ ഒരു പരസ്പരബന്ധിത വ്യവസ്ഥയായി വിഭാവനം ചെയ്യുന്നു. അതിലൂടെ ഭൂമിയുടെ ഭൂതകാലത്തേയും വർത്തമാന കാലത്തെയും ഭാവികാലത്തെയും സ്വാധീനിക്കുന്ന ഭൗതിക-രാസ-ജൈവിക ഇടപെടലുകളെയും മാനുഷിക ഇടപെടലുകളെയും ആഴത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്നു. സുസ്ഥിരത കൈവരിക്കുക എന്ന ലക്ഷ്യം പ്രാപിക്കാൻ ഭൂമിയക്കുറിച്ച് ആർജിക്കേണ്ട ധാരണകൾക്ക് ഈ വിജ്ഞാനം ഭൗതികാടിത്തറ നൽകുന്നു.

ഒരു ഭൗമവ്യൂഹത്തിന് രണ്ട് പ്രാഥമിക ഘടകങ്ങളാണ് ഉള്ളത്: ഭൗമമണ്ഡലവും (Geosphere) മറ്റൊന്ന് ജൈവമണ്ഡലവും (Biosphere). ഇതിൽ ഭൗമമണ്ഡലത്തിൽ നാല് ഉപഘടകങ്ങളാണ്: ശിലാമണ്ഡലം (ഖരഭൂമി), വായുമണ്ഡലം (വാതക കവചം), ജലമണ്ഡലം (ദ്രാവക ജലം), അതിശൈത്യ മണ്ഡലം (ഉറഞ്ഞ ജലമണ്ഡലം) എന്നിവയാണ്. മേൽപറഞ്ഞ ഉപഘടകങ്ങളെ നിരവധി ചെറുഘടകങ്ങളായി വിഭജിക്കാം. ഉദാഹരണമായി സമുദ്രങ്ങൾ ജലമണ്ഡലത്തിലെ ഒരു ചെറുഘടകമാണ്. ജൈവമണ്ഡലത്തിൽ ജീവജാലങ്ങളെ വിവിധ ഫൈലങ്ങളായും (phyla) അഞ്ച് കിങ്ഡങ്ങളായും (kingdoms) തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. കിങ്ഡം അനിമാലിയ (kingdom animalia) യിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന മനുഷ്യർ ജൈവമണ്ഡലത്തിലെ 20 ദശലക്ഷം മുതൽ

100 ദശലക്ഷം വരെയുള്ള വിവിധ സ്പീഷിസുകളിൽ (species) കേവലം ഒരു സ്പീഷിസ് മാത്രമാണ്.

2.8.1 ശിലാമണ്ഡലം (Lithosphere)

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ശിലാവരണമാണ് ശിലാമണ്ഡലം എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ആന്തരിക ഘടനയിലെ ഭൂവൽക്കഭാഗവും മാന്റിലിന്റെ ഉപരിഭാഗവും ചേർന്നതാണ് ശിലാമണ്ഡലം. ആഗ്നേയ - അവസാദ - കായാന്തരിത ശിലകളാലും അവയുടെ പിൽക്കാല ഉൽപന്നങ്ങളാലും നിർമിതമാണ് ശിലാമണ്ഡലം. ആധുനിക കൃതികളിലും ഭൗമവ്യവസ്ഥാവിജ്ഞാനത്തിലും ഭൂമിയിലെ ഖരഭാഗങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കാൻ ഭൗമമണ്ഡലം (geosphere) എന്ന പദം വായുമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം, ജൈവമണ്ഡലം എന്നിവയോടൊപ്പം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ഭൗമമണ്ഡലം എന്നപദം ഭൂമിയുടെ ഉറച്ച ഉപരിതലത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന പദമായ ശിലാമണ്ഡലത്തിന് പകരമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ശിലാമണ്ഡലം എന്നത് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെ കനമേറിയ ഉറച്ച പാളിയെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന പദമാണ്.

2.8.2 അന്തരീക്ഷം (Atmosphere)

ഭൂമിയെ പൊതിഞ്ഞു കാണുന്ന വായുവിന്റെ ആവരണത്തെയാണ് അന്തരീക്ഷം എന്നു വിളിക്കുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ താഴ്ന്ന ക്ലാസിൽ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. നിരവധി വാതകങ്ങളുടെ മിശ്രണമാകുന്നു അന്തരീക്ഷം. നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ, കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് തുടങ്ങിയ വാതകങ്ങൾ അവയിൽ ചിലതാകുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് ഇത്തരം വാതകങ്ങൾ കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടുമ്പോഴും അവ അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്ന് മാറ്റപ്പെടുമ്പോഴും അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ രാസഘടനയിൽ മാറ്റം വരുന്നു. ജീവജാലങ്ങൾ ശ്വസിക്കുമ്പോൾ അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്നും ഓക്സിജൻ വലിച്ചെടുക്കുകയും പുറത്ത് വിടുന്ന കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. സസ്യങ്ങൾ പ്രകാശസംശ്ലേഷണ സമയത്ത് കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്ന് സ്വീകരിക്കുകയും ഓക്സിജൻ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് പുറന്തള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടന സമയത്തും, വാഹനങ്ങളിൽ നിന്നും, ഫാക്ടറികളിൽ നിന്നും മറ്റും അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് വാതകങ്ങൾ കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഭൂമിയിലെ താപനില നിലനിർത്തുന്നതിൽ അന്തരീക്ഷം പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഘടകങ്ങൾ (Composition of Atmosphere)

അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന വാതകങ്ങളുടെ ഘടകസവിശേഷതകൾ സാധാരണയായി അവയുടെ വ്യാപ്തത്തിന്റെ ശതമാനത്തിലാകുന്നു. മൊത്തം അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഓരോവാതകവും ഏത് അനുപാതത്തിലാണ് നിലകൊള്ളുന്നത് എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഘടകസവിശേഷതകൾ വിവരിക്കാം. അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന വാതകങ്ങളും മറ്റും പട്ടികയായി താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

ക്രമ നമ്പർ	വാതകങ്ങൾ	ശതമാനം
1	നൈട്രജൻ (N_2)	78.08
2	ഓക്സിജൻ (O_2)	20.95
3	ആർഗൺ	0.93
4	ജലബാഷ്പം	0 to 4
5	കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ്	0.0395
6	മീഥേൻ	0.00018

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം

അന്തരീക്ഷ രാസഘടനയുടെ ആപേക്ഷിക ശതമാനം സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഒരു വലിയ പൈ ചിത്രം വരയ്ക്കുക.

മുകളിൽ പറഞ്ഞ വാതകങ്ങളെ കൂടാതെ വളരെ ചെറിയ ഖരരൂപത്തിലുള്ള വസ്തുക്കളും അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ വസ്തുക്കളെ കണികകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇവയുടെ വലുപ്പം ഒരു മില്ലീമീറ്ററിന്റെ ആയിരത്തിലൊന്ന് അഥവാ മൈക്രോമീറ്ററിൽ താഴെ ആയിരിക്കും. മണ്ണ്, ഉപ്പ്, ചാരം, ജ്വലനത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന വസ്തുക്കൾ, അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനഫലമായിട്ടുണ്ടാകുന്ന ചാരം, പൂമ്പൊടി, എയ്റോസോൾ (aerosol)എന്നറിയപ്പെടുന്ന ചെറിയ ദ്രാവക കുമിളകൾ എന്നിവയെല്ലാം ഇതിൽ ഉൾപ്പെടും. ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ മൂന്ന് രൂപങ്ങളിൽ അന്തരീക്ഷത്തിലും ജലം കാണപ്പെടുന്നു.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം മുതൽ ആയിരകണക്കിന് കിലോമീറ്റർ അപ്പുറമുള്ള സൗരക്കാറ്റ് മേഖല വരെ അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. സൂര്യന്റെ ഉപരിഭാഗത്ത് നിന്നും പുറപ്പെടുന്ന അയോണുകളുടെ പ്രവാഹത്തെയാണ് സൗരക്കാറ്റ് എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഏകദേശം 100 കി.മി വരെ പൊതുവെ അന്തരീക്ഷവാതകങ്ങളുടെ മിശ്രണത്തിൽ കാര്യമായ വ്യത്യാസങ്ങൾ ഒന്നുംതന്നെ വരുന്നില്ല. ഓസോണിന്റെയും ജലബാഷ്പത്തിന്റെയും അളവിലാണ് കാര്യമായ വ്യത്യാസം കാണുന്നത്.

വായുവിന് ഭാരവും മർദ്ദവും ചെലുത്താനുള്ള കഴിവുണ്ട്. ഭൂഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനു ചുറ്റും അന്തരീക്ഷം നിലനിർത്തപ്പെടുന്നത്. ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ ഫലമായി ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ സാന്ദ്രത ഉപരിതലത്തിനടുത്ത് അധികമാകുന്നു. ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും 30 കിലോമീറ്റർ പരിധിക്കുള്ളിൽ ആകുന്നു അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങളുടെ ഭൂരിഭാഗം പിണ്ഡവും കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയർന്ന തലങ്ങളിൽ വാതക തന്മാത്രകളുടെ അളവ് വളരെ കുറവാണ്. അതിനാൽ തന്നെ അന്തരീക്ഷ മർദ്ദവും കുറവായിരിക്കും. സമുദ്ര നിരപ്പിൽ അന്തരീക്ഷമർദ്ദം 1013.25 മില്ലീബാർ ആകുന്നു. ബാരോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ചാണ് അന്തരീക്ഷമർദ്ദം അളക്കുന്നത്.

അന്തരീക്ഷഘടന ലംബതലത്തിൽ (അന്തരീക്ഷപാളികൾ) (Vertical Structure of the atmosphere)

സമുദ്രനിരപ്പിൽ നിന്നും തുടങ്ങി പതിനായിരകണക്കിന് കിലോമീറ്റർ അപ്പുറമുള്ള ബഹിരാകാശംവരെ അന്തരീക്ഷം വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നു. സ്വഭാവത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തെ കുത്തനെയുള്ള രണ്ട് മേഖലകളായി തരംതിരിയ്ക്കാം.

1. ഹോമോസ്ഫിയർ (Homosphere)

ഏകദേശം 100 കിലോമീറ്റർ ഉയരംവരെ വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്ന അന്തരീക്ഷ മേഖലയാണിത്. വാതകങ്ങളുടെ ശക്തമായ മിശ്രണം (Turbulent mixing)വാതക തന്മാത്രകളുടെ പ്രസരണത്തേക്കാൾ അധികമാണ്. ഉയരം ഹോമോസ്ഫിയറിലെ വാതകങ്ങളുടെ ചേരുവകളെ സ്വാധീനിക്കുന്നില്ല. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ രാസഘടന ഈ ഭാഗത്തിന്റെ ഉയർന്ന തലം വരെ ഐകരൂപ്യമുള്ള പോലെ (uniform) കാണപ്പെടുന്നു. ഈയൊരു കാരണം കൊണ്ടാണ് ഈ ഭാഗത്തിന് ഹോമോസ്ഫിയർ എന്ന പേര് നൽകിയിട്ടുള്ളത്.

2. ഹെറ്ററോസ്ഫിയർ (Heterosphere)

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും 100 കിലോമീറ്ററിൽ കൂടുതൽ ഉയരത്തിലുള്ള അന്തരീക്ഷ മേഖലയാണിത്. താരതമ്യേന തന്മാത്രാപിണ്ഡം കൂടിയ വാതകങ്ങൾ താഴ്ന്ന മേഖലയിലും കുറവുള്ളത് ഉയർന്നതലങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്നു. 1000 കിലോമീറ്ററിനപ്പുറം ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം തുടങ്ങിയ വാതകങ്ങളാണ് ധാരാളമായി കണ്ടുവരുന്നത്. തന്മാത്രാഭാരം കൂടിയ ദ്വയാറ്റോമിക് നൈട്രജൻ വാതകം 500 കിലോമീറ്ററിനു മുകളിൽ വളരെ കുറഞ്ഞ തോതിൽ മാത്രമേ കാണപ്പെടുന്നുള്ളു.

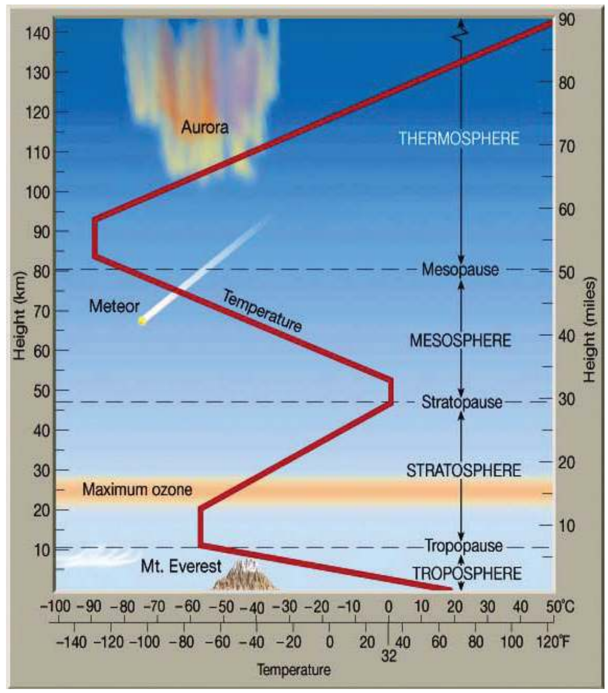
ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും ഏകദേശം 100 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ എത്തുമ്പോൾ അന്തരീക്ഷ ഘടനയിൽ മാറ്റം വരുന്നു. ഹോമോസ്ഫിയറിനും ഹെറ്ററോസ്ഫിയറിനും ഇടയ്ക്കുള്ള ഈ ഭാഗത്തെ ടർബോപോസ് (turbopause) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും മുകളിലേക്ക് പോകുന്തോറും അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവിൽ വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നു. ഈ വ്യതിയാനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അന്തരീക്ഷപാളിയായ ഹോമോസ്ഫിയറിനെ അഞ്ച് വ്യത്യസ്ത പാളികളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 2.13)

1. ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ
2. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ
3. മിസോസ്ഫിയർ
4. തെർമ്മോസ്ഫിയറും അയനോസ്ഫിയറും
5. എക്സോസ്ഫിയർ

1. ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തോട് ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. മനുഷ്യനുൾപ്പെടെയുള്ള ജീവജാലങ്ങൾ വസിക്കുന്ന ഏറ്റവും താഴ്ന്ന വിതാനത്തിലുള്ള അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. ഈ മേഖല എപ്പോഴും മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. മേഘങ്ങൾ, പ്രകാശം, താപം എന്നിവയിലെല്ലാം ഓരോ ദിവസവും നിരവധി മാറ്റങ്ങൾ സംഭവിക്കുന്നു. ഓരോ മാറ്റവും മനുഷ്യനുൾപ്പെടെയുള്ള ജീവജാലങ്ങളുടെ നിലനിൽപ്പിനെ ബാധിക്കുന്നു. സംയോജന മേഖല എന്നാണ് ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ അർഥം.



ചിത്രം 2.13 ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷ പാളികൾ (vertical layers of Earth's atmosphere)

ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിൽ നിത്യേന യുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങളെ ദിനാവസ്ഥ (Weather)എന്നു വിളിക്കുന്നു. വായുവിന്റെ സംവഹന പ്രക്രിയ വഴിയാണ് അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഈ ഭാഗം ചൂടുപിടിക്കുന്നത്. ഇതിന്റെ (ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ) മുകൾ ഭാഗത്തേയ്ക്ക് പോകുന്തോറും അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് അനുക്രമം കുറഞ്ഞു വരുന്നു. വായുവിന്റെ ലംബതലത്തിലും തിരശ്ചീന തലത്തിലുമുള്ള ശക്തമായ മിശ്രണം വഴി ചൂടുകൂടിയ വായു മുകളിലേയ്ക്ക് ഉയർന്ന് മേഘങ്ങളായും, മഴയായും, കാറ്റായും ഒക്കെ മാറുന്നു. വായുവിന്റെ ഇത്തരത്തിലുള്ള മിശ്രണമാണ് (mixing) കാലാവസ്ഥ പ്രതിഭാസത്തിന് കാരണം.

ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളിൽ ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ ഏകദേശം 18-20 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിലും ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ 7 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ജലബാഷ്പത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ജലബാഷ്പത്തിന്റെ അളവിലുണ്ടാകുന്ന വ്യത്യാസം ഒഴിച്ചാൽ ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ രാസഘടന എല്ലാ ഭാഗത്തും ഏറെക്കുറെ സമാനമാണ്.

ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും അതിനെ താപോർജമായി മാറ്റുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ താപോർജം ചാലനം, സംവഹനം എന്നീ പ്രക്രിയകൾ വഴി ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തും പ്രസരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് ഭൂമിയോട് അടുത്ത ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ ഭാഗത്ത് ചൂട് കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെടാൻ കാരണം.

ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്ത് എത്തുമ്പോഴേക്കും താപനില കുറയുന്നു. ഇതിനാലാണ് പർവ്വതങ്ങളുടെ മുകൾഭാഗത്ത് താഴ്വരകളേക്കാൾ തണുപ്പ് ഉണ്ടാകാൻ കാരണം. ഉയരം കൂടുന്നതനുസരിച്ച് ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഊഷ്മാവിന്റെ കുറവിനെ എൻവിയോൺമെന്റൽ ലാപ്സ് നിരക്ക് (Environmental Lapse Rate) (ELR) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് ഓരോ കിലോമീറ്റർ മുകളിലോട്ട് പോകുന്തോറും ശരാശരി 6.5^{o}C നിരക്കിൽ കുറയുന്നു. ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്തെ താപനില ഏകദേശം -60^{o}C ആകുന്നു. ELR പോസിറ്റീവ് സംഖ്യയിൽ നിന്നും നെഗറ്റീവ് സംഖ്യയിലേക്ക് മാറുന്ന മേഖലയെ ട്രോപ്പോപോസ് (tropopause) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

അന്തരീക്ഷപിണ്ഡത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന മേഖലയാണിത്. ജലബാഷ്പത്തിന്റെ 99 ശതമാനവും, അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങളുടെ 75 ശതമാനവും ഈ മേഖലയിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ജലപരിവൃത്തിയെ മുന്നോട്ട് നയിക്കാനുള്ള തോതിലുള്ള ജലബാഷ്പം ഈ മേഖലയിലുണ്ട്.

2. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ (Stratosphere)

ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിനു മുകളിലായി ഏകദേശം 50 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. വായുവിന്റെ സംവഹനചലനം ഇവിടെ തീരെ ഇല്ലെന്ന് തന്നെ പറയാം. തിരശ്ചീന തലത്തിലുള്ള വായുവിന്റെ ചലനമാണ് ഈ മേഖലയിൽ കൂടുതൽ പ്രകടമായി കാണപ്പെടുന്നത്. ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് താപനിലയിൽ വർധനവ് അനുഭവപ്പെടുന്നു. കാലാവസ്ഥാ വ്യത്യാസം ഈ ഭാഗങ്ങളിൽ ഇല്ലെന്ന് തന്നെ പറയാം. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിന്റെ താഴ്ന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ താപനില -60^{0} C ആകുന്നു. ഉയരം കൂടുന്തോറും ഊഷമാവ് വർധിച്ച് -3^{0}C വരെ എത്തുന്നു. ഓസോൺ തന്മാത്രകൾ അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികളെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് കൊണ്ടാണ് ഈ മേഖലയിലെ

ഓസോൺ

ഓക്സിജന്റെ ഒരു തന്മാത്രയിൽ (O_2) രണ്ട് ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. പക്ഷേ ഒരു ഓക്സിജൻ ആറ്റം കൂടിച്ചേരുമ്പോൾ ഓക്സിജന്റെ ഒരു തന്മാത്ര ഓസോൺ ആയി മാറുന്നു. മൂന്ന് ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങളാൽ നിർമിതമായ ഒരു ഓസോൺ തന്മാത്രയാണ് O_3. സൂര്യനിൽ നിന്നും വരുന്ന വിനാശകരമായ അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്ത് അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഓസോൺ നമ്മെ സംരക്ഷിക്കുന്നു. പക്ഷേ വായുവിലൂടെ ഓസോൺ ഭൂനിരപ്പിലുള്ള നാം ശ്വസിക്കുന്ന വായുവിൽ എത്തുമ്പോൾ അത് വിഷമായിമാറുന്നു. ജീവജാലങ്ങൾക്കും അജീവീയ വസ്തുക്കൾക്കും ഇത് പൊള്ളലുകളും നാശവും ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇടിമിന്നലും കൊടുങ്കാറ്റും ഉണ്ടാകുന്ന സമയത്ത് പ്രകൃത്യാ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ചെറിയ അളവിൽ ഓസോൺ രൂപപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് പുറംതള്ളപ്പെടുന്ന വ്യാവസായിക രാസവസ്തുക്കളും വാഹനങ്ങളിൽ നിന്നും പുറംതള്ളപ്പെടുന്ന വസ്തുക്കളും സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെയും ഊഷ്മാവിന്റെയും കൂടെ അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഓക്സിജനെ ഓസോണായി രൂപാന്തരപ്പെടുത്തുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഓസോണിന്റെ അളവ് ഭയാനകമായി ഉയരുന്നു. ഫോട്ടോകെമിക്കൽ സ്മോഗിലെ (Photochemical smog) പ്രധാന ഘടകമാണ് ഓസോൺ.

ഊഷ്മാവ് വർധിക്കാൻ കാരണം. ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ മുകളതിരിൽ ഇത് 0°C (32°F) വരെ എത്തുന്നു. വരണ്ട വായുവും സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിനെ അപേക്ഷിച്ച് അനുഭവപ്പെടുന്ന ഉയർന്ന ഊഷ്മാവും കാരണം ഈ ഭാഗത്ത് മേഘങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നില്ല. മേഘങ്ങൾ കാണപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ തന്നെ അത് 30 കിലോമീറ്ററിന് മുകളിലായിട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവിടെ കാണപ്പെടുന്ന മേഘങ്ങളെ നാക്രിയസ് (nacreous) മേഘങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. അവയ്ക്കുള്ള വർണോജ്വലത (Iridescence)കാരണം മുത്തുകളുടെ അമ്മ (Mother of Pearl) എന്നും ഇത്തരം മേഘങ്ങളെ വിളിക്കാറുണ്ട്. 30 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഈ മേഘങ്ങൾ ഖരമഞ്ഞ്, അതിശൈത്യജലം എന്നിവ ഉൾക്കൊള്ളുന്നവയാണ്.

സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിന്റെ ഉയർന്ന തലങ്ങളിൽ (20–50 Km) വച്ച് സൂര്യപ്രകാശത്തിലെ അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികളെ ആഗിരണം ചെയ്ത് ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകൾ വിഘടിക്കുന്നു. വിഘടിച്ചുണ്ടായ ഓക്സിജൻ ആറ്റം ഓക്സിജൻ (O_2)തന്മാത്രയുമായി കൂടിച്ചേർന്ന് ഓസോൺ (O_3)തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഉത്തരായന രേഖയ്ക്കും ദക്ഷിണായന രേഖയ്ക്കും ഇടയിലുള്ള ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശത്തും മധ്യ അക്ഷാംശരേഖാപ്രദേശത്തുമാണ് ഓസോൺ പ്രധാനമായും ഉണ്ടാകുന്നത്.

ദിനാവസ്ഥയും കാലാവസ്ഥയും

നിങ്ങളുടെ വരവ് – ചെലവ് കണക്കുകളുടെ പരിശോധന വഴി ഇത് വിവരിക്കാൻ കഴിയും. അതായത് ഒരു വർഷത്തിലെ 12 മാസത്തിലെ ഓരോ മാസത്തിലേയും മിച്ചം എന്നത് കാലാവസ്ഥയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഓരോ ദിവസത്തേയും വരവ് – ചെലവ് ദിനാവസ്ഥയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. നിങ്ങൾക്ക് ദിനന്തോറുമുള്ള മിച്ചത്തിൽ നിത്യേന വളരെയധികം മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടായിക്കൊണ്ടിരിക്കും. എന്നാൽ നിങ്ങളുടെ മാസംതോറുമുള്ള മിച്ചം അതായത് ദിനംതോറുമുള്ള മിച്ചത്തിന്റെ ശരാശരി വളരെയധികം ഐക്യരൂപമുള്ളതായിരിക്കും. ഇതേ രീതിയിൽ നിങ്ങളുടെ അനുഭവത്തിൽ നിന്നും കാലാവസ്ഥയേക്കാൾ ദിനാവസ്ഥ വളരെ വേഗത്തിൽ മാറുന്നുണ്ടെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. ഒരുദിവസം 40°C നോടടുത്ത ചൂടാണെങ്കിൽ തൊട്ടടുത്ത ദിവസം 30°C താഴെയുള്ള തണുത്ത അവസ്ഥയിലേക്ക് മാറുന്നു. കാലാവസ്ഥയിലും ഇതുപോലെ മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പക്ഷേ അത് നീണ്ടകാലയളവുകൊണ്ടാണെന്ന് മാത്രം.

ട്രോപോസ്ഫിയറിലെ നിത്യേനയുള്ള മാറ്റങ്ങളെ ദിനാവസ്ഥ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. വലിയ കാലയളവുകളിലുള്ള മാറ്റത്തിന്റെ ശരാശരി അവസ്ഥയെ കാലാവസ്ഥ എന്ന പദം കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. കാലാവസ്ഥയേക്കാളും കൂടുതൽ തീവ്രമായിരിക്കും ദിനാവസ്ഥ. ഇതു കൊണ്ടാർഥമാക്കുന്നത് നിത്യേനയുള്ള ഊഷ്മാവിന്റെയും, മഴയുടെയും, മർദ്ദത്തിന്റെയും, കാറ്റിന്റെയും പരിധി നീണ്ട കാലയളവിലുള്ള കാലാവസ്ഥയേക്കാളും അധികമായിരിക്കും. കാലാവസ്ഥ നീണ്ട കാലയളവിലുള്ള ദിനാവസ്ഥയുടെ ശരാശരിയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതിനാൽ ഇത് മിതമായിരിക്കും. കരയിൽ ജീവിക്കുന്ന ബഹുഭൂരിപക്ഷം ജീവജാലങ്ങളും അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ താഴെഭാഗത്തുള്ള 5 കി.മി. നുള്ളിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഉയർന്ന തലങ്ങളിലുള്ള അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ നേർമയും രൂക്ഷമായ അവസ്ഥകളും ഭൂരിഭാഗം ജീവജാലങ്ങൾക്കും നിലനിൽക്കാൻ പറ്റാത്തതാകുന്നു. 8848 കി.മി. ഉയരമുള്ള എവറെസ്റ്റ് കൊടുമുടി അന്തരീക്ഷ മണ്ഡലമായ ട്രോപോസ്ഫിയറിന്റെ ഏകദേശം പകുതി വരെ ഉയർന്ന് കാണപ്പെടുന്നു.

സൂര്യനിൽ നിന്ന് ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന വിനാശകാരികളായ അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങൾ പോലുള്ള രശ്മികളെ ഓസോൺ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഓസോൺ അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണോർജത്തെ താപോർജമായി മാറ്റുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയുടെ ഫലമായിട്ടാണ് സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ ചൂടുപിടിക്കുന്നത്. വസന്തകാലത്ത് (Spring Season) അന്റാർട്ടിക്കയിൽ ഓസോൺ ശോഷണം നടക്കുന്നതിന്റെ പ്രധാന കാരണക്കാർ നാക്രിയസ് മേഘങ്ങൾ, ക്ലോറോ ഫ്ളൂറോ കാർബൺ (CFC), മറ്റ് മനുഷ്യനിർമിത മലിനീകാരികൾ എന്നിവയാകുന്നു.

സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിനേയും തൊട്ടുമുകളിലുള്ള മിസോസ്ഫിയറിനേയും വേർതിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ സ്ട്രാറ്റോപോസ് (stratopause) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഏകദേശം 45-50 കിലോമീറ്റർ ഉയരംവരെ സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. സ്ട്രാറ്റോപോസിൽ അന്തരീക്ഷമർദ്ദം ഏകദേശം 1 മില്ലിബാർ ആകുന്നു. ഇവിടെ വച്ച് അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവിൽ വീണ്ടും മാറ്റം വരുന്നത് നിലയ്ക്കുന്നു. താഴെയുള്ള ഓസോൺ പാളികളുടെ ചൂടുപിടിക്കൽ വഴി മിസോസ്ഫിയറിന്റെ താഴ്ന്ന മേഖലകളിൽ ഉയർന്ന വിതാനങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് ചൂട് കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഏകദേശം 80 കിലോമീറ്റർ വരെ മിസോസ്ഫിയറിൽ ഉയരത്തിന് ആനുപാതികമായി അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് കുറഞ്ഞുവരുന്നു. ജെറ്റ് വിമാനങ്ങളുടെ സഞ്ചാരത്തിന് ഏറ്റവും അനുയോജ്യമായ മേഖലയാണ് സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ.

3. മിസോസ്ഫിയർ (Mesosphere)

ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും 50 മുതൽ 80 കിലോമീറ്റർ വരെ ഉയരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. മിസോസ്ഫിയറിൽ ഉയരം കൂടുന്നതനുസരിച്ച് താപനില കുറയുന്നു. ശൈത്യം ഏറ്റവും കൂടുതലുള്ള അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. ഇതിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്തെ ഊഷ്മാവ് -120°C-ൽ താഴെയാകുന്നു. സൗരയൂഥത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്നും ബഹിരാകാശത്ത് നിന്നും ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കുന്ന ശിലാ ശകലങ്ങളും മറ്റും കത്തിതീരുന്ന അന്തരീക്ഷഭാഗമാണിത്. അതിനാൽ ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കുന്ന ഉൽക്കകളിൽ നിന്നും ഭൂമിയെ സംരക്ഷിക്കുന്ന പാളിയാണിത്. ഉൽക്കകൾ ഇവിടെ വച്ച് കത്തിച്ചാരമായിത്തീരുന്നു. മിസോസ്ഫിയറിനേയും തെർമോസ്ഫിയറിനേയും വേർതിരിക്കുന്നത് മിസോപാസാണ് (mesopause)

4. തെർമോസ്ഫിയറും അയണോസ്ഫിയറും

മിസോസ്ഫിയറിന് തൊട്ടുമുകളിലും എക്സോസ്ഫിയറിനു താഴെയുമായി കാണപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. ഏകദേശം 85 കിലോമീറ്റർ മുകളിലായിട്ടാണ് ഇത് കാണപ്പെടുന്നത്. അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങൾ ഇവിടെ അവയുടെ തന്മാത്രാഭാരത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രത്യേക പാളികളായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് വർധിക്കുന്നു. ഉയർന്ന ഊർജമുള്ള സൗരവികിരണങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നതുവഴി ഈ ഭാഗത്ത് ഊഷ്മാവ് സൗരപ്രക്രിയകളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഏകദേശം 2000°C വരെ ഊഷ്മാവ് ഉയരാറുണ്ട് (3,630°F) ഉയർന്ന ഊർജമുള്ള സൗരവികിരണങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന ഫലമായി അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങൾ ഈ മേഖലയിൽ വൈദ്യുതചാർജുള്ള കണികകളായിട്ടാണ് (അയോണുകൾ) കാണപ്പെടുന്നത്. തെർമ്മോപോസ് എന്ന മേഖലവരെ

തെർമ്മോസ്ഫിയർ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ഏകദേശം 100 കിലോമീറ്ററിനു മുകളിൽ ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ രാസഘടനയിൽ മാറ്റം വരുന്നു. അതിനെ നമ്മൾ ഹെറ്ററോസ്ഫിയർ അഥവാ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉപരിപാളി (Heterosphere or Upper atmosphere) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഹെറ്ററോസ്ഫിയറിന്റെ ഏറ്റവും താഴ്ന്ന പാളിയായ തെർമ്മോസ്ഫിയർ ആയിരക്കണക്കിന് കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ ബഹിരാകാശവും തെർമ്മോസ്ഫിയറും തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന പ്രത്യേക അതിർത്തിയൊന്നും തന്നെയില്ല. ഏറ്റവും ചൂട് കൂടിയ അന്തരീക്ഷപാളിയാണിത്. പകൽ സമയങ്ങളിൽ അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് 2500°C വരെ ഉയരാറുണ്ട്. വാതക കണികകൾ അധികമില്ലാത്തതിനാലും ശൂന്യാകാശത്തോട് ഏറെ അടുത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതിനാലും താപത്തിന്റെ പ്രസരണം നടക്കാത്തതിനാൽ ഇവിടെ ചൂട് അധികമായി തോന്നാനിടയില്ല. അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് വഴിയാണ് തെർമ്മോസ്ഫിയർ ചൂട് പിടിക്കുന്നത്.

ഏകദേശം 700 കിലോമീറ്ററിന് അപ്പുറമുള്ള തെർമ്മോസ്ഫിയറിന്റെ ഉപരിഭാഗത്തെ തെർമ്മോപാസ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു. 700 കിലോമീറ്ററിന് മുകളിൽ അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവിൽ വ്യത്യാസം വരുന്നില്ല. ഇതിന് മുകളിലുള്ള അന്തരീക്ഷ ഭാഗത്തെ എക്സോസ്ഫിയർ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം എന്നീ മൂലക അയോണുകൾ പരസ്പരം വളരെ അകന്ന് കാണപ്പെടുന്ന മേഖലയാണ് എക്സോസ്ഫിയർ. എക്സോസ്ഫിയറിന്റെ താഴ്ന്ന പരിധിയായ തെർമോപോസിനെ എക്സോബെയ്സ് എന്നും വിളിക്കാറുണ്ട്. കാലാവസ്ഥ, ദിവസങ്ങളുടെ സമയദൈർഘ്യം, സ്ഥലത്തിനനുസരിച്ചുള്ള ഊർജത്തിന്റെ വരവ് എന്നിവയ്ക്കനുസരിച്ച് തെർമോപാസിന്റെ ഉയരം മാറുന്നു. ഇക്കാരണത്താൽ തെർമോസ്ഫിയറിന്റെ ഉയരം 500 മുതൽ 1000 വരെ ആകാം.

ചാർജുള്ള കണികകൾ (അയോണുകൾ) അധികമായി കാണപ്പെടുന്ന തെർമ്മോസ്ഫിയറിന്റെ ഭാഗത്തെ 'അയണോസ്ഫിയർ' എന്ന് വിളിക്കുന്നു. സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്ത് അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങളിലെ ആറ്റങ്ങളിൽ നിന്ന് ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുമ്പോഴാണ് അയോണുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഏകദേശം 80 മുതൽ 300 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിലാണ് അയണോസ്ഫിയർ കാണപ്പെടുന്നത്. വൈദ്യുതിയെ കടത്തിവിടുന്ന മേഖലയാണിത് (electrically counducting region). ദീർഘദൂര വാർത്താവിനിമയത്തിന് സഹായകരമാകുന്ന ഭാഗമാണിത്. അന്തരീക്ഷത്തിലെത്തുന്ന റേഡിയോ തരംഗങ്ങളെ ഇത് ഭൂമിയിലേയ്ക്ക് തിരിച്ച് പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നു. അറോറ (Northern and Southern Lights) (ചിത്രം 2.14) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒരു പ്രത്യേക പ്രതിഭാസം തെർമ്മോസ്ഫിയറിന്റെ ഈ ഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നത്.

ഭൂമിയുടെ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന സൗരക്കാറ്റ് (Solar Wind)അന്തരീക്ഷ തന്മാത്രകളുമായി കൂട്ടിമുട്ടുമ്പോൾ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ വർണരാജികൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ വർണ വിസ്മയകാഴ്ചയെയാണ് അറോറ എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഉത്തര- ദക്ഷിണ ധ്രുവങ്ങളിലാണ് ഇത് ദൃശ്യമാകുന്നത്. ബഹിരാകാശ വാഹനങ്ങളുടെയും അന്താരാഷ്ട്ര ബഹിരാകാശ നിലയങ്ങളുയുടെയും സഞ്ചാരപഥം എക്സോസ്ഫിയറിന്റെ മധ്യഭാഗം മുതൽ മുകൾഭാഗം വരെയുള്ള മേഖലകളിലാണ്.

5. എക്സോസ്ഫിയർ (Exosphere)

ചിത്രം 2.14 അറോറ പ്രകാശം

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഏറ്റവും മുകളിലെ പാളിയാണ് എക്സോസ്ഫിയർ. സമുദ്ര നിരപ്പിൽ നിന്നും ഏകദേശം 700 കിലോ മീറ്ററിനു മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഈ ഭാഗം ചന്ദ്രനിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന്റെ പകുതിഭാഗംവരെ വ്യാപിച്ചു കാണപ്പെടുന്നു. ബഹിരാകാശത്തിന്റെ തുടക്കം ഈ ഭാഗത്തുനിന്നാണ്. ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം തുടങ്ങിയ മൂലക തന്മാത്രകളാണ് ഇവിടെ പ്രധാനമായും കണ്ടുവരുന്നത്. ഇവയെക്കൂടാതെ നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ, CO_2 എന്നീ ഭാരം കൂടിയ തൻമാത്രകളും താഴ്ന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ആറ്റങ്ങളും തന്മാത്രകളും ഇവിടെ വളരെ അകന്നാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. അതിനാൽ വളരെദൂരം പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടാതെ സഞ്ചരിക്കാൻ ഇവയ്ക്ക് സാധിക്കുന്നു. ഇക്കാരണത്താൽതന്നെ ഈ ഭാഗത്തെ അന്തരീക്ഷം വാതകസ്വഭാവം പൂർണ്ണമായി കാണിയ്ക്കുന്നില്ല. സൗരക്കാറ്റുമായി ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതുവരെ ഇത് വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. സൗരക്കൊടുങ്കാറ്റുകൾ ഈ ഭാഗത്തെ ഞെരുക്കുന്നു. സൂര്യന്റെ തീക്ഷ്ണത കുറഞ്ഞ സമയങ്ങളിൽ ഈ ഭാഗം ബഹിരാകാശത്തിലേയ്ക്ക് കൂടുതൽ വ്യാപരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ പരിധി ഭൂനിരപ്പിൽ നിന്ന് 1000 മുതൽ 10000 വരെ കിലോമീറ്ററിൽ വരെയാകാം.

ഹരിതഗൃഹ പ്രഭാവം (Green House Effect)

ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ എത്തുന്ന സൂര്യപ്രകാശമാണ് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തെ ചൂടുപിടിപ്പിക്കുന്നത്. ഭൂമിയിലെത്തുന്ന സൂര്യപ്രകാശത്തെ ഭൗമപ്രതലം തിരിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് പ്രസരിപ്പിക്കുന്നു. ഇതിൽ കുറച്ച് താപോർജം ബഹിരാകാശത്തേക്ക് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. ബാക്കിഭാഗം ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങളാൽ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇത് വീണ്ടും ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് വികിരണം വഴി എത്തുന്നു.

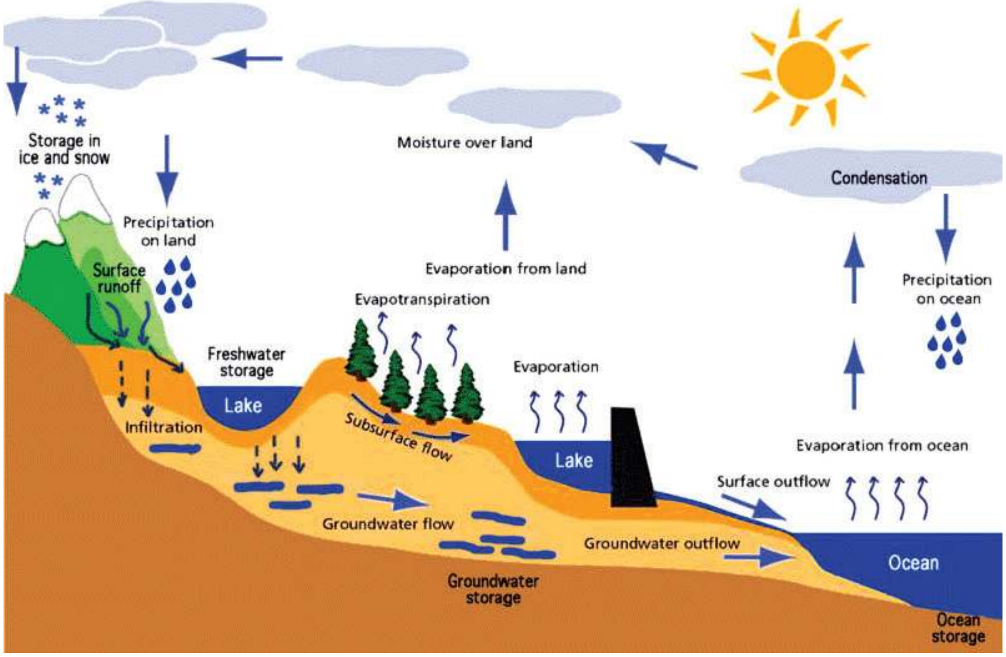
ഇങ്ങനെ ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്ത് വച്ച് സൂര്യപ്രകാശത്തിലെ താപോർജത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയെ ആണ് ഹരിതഗൃഹ പ്രഭാവം എന്ന് പറയുന്നത്. ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം ഇല്ലെങ്കിൽ ഭൂമി, ജീവൻ നിലനിൽക്കാൻ പറ്റാത്ത ഒരു തണുത്തുറഞ്ഞ ഗ്രഹമായി മാറിയേനേ. ഭൂമിയിൽ നിന്ന് പ്രതിഫലിക്കുന്ന സൗരവികിരണത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും തിരിച്ച് ഭൂമിയിലേക്ക് തന്നെ പ്രസരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങളെ ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത്തരം വാതകങ്ങൾ ഒന്നും തന്നെ വളരെ ഉയർന്ന അളവിൽ അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല. കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, മീഥൈൻ, നൈട്രസ് ഓക്സൈഡ്, ജലബാഷ്പം എന്നിവയാണ് അന്തരീക്ഷത്തിൽ ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്ന ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ. ഇവ, ഒരു കവചംപോലെ പ്രവർത്തിച്ച് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ചൂട് നിലനിർത്തി സംരക്ഷിക്കുന്നു. വിവിധതരം വ്യാവസാ

യിക പ്രവർത്തനങ്ങൾ വഴിയും പ്രകൃതി പ്രവർത്തനങ്ങൾ വഴിയും അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺഡൈഓക്സൈഡിന്റെ അളവിൽ മാറ്റം വരാറുണ്ട്. വ്യത്യസ്തതരം പ്രകൃതി പ്രക്രിയകൾവഴി അന്തരീക്ഷത്തിലെ ജലബാഷ്പത്തിന്റെ അളവിലും മാറ്റം വരാറുണ്ട്.

2.8.3 ജലമണ്ഡലം (Hydrosphere)

ഭൂമിയിലെ മൊത്തം ജലാശയങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന പദമാണിത്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലും അതിനടുത്തും കാണപ്പെടുന്ന തുടർച്ചയില്ലാത്ത ജലപാളിയാണിത്. അതായത് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലും ഉപരിതലത്തിനടിയിലും കാണപ്പെടുന്ന എല്ലാ പ്രകൃതിദത്തമായ ജലവും ഉൾപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണ് ഹൈഡ്രോസ്ഫിയർ. സമുദ്രങ്ങൾ, കടലുകൾ, നദികൾ, തടാകങ്ങൾ, മഞ്ഞ്, ഖരമഞ്ഞ്, ഭൂഗർഭജലം, അന്തരീക്ഷജലം എന്നിവയെല്ലാം ജലമണ്ഡലത്തിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ മൂന്ന് അവസ്ഥയിൽ ജലമണ്ഡലത്തിൽ ജലം കാണപ്പെടുന്നു. അതായത് ഖരമഞ്ഞ്, ദ്രാവകജലം, ജലബാഷ്പം എന്നീ രൂപങ്ങളിൽ.

ജലമണ്ഡലത്തിലെ 97 ശതമാനം ജലവും സമുദ്രങ്ങളിലും, കടലിലും ഉപ്പുവെള്ളമായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ബാക്കിവരുന്ന ജലമാണ് നദികളിലും, തടാകങ്ങളിലും, ഹിമാനികളിലും, ഭൂഗർഭജലമായും, അന്തരീക്ഷജലമായും ഒക്കെ കാണപ്പെടുന്നത്. അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ജലബാഷ്പത്തിന്റെ ശതമാനം വളരെ കുറവാണെങ്കിലും, ജലാശയങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള ജലത്തിന്റെ ബാഷ്പീകരണവും തിരിച്ച് അവ മഴയായി ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്നതും ജലപരിവൃത്തിയുടെ പ്രധാന ഭാഗമാകുന്നു. ഭൂമിയിലെ ജീവൻ നിലനിർത്തുന്നതിൽ ഈ ചാക്രിക പ്രക്രിയയ്ക്ക് പ്രധാന പങ്കാണുള്ളത്.



ചിത്രം 2.15 ജലപരിവൃത്തി അഥവാ ഹൈഡ്രോളജിക് സൈക്കിൾ

ജലപരിവൃത്തി (Hydrologic cycle)

ചൂടുപിടിച്ച റോഡിൽ നിന്നും ചെറിയ മഴയ്ക്ക് ശേഷം ഒരു പുക ഉയരുന്നത് നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിരിക്കുമല്ലോ. ഈ പ്രക്രിയയുടെ കാരണം എന്താണ്?

ചൂടുപിടിച്ച റോഡിൽ മഴവെള്ളം വീഴുമ്പോൾ അത് ബാഷ്പീകരണ പ്രക്രിയ വഴി വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള ജലബാഷ്പമായി മാറുന്നു. ജലപരിവൃത്തി അഥവാ ഹൈഡ്രോളജിക് പരിവൃത്തി എന്ന പ്രകൃതി പ്രതിഭാസത്തിന്റെ പ്രധാന ഭാഗമാണ് ഈ പ്രക്രിയ. (ചിത്രം 2.15)

ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത അവസ്ഥകളിലുള്ള ഭൗമ മണ്ഡലങ്ങളിലൂടെ ജലത്തിന്റെ തുടർച്ചയുള്ള ചംക്രമണ (Circulation) ത്തെയാണ് ജലപരിവൃത്തി (Water Cycle)എന്ന് വിളിക്കുന്നത്.

ജലപരിവൃത്തിയിൽ പലതരം പ്രക്രിയകൾ ഉൾപ്പെടുന്നു.

1 വർഷണം (Precipitation)
2 മേലോഴുക്ക് (Surface run-off)
3 ഊർന്നിറങ്ങൽ (Infiltration)
4 അടിയൊഴുക്ക് (Base flow)
5 ബാഷ്പീകരണം (Evaporation)
6 സസ്യസ്വേദനം (Transpiration)
7 ഘനീകരണം (Condensation)

ജലമണ്ഡലത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തും ഈ പ്രക്രിയകൾ നടക്കുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഏകദേശം 15 കിലോമീറ്റർ ഉയരം വരെ അന്തരീക്ഷത്തിലും 5 കിലോമീറ്റർ താഴ്ചയിൽ ഭൂവൽക്ക ഭാഗത്തും കാണപ്പെടുന്നു. വർഷപാതം വഴിയാണ് ഭൂമിയിൽ ജലം എത്തുന്നത്. മഴ, മഞ്ഞ് എന്നിവയാണ് വർഷപാതത്തിന്റെ രണ്ട് വിഭാഗങ്ങൾ.

ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന മഴവെള്ളത്തിന്റെ കുറച്ചുഭാഗം ഭൂമി ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ ഊർന്നിറങ്ങൽ (infiltration) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. കുറച്ച് ഭാഗം ഉപരിതലത്തിലൂടെയും നദികളിലൂടെയും, തടാകങ്ങളിലൂടെയും സമുദ്രത്തിലേക്ക് ഒഴുകുന്നു. ഇതിനെ മേലൊഴുക്ക് (Surface run-off) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ അടിയിലേക്ക് ഊർന്നിറങ്ങിയ ജലം ശിലാസുഷിരങ്ങളിൽ ഭൂഗർഭ ജലനിരപ്പ് ഉയരുന്നതിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഊർന്നിറങ്ങിയ ജലത്തിന്റെ കുറച്ച് ഭാഗം ഭൂമിക്കടിയിലുള്ള ശിലകളിലൂടെ സമുദ്രത്തിലേക്ക് ഒഴുകുന്നു. ഇതിനെ അടിയൊഴുക്ക് (Base flow) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ചെടികൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ഈ ജലത്തിന്റെ കുറച്ചുഭാഗം ഇലകളിലൂടെ സസ്യസ്വേദനം വഴി (Transpiration) ബാഷ്പീകരിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തിൽ തിരികെ എത്തുന്നു.

നദികളിൽ നിന്നും തടാകങ്ങളിൽ നിന്നും സമുദ്രങ്ങളിൽ നിന്നും മറ്റും ജലം ബാഷ്പീകരിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തിലെത്തുന്നു. ഇത് അന്തരീക്ഷത്തിൽവച്ച് മേഘങ്ങളായി മാറുന്നു. അന്തരീക്ഷഊഷ്മാവ് കുറയുമ്പോൾ മേഘങ്ങൾ തണുത്ത് മഴയായും മഞ്ഞായും ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്നു (Precipitation). അതായത് ജലപരിവൃത്തി എന്നുപ

റയുന്നത് സമുദ്രജലം അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ വൻകരകളിൽ എത്തി തിരിച്ച് സമുദ്രങ്ങളിലേക്ക് തന്നെ എത്തുന്ന പ്രക്രിയ ആണ്. ഭൂമിയിലെത്തുന്ന സൗരോർജത്തിന്റെ ഭാഗം സമുദ്രജലത്തിന്റെ ബാഷ്പീകരണത്തിന് വേണ്ടിയാണ് ചിലവഴിക്കപ്പെടുന്നത്. ബാഷ്പീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന അന്തരീക്ഷ ഈർപ്പവും, ആർദ്രതയും (Moisture and humidity) തണുത്ത് മേഘമായും, മഴയായും മഞ്ഞായും മഞ്ഞുകണമായും (dew) മാറുന്നു.

അന്തരീക്ഷ ഈർപ്പം കാലവസ്ഥാനിർണയത്തിലെ പ്രധാന ഘടകമാകുന്നു. കൊടുങ്കാറ്റുകൾക്ക് ചാലകബലം നൽകുന്നത് ഈർപ്പമാണ്. ഇടിമിന്നലിനും കാട്ടുതീക്കും ഇത് കാരണമാകുന്നു. കരയെ ഈർപ്പമുള്ളതാക്കാനും, ജലഭൃതങ്ങളിലും നദികളിലും ജലം നിറയ്ക്കുന്നതിലും, ശിലകളുടെ രാസിക അപക്ഷയത്തിനും ഭൂപ്രദേശങ്ങളുടെ അപരദനത്തിനും ജീവിതം കരുപിടിപ്പിക്കുന്നതിലും, ലേയമായ രാസവസ്തുക്കളേയും അവസാദങ്ങളേയും സമുദ്രങ്ങളിൽ എത്തിക്കുന്നതിലും അന്തരീക്ഷ ഈർപ്പം പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

2.8.4 അതിശൈത്യമണ്ഡലം (Cryosphere)

ഊഷ്മാവ് കുറഞ്ഞ തണുപ്പേറിയ ഭൂമിയുടെ ചില ഭാഗങ്ങളിൽ ഖരമഞ്ഞ്, മഞ്ഞ് (ice and snow) തുടങ്ങിയ അവസ്ഥയിൽ ജലം കാണപ്പെടുന്നു. അത്തരത്തിൽ തണുപ്പേറിയ ഭൂവ്യവസ്ഥയുടെ ഭാഗമായ പ്രദേശങ്ങളെ അതിശൈത്യമണ്ഡലം (cryosphere) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലെ ഹിമാനികളാലും ഖരമഞ്ഞിനാലും മൂടപ്പെട്ട എല്ലാപ്രദേശങ്ങളും അതിശൈത്യ മണ്ഡലത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

1/3

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഓസോൺ, ജലബാഷ്പം, പൊടിപടലങ്ങൾ എന്നിവ ഭൂമിയിലെ ജീവന്റെ നിലനിൽപ്പിന് പ്രധാനപ്പെട്ടതാകുന്നതെങ്ങിനെ?
2. ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിനെ ദിനാവസ്ഥ മണ്ഡലം എന്ന് വിളിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
3. അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന പ്രധാന വാതകങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?
4. ജലപരിവൃത്തിയുടെ പ്രാധാന്യം എന്ത്?

2.9. ജൈവമണ്ഡലം (Biosphere)

ഭൂമിയുടെ ജൈവമണ്ഡലം ഭൂമിയിലെ ജീവമേഖല (Zone of life) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. 1875 ൽ എഡ്വേഡ് സ്യൂസ്സ് (Edward Suess) എന്ന ഭൂവൈജ്ഞാനികനാണ് "ജൈവമണ്ഡലം" എന്ന പദം മുന്നോട്ട് വച്ചത്. "ഭൂമിയിലെ സമസ്ത ജീവജാലങ്ങളെയും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ആഗോളവ്യവസ്ഥയാണ് ബയോസ്ഫിയർ എന്ന് നിർവചിക്കാം. ശിലാമണ്ഡലം, ജല മണ്ഡലം, വായു മണ്ഡലം എന്നിവയിലെ ഘടകങ്ങളുമായി ജീവികളുടെ പ്രതിപ്രവർത്തനവും ഈ വ്യവസ്ഥയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

ധ്രുവപ്രദേശം മുതൽ ഭൂമധ്യരേഖ പ്രദേശം വരെയുള്ള ഭൂമിയുടെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലും ഏതെങ്കിലും തരത്തിലുള്ള ജീവജാലങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഭൂമിയിലെ ജീവമണ്ഡലത്തിന്റെ വ്യാപ്തി അളക്കാൻ പ്രയാസമാണ്. വലിയ ജീവികളിൽ ചില പക്ഷി വിഭാഗങ്ങൾ (ഉദാഹരണമായി "റപ്പെൽസ്" (Ruppells) എന്ന കഴുകൻ) ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും 11 കി.മി അധികം ഉയരത്തിൽ പറക്കുന്നതായി കാണപ്പെടുന്നു. അതുപോലെ ചില മത്സ്യവർഗങ്ങൾ സമുദ്ര ഗർത്തങ്ങളിൽ 8 കി.മീ അധികം ആഴങ്ങളിൽ ജീവിക്കുന്നു. ഏകകോശ ജീവികളായ ചിലതരം സൂക്ഷ്മ ജീവികൾ മറിയാന ട്രഞ്ചിലെ ചലഞ്ചർ ഗർത്തത്തിൽ 11,034 മീറ്ററിൽ അധികം ആഴങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. സ്വീഡനിലെ ചില ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്നും കുഴിച്ചെടുത്ത 5 കി.മീറ്ററിൽ അധികം ആഴത്തിലുള്ള ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങളിൽ സൂഷ്മാണുക്കളുടെ (microbes) സാന്നിധ്യം തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്.

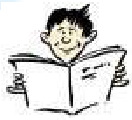
ജൈവമണ്ഡലം വിവിധ തരത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളും ജന്തുക്കളും ഉൾപെടുന്ന നിരവധി ജൈവമേഖല (biomes) കളായി വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. കരഭാഗങ്ങളിൽ ഈ ജൈവമേഖല ഭൂമിയിലെ അക്ഷാംശ രേഖക്ക് അനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ആർട്ടിക്, അന്റാർട്ടിക് തുടങ്ങിയ ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ സസ്യജന്തു ജാലങ്ങൾ താരതമ്യേന കുറവാണ്. എന്നാൽ ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് സസ്യജന്തു ജാലങ്ങൾ കൂടുതലായി തിങ്ങിപാർക്കുന്നു. സസ്യങ്ങൾ, ജന്തുക്കൾ, സൂഷ്മജീവജാലങ്ങൾ തുടങ്ങിയ ഭൂമിയിലെ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും ജൈവമണ്ഡലത്തിന്റെ ഭാഗമാണ്.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

നാം അധിവസിക്കുന്ന ഭൂമി നിരവധി പ്രത്യേകതകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ഒരു ജ്യോതിർ ഗോളമാണ്. നമ്മുടെ സൗരയൂഥത്തിൽ സൂര്യനെന്ന് നാം വിളിക്കുന്ന നക്ഷത്രവും അതിനെ വലം വയ്ക്കുന്ന 8 ഗ്രഹങ്ങളും അവയുടെ ഉപഗ്രഹങ്ങളും, കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങളും, എണ്ണമറ്റ ഛിന്നഗ്രഹങ്ങളും, ധൂമകേതുക്കളും ഉൾപ്പെടുന്നു. ഏതാണ്ട് 13.7 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഏകത്വത്തിന്റെ "മഹാവിസ്ഫോടനം" വഴി രൂപം കൊണ്ട അനന്തമായ പ്രപഞ്ചത്തിലെ കേവലം ചെറിയ ഒരു അംഗം മാത്രമാണ് സൗരയൂഥം. ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവത്തെ സംബന്ധിച്ച് നിരവധി കാഴ്ചപ്പാടുകൾ ആവിർഭവിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിന്റെ (Geologic Time scale) അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമി രൂപം കൊണ്ടിട്ട് 4.54 ശതകോടി വർഷമായിരിക്കുന്നു.

ഭൂമിക്ക് മുകൾഭാഗം പരന്നതും മധ്യഭാഗം അൽപം വീർത്തതുമായ ഒരു ഗോളത്തിന്റെ (oblate ellipsoid) ആകൃതി ആയതിനാൽ ഭൂമധ്യരേഖാ പ്രദേശത്തെ പരിഛേദത്തിന്റെ വ്യാസാർധവും ചുറ്റളവും ധ്രുവപ്രദേശത്തേതിനേക്കാൾ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ശരിയായ ആകാരത്തെ അഥവാ ആകൃതിയെ ഇന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ശാസ്ത്രീയ പദമാണ് "ജിയോയ്ഡ്" (Geoid). രാസഘടനയുടെയും ഭൗതിക സ്വഭാവത്തിന്റെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമിയുടെ ഭൂവൽക്കം (crust) മുതൽ അകക്കാമ്പ് (core) വരെയുള്ള ഉൾഭാഗത്തെ വിവിധ പാളികളായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ഭൗമവ്യവസ്ഥാവിജ്ഞാനം എന്ന സങ്കൽപ്പം ഭൂമിയെ ഒരു സംയോജിത വ്യവസ്ഥയായി കണക്കാക്കുന്നു. ശിലാമണ്ഡലം, വാതകമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം, അതിശൈത്യ മണ്ഡലം എന്നിവയെല്ലാം ഭൗമവ്യവസ്ഥയിലെ ഘടകങ്ങളാണ്. ഭൂമിയുടെ ജൈവ മണ്ഡലം ഭൂമിയിലെ ജീവമേഖല എന്നറിയപ്പെടുന്നു. വ്യത്യസ്ത ഭൗമ മണ്ഡലങ്ങളി ലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെ തുടർച്ചയായുള്ള ചംക്രമണത്തെയാണ് ജല പരിവൃത്തി എന്ന് വിളിക്കുന്നത്.



പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- സൗരയൂഥത്തിലെ വിവിധ അംഗങ്ങളുടെ പൊതു സവിശേഷതകൾ ചർച്ച ചെയ്യുന്നു.
- പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഉൽഭവം മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- നെബുലാർ, പ്ലാനറ്റസിമൽ പരികല്പനകൾ പ്രകാരം ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവം വിവരിക്കുന്നു.
- ഭൂമിയുടെ ശരിയായ ആകൃതിയും വലിപ്പവും പ്രസ്താവിക്കുന്നു.
- ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിലെ ആപേക്ഷിക കാലയളവുകൾ തുലനം ചെയ്യുന്നു.
- ഭൂമിയുടെ ആന്തരഘടന ചിത്രീകരിക്കുന്നു.
- ഭൗമവ്യവസ്ഥയുടെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങളായ ശിലാമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം, വായുമണ്ഡലം, ജൈവമണ്ഡലം എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാന സവിശേഷതകൾ വിലയിരുത്തുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം.

1. ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം (astronomical unit) എന്തെന്ന് നിർവചിക്കുക? ഒരു ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം എത്ര കിലോമീറ്ററാണ്?
2. ഏതു വിധത്തിലാണ് ഭൂമിയുടെ വായു മണ്ഡലം ഒരു ഹരിതഗൃഹ (greenhouse) മായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്?
3. അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഏത് പാളിയിലാണ് ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് താപം വർധിക്കുന്നത്?
4. ഭൂമിയുടെ ആന്തരിക പാളികളുടെ സവിശേഷതകൾ എടുത്തെഴുതുക.
5. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിൽ എത്ര ആഴത്തിലാണ് മാന്റിൽ പാളി ആരംഭിക്കുന്നത്?
6. നെബുലാർ പരികൽപ്പന എന്നാൽ എന്ത്?
7. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലത്തിന്റെ ഏകകങ്ങൾ (units) ഏതെല്ലാമാണ്?
8. ശിലാമണ്ഡലം, ആസ്തനോസ്ഫിയർ എന്നീ പദങ്ങൾകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നതെന്താണ്?