യൂണിറ്റ്
II

ഭൂമി

ഈ യൂണിറ്റിൽ ചർച്ചചെയ്യുന്നത്:

- ഭൂമിയുടെ ഉൽപ്പത്തിയും പരിണാമവും; ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറ; വെഗ്നറുടെ വൻകരവിസ്ഥാപന സിദ്ധാന്തവും ഫലകചലനവും; ഭൂകമ്പങ്ങളും അഗ്നിപർവതങ്ങളും

V1P9H3

അധ്യായം

2

ഭൂമിയുടെ ഉൽപ്പത്തിയും പരിണാമവും

അനന്തമായ ആകാശത്തിലെ എണ്ണമറ്റ നക്ഷത്രങ്ങൾ നമുക്കെന്നും ഒരു വിസ്മയമാണ്. നക്ഷത്രങ്ങളുടെ എണ്ണം, അവയുടെ ഉൽപത്തി, ആകാശത്തിന്റെ അനന്തത തുടങ്ങിയവ സംബന്ധിച്ച് എത്രയെത്ര ചോദ്യങ്ങൾ നമ്മുടെയൊക്കെ മനസിൽ നാമ്പിട്ടിട്ടുള്ളതാണ്. പ്രപഞ്ചോൽപത്തി, നക്ഷത്രരൂപീകരണം, ഭൂമിയുടെ ഉൽപത്തിയും പരിണാമവും എന്നീ ആശയങ്ങൾ ക്രമാനുഗതമായി ഈ യൂണിറ്റിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.

ആദ്യകാല സിദ്ധാന്തങ്ങൾ

ഭൗമോൽപ്പത്തി

ഭൗമോൽപ്പത്തിയെ സംബന്ധിച്ച് നിരവധി സങ്കൽപ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ഉടലെടുത്തിട്ടുണ്ടെങ്കിലും ജർമ്മൻ തത്വചിന്തകനായ ഇമ്മാനുവേൽ കാന്റ് അവതരിപ്പിച്ച വാദഗതിയാണ് ഏറ്റവും ശ്രദ്ധേയം. 1796-ൽ ഫ്രഞ്ച് ഗണിതശാസ്ത്രജ്ഞനായ ലാപ്ലേസ് പുനരാവിഷ്കരിച്ച ഈ വാദഗതി 'നെബുലാർ സിദ്ധാന്തം' എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. സൂര്യന് ചുറ്റുമുണ്ടായിരുന്ന വാതകങ്ങളും പൊടിപടലങ്ങളുമടങ്ങിയ മേഘരൂപം സ്വന്തം ഭ്രമണവേഗത്താൽ വേറിട്ട് ഗ്രഹങ്ങളായി പരിണമിച്ചുവെന്ന് ഈ സങ്കൽപസിദ്ധാന്തം കണക്കാക്കുന്നു.

എ.ഡി. 1900-ൽ ഷാമ്പർലെയ്ൻ, മോൾട്ടൺ എന്നിവർ മറ്റൊരു വാദഗതിയുമായി മുന്നോട്ടുവന്നു. അതിൻ പ്രകാരം മറ്റൊരു നക്ഷത്രത്തിന്റെ ആകർഷണഫലമായി സൗരോപരിതലത്തിൽനിന്നും ചുരുട്ടിന്റെ ആകൃതിയിൽ വസ്തുക്കൾ പുറത്തേക്കു വ്യാപിക്കുകയും തുടർന്ന് അവ വേർപെട്ട് സൂര്യനെ വലം വയ്ക്കാനാരംഭിക്കുകയും ചെയ്തു. ഈ വസ്തുക്കൾ ഘനീഭവിച്ചതിലൂടെയാണ് ഗ്രഹങ്ങൾ രൂപപ്പെട്ടത്. പിൽക്കാലത്ത് സർ ജയിംസ് ജീൻസ്, സർ ഹരോൾഡ് ജഫ്രി എന്നീ ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഈ വാദഗതിയെ പിൻതാങ്ങി.

ഗ്രഹങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിൽ സൂര്യനൊപ്പം മറ്റൊരു നക്ഷത്രത്തെക്കൂടി അവതരിപ്പിക്കുന്ന വ്യത്യസ്ത വാദഗതികളടങ്ങിയ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ ബൈനറി സിദ്ധാന്തങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

എ.ഡി. 1950-ൽ റഷ്യൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ ഓട്ടോ ഷിമ്ഡ്റ്റ്, ജർമൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ കാൾ വിസാസ്കർ എന്നിവർ ചേർന്ന് നെബുലാർസിദ്ധാന്തത്തെ പുനരാവിഷ്കരിച്ചു. സൂര്യനെച്ചുറ്റി മുഖ്യമായും ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം, പൊടിപടലങ്ങൾ എന്നിവ ചേർന്ന മേഘരൂപം (Nebula) സ്ഥിതിചെയ്തിരുന്നു. ഇതിനുള്ളിലെ പദാർഥങ്ങൾക്കിടയിലുണ്ടായ ഘർഷണവും കൂട്ടിയിടിയും അവ അടഞ്ഞുകൂടി വികസിക്കാൻ (Accretion) കാരണമായി. ഇത്തരത്തിലാണ് നെബുലയ്ക്കുള്ളിൽ ഗ്രഹങ്ങൾ രൂപപ്പെട്ടത്.

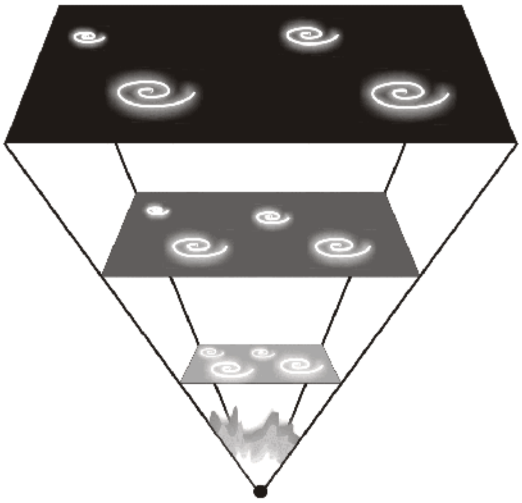
ആധുനിക സിദ്ധാന്തങ്ങൾ

പിൽക്കാലത്ത് ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഗ്രഹങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തെക്കാൾ പ്രാമുഖ്യം നൽകിയത് പ്രപഞ്ച ഉൽപത്തിയെ സംബന്ധിച്ച പഠനങ്ങൾക്കായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചോൽപ്പത്തിയെ സംബന്ധിച്ച് ഏറ്റവും പ്രസിദ്ധമായ സിദ്ധാന്തമാണ് 1920-ൽ എഡ്‌വിൻ ഹബിൾ അവതരിപ്പിച്ച മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തം (Big Bang Theory). ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന് 'പ്രപഞ്ചവികാസസിദ്ധാന്തം' എന്നും പേരുണ്ട്. പ്രപഞ്ചം സദാ വികസിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതായും കാലാന്തരത്തിൽ നക്ഷത്രസമൂഹങ്ങൾക്കിടയിലെ അകലം വർധിച്ചുവരുന്നതായും ഹബിൾ അവകാശപ്പെടുന്നു.

ബലൂൺ പരീക്ഷണം

പ്രപഞ്ചവികാസം എന്ന ആശയം ഒരു ലഘുപരീക്ഷണത്തിലൂടെ മനസ്സിലാക്കാനാകും. ഒരു ബലൂണിന് പുറത്ത് ഗാലക്സികളെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുംവിധം കുത്തുകൾ അടയാളപ്പെടുത്തുക. ഇനി ബലൂൺ വീർപ്പിക്കുക. ബലൂൺ വീർക്കുമ്പോൾ ഗാലക്സികളായി സങ്കൽപ്പിച്ച കുത്തുകൾക്കിടയിൽ അകലം ക്രമേണ കൂടിവരുന്നു. ഇത്തരത്തിലാണ് പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഗാലക്സികൾക്കിടയിലെ അകലം വർധിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ബലൂൺ പരീക്ഷണത്തിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയ കുത്തുകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം മാത്രമല്ല ഓരോ കുത്തുകളും സ്വയം വികസിച്ചുവരുന്നു. ഇത് വസ്തുതകൾക്കു നിരക്കുന്നതല്ല. കാരണം, ഗാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള അകലം വർധിക്കുന്നതല്ലാതെ ഗാലക്സികൾ വികസിക്കുന്നതിന് ശാസ്ത്രീയമായി തെളിവുകളില്ല.

മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തപ്രകാരം പ്രപഞ്ചവികസനം താഴെ പറയുന്ന ഘട്ടങ്ങളിലൂടെയാണ് സംഭവിച്ചിട്ടുള്ളത്:



ചിത്രം 2.1 : മഹാവിസ്ഫോടനം

(i) ആരംഭത്തിൽ പ്രപഞ്ചത്തിലെ സകല ദ്രവ്യങ്ങളും സങ്കൽപാതീതമായ ചെറു കണികയിൽ ഉൾക്കൊണ്ടിരുന്നു. അളവറ്റ അതിതീവ്രമായ താപവും സാന്ദ്രതയും ഈ കണികയ്ക്കുണ്ടായിരുന്നു.

(ii) ഏകദേശം 13.7 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഈ കണിക അതിഭീമമായ വിസ്ഫോടനത്തിലൂടെ വികസിച്ചു. ഈ വികാസം ഇന്നും തുടരുന്നതായി കണക്കാക്കുന്നു. വികസനഘട്ടത്തിൽ ഊർജം ദ്രവ്യമായി പരിണമിച്ചു. വിസ്ഫോടനത്തിന്റെ ആദ്യമാത്രയിൽ ത്വരിതമായി വികാസമുണ്ടായെങ്കിലും പിന്നീട് വികാസവേഗം കുറഞ്ഞുവന്നു. മഹാവിസ്ഫോടനത്തിന്റെ ആദ്യ മൂന്ന് മിനിട്ട് സമയംകൊണ്ട് ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഏറ്റവും ചെറിയ രൂപമായ ആദ്യ 'ആറ്റം' ഉടലെടുത്തു.

(iii) മഹാവിസ്ഫോടനശേഷം 300000 വർഷങ്ങൾ പിന്നിട്ടപ്പോൾ താപനില 4500 കെൽവിനിൽ താഴെയായി കുറഞ്ഞതിനാൽ കൂടുതൽ ദ്രവ്യരൂപീകരണം സംഭവിക്കുകയും പ്രപഞ്ചം സുതാര്യമാകുകയും ചെയ്തു.

നക്ഷത്രസമൂഹങ്ങൾ അഥവാ ഗാലക്സികൾക്കിടയിലെ അകലം വർധിക്കുന്നു എന്നതാണ് പ്രപഞ്ചവികസനം അർഥമാക്കുന്നത്. ഈ ആശയത്തിന് ബദലായി ഉയർന്നുവന്നിട്ടുള്ള സങ്കൽപങ്ങളിൽ ഹോയലിന്റെ സ്ഥിരസ്ഥിതി സിദ്ധാന്തമാണ് (Steady State Theory) ശ്രദ്ധേയം. എല്ലാ കാലഘട്ടത്തിലും പ്രപഞ്ചം ഏറെക്കുറെ ഇന്നത്തെ അവസ്ഥയിൽ തന്നെയായിരുന്നു എന്ന് ഈ സങ്കൽപ്പം കണക്കാക്കുന്നു. എന്നാൽ പ്രപഞ്ചവികസനത്തെ സംബന്ധിച്ച മഹത്തായ തെളിവുകൾ പിൽക്കാലത്ത് ലഭ്യമായതിനാൽ വികസിക്കുന്ന പ്രപഞ്ചം എന്ന ഹബിളിന്റെ വാദഗതിയെയാണ് ശാസ്ത്രലോകം അനുകൂലിക്കുന്നത്.

നക്ഷത്രരൂപീകരണം

പ്രപഞ്ചപരിണാമത്തിന്റെ ആദ്യഘട്ടങ്ങളിൽ ഊർജ്ജ-ദ്രവ്യവിതരണം തികച്ചും അസന്തുലിതമായിട്ടായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളിലെ സാന്ദ്രതാവ്യത്യാസം വ്യത്യസ്ത ഗുരുത്വാകർഷണബലങ്ങൾക്കും പ്രപഞ്ചപദാർഥങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരലുകൾക്കും വഴിവച്ചു. ഈ കൂടിച്ചേർക്കൽ ഗാലക്സികളുടെ രൂപീകരണത്തിന് അടിസ്ഥാനമായി. ഒരു ഗാലക്സി നിരവധി നക്ഷത്രങ്ങളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഓരോ ഗാലക്സിയ്ക്കും ആയിരക്കണക്കിന് പ്രകാശവർഷത്തോളം വ്യാപ്തിയുണ്ട്. പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഗാലക്സികളുടെ വ്യാസം 80000 മുതൽ 150000 പ്രകാശവർഷംവരെയാണെന്ന് കണക്കാക്കുന്നു.

ഹൈഡ്രജൻ വാതകം കേന്ദ്രീകരിച്ച് രൂപംകൊണ്ട അതിഭീമമായ മേഘരൂപങ്ങളായാണ് (നെബുല) ഗാലക്സികളുടെ തുടക്കം. ഈ മേഘരൂപങ്ങളുടെ തുടർവികസന ഘട്ടങ്ങളിൽ ചുറ്റുമുള്ള വാതക കണങ്ങൾ കൂടിച്ചേരുകയും അതിസാന്ദ്രമായ ഈ വാതകച്ചേർച്ചകൾ നക്ഷത്രങ്ങളായി പരിണമിക്കുകയും ചെയ്തു. നക്ഷത്രങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടത് ഏകദേശം 5 മുതൽ 6 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ് എന്ന് കണക്കാക്കുന്നു.

പ്രകാശവർഷം

ഒരു പ്രകാശവർഷം എന്നത് ദൂരത്തിന്റെ അളവുകോലാണ്, കാലത്തിന്റെയല്ല. സെക്കന്റിൽ 300000 കിലോമീറ്റർ എന്ന വേഗത്തിലാണ് പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ഇതിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഒരു വർഷകാലയളവിൽ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തെയാണ് ഒരു പ്രകാശവർഷമായി കണക്കാക്കുന്നത്. ഒരു പ്രകാശവർഷം എന്നത് 9.461×10^{12} കിലോമീറ്ററിന് തുല്യമാണ്. സൂര്യനിൽനിന്നും ഭൂമിയിലേക്കുള്ള ദൂരമായ 149,598,000 കിലോമീറ്റർ എന്നത് പ്രകാശവർഷത്തിൽ 8.311 മിനിട്ടാണ്.

ഗ്രഹങ്ങളുടെ രൂപീകരണം

ഗ്രഹങ്ങൾ വികസിച്ചുവന്നത് താഴെ പറയുന്ന ഘട്ടങ്ങളിലൂടെയാണ്:

(i) നെബുലക്കുള്ളിലെ വാതകക്കൂട്ടങ്ങളുടെ കേന്ദ്രീകരണങ്ങളാണ് നക്ഷത്രങ്ങൾ. ഈ വാതകക്കൂട്ടത്തിനുള്ളിലെ ഗുരുത്വാകർഷണബലം ഒരു അകക്കാമ്പിന്റെയും അതിനെ

വലംവയ്ക്കുന്ന വാതകങ്ങളും പൊടിപടലങ്ങളുമടങ്ങിയ ആവരണത്തിന്റെയും രൂപീകരണത്തിനും കാരണമായി.

(ii) അടുത്ത ഘട്ടത്തിൽ നക്ഷത്രങ്ങളെ ചുറ്റിനിന്ന മേഘരൂപങ്ങൾ ഘനീഭവിച്ച് ചെറുഗോളക വസ്തുക്കൾ രൂപംകൊണ്ടു. ഗ്രഹങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിന് അടിസ്ഥാനമായ ഈ ചെറുഗോളങ്ങളെ 'പ്ലാനറ്റെസിമലുകൾ' എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ ചെറുഗോളങ്ങൾക്കിടയിലെ കൂട്ടിയിടിമൂലവും ഗുരുത്വാകർഷണംമൂലവും ഇവയുടെ വലിപ്പം കൂടിവന്നു.

(iii) അടുത്തഘട്ടത്തിൽ നിരവധിയായ പ്ലാനറ്റെസിമലുകൾ പരസ്പരം കൂട്ടിച്ചേർന്ന് ഏതാനും ചില വലിയ ഗോളങ്ങളായി പരിണമിച്ചു. ഇതാണ് ഗ്രഹങ്ങൾ.

നമ്മുടെ സൗരയൂഥം

എട്ട് ഗ്രഹങ്ങളടങ്ങിയതാണ് നമ്മുടെ സൗരയൂഥം. സൗരയൂഥം രൂപപ്പെടുന്നതിന് അടിസ്ഥാനമായ സോളാർ നെബുല അതിന്റെ കാമ്പിൽനിന്നും വേർപെടാൻ തുടങ്ങിയത് ഏകദേശം 5 മുതൽ 5.6 ശതകോടി വർഷം മുമ്പാണ് എന്ന് കണക്കാക്കുന്നു. ഗ്രഹങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടത് 4.6 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ്. സൂര്യൻ, 8 ഗ്രഹങ്ങൾ, 63 ഉപഗ്രഹങ്ങൾ, ദശലക്ഷക്കണക്കിന് ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ (asteroids), ധൂമകേതുക്കൾ (comets), പൊടിപടലങ്ങൾ, വാതകങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് നമ്മുടെ സൗരയൂഥം.

സൗരയൂഥത്തിലെ 8 ഗ്രഹങ്ങളിൽ ബുധൻ, ശുക്രൻ, ഭൂമി, ചൊവ്വ എന്നിവ സൂര്യനും ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ കേന്ദ്രീകരിച്ചിട്ടുള്ള മേഖലയ്ക്കും ഇടയിലായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഈ ഗ്രഹങ്ങളെ അന്തർഗ്രഹങ്ങൾ (Inner planets) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. താരതമ്യേന ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയുള്ളതും ശിലകളും ലോഹങ്ങളുംകൊണ്ട് നിർമിതവുമായ അന്തർഗ്രഹങ്ങളെ ഭൂസമാനഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന അർഥത്തിൽ ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ (Terrestrial planets) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാം. വ്യാഴം, ശനി, യുറാനസ്, നെപ്റ്റ്യൂൺ എന്നീ മറ്റ് നാല് ഗ്രഹങ്ങളെ ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. വ്യാഴ-സമാനഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന അർഥത്തിൽ ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങളെ ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാം. ഭൗമഗ്രഹങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങൾ വളരെ വലുതും മുഖ്യമായും ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം എന്നീ വാതകങ്ങളടങ്ങിയ കനത്ത അന്തരീക്ഷ ആവരണമുള്ളവയുമാണ്. സമീപകാലത്തോളം (ആഗസ്റ്റ് 2006) പ്ലൂട്ടോയെ ഗ്രഹങ്ങളുടെ പട്ടികയിലുൾപ്പെടുത്തിയിരുന്നു. എന്നാൽ ഇന്റർനാഷണൽ ആസ്ട്രോണമിക്കൽ യൂണിയന്റെ തീരുമാനപ്രകാരം 'പ്ലൂട്ടോ' യെ കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങളുടെ (Dwarf planets) പട്ടികയിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുകയായിരുന്നു.

> അന്തർഗ്രഹങ്ങൾ ശിലാനിർമിതവും ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങൾ പൊതുവെ വാതക നിർമിതവുമാകാൻ കാരണമെന്ത്?

ഭൗമഗ്രഹങ്ങളെ ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങളിൽനിന്നും വ്യത്യസ്തമാക്കുന്ന വസ്തുതകളാണ് ചുവടെ:

(i) ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യനോടടുത്ത് രൂപം കൊണ്ടവയാണ്. ഉയർന്ന താപംമൂലം വാതകങ്ങൾ അവിടെ ഘനീഭവിച്ചുറയുന്നില്ല. ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങളാകട്ടെ സൂര്യനിൽനിന്നും ഏറെ അകന്നാണ് രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളത്.

(ii) സൂര്യനോടടുത്ത് സൗരവാതം തീക്ഷ്ണമായി അനുഭവപ്പെട്ടിരുന്നതിനാൽ ഭൗമഗ്രഹങ്ങളിൽനിന്നും വാതകങ്ങളും പൊടിപടലങ്ങളും തൂത്തെറിയപ്പെട്ടു. എന്നാൽ ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങളിൽ സൗരവാതം വാതകങ്ങൾ നീങ്ങിപ്പോകാൻ വേണ്ടത്ര അത്രയും തീക്ഷ്ണമായിരുന്നില്ല.

(iii) ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ പൊതുവെ ചെറിയ ഗ്രഹങ്ങളായതിനാൽ അവയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണം താരതമ്യേന കുറവാണ്. ഇത് വാതകങ്ങളെ പിടിച്ചുനിർത്താൻ പ്രാപ്തമായിരുന്നില്ല. ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങളാകട്ടെ വലിയ ഗ്രഹങ്ങളാകയാൽ വാതകങ്ങളെ പിടിച്ചുനിർത്താൻ പ്രാപ്തമായ ഗുരുത്വാകർഷണം അവയ്ക്കുണ്ടായിരുന്നു.

സൗരയൂഥം

	ബുധൻ	*ശുക്രൻ*	*ഭൂമി*	*ചൊവ്വ*	*വ്യാഴം*	*ശനി*	*യുറാനസ്*	*നെപ്റ്റ്യൂൺ*
ദൂരം*	0.387	0.723	1.000	1.524	5.203	9.539	19.182	30.058
സാന്ദ്രത@	5.44	5.245	5.517	3.945	1.33	0.70	1.17	1.66
ആരം#	0.383	0.949	1.000	0.533	11.19	9.460	4.11	3.88
ഉപഗ്രഹങ്ങൾ	0	0	1	2	16	ഏകദേശം 18	ഏകദേശം 17	8

* സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള ദൂരം ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകത്തിൽ, അതായത് ഭൂമിയുടെ ശരാശരി ദൂരം 149,598,000 കിലോമീറ്റർ – 1

@ സാന്ദ്രത (ഗ്രാം/ഘനസെന്റീമീറ്റർ)

\# ആരം: മധ്യരേഖയിലെ ആരം – 6378.137 കിലോമീറ്റർ – 1

ചന്ദ്രൻ

ഭൂമിയുടെ ഒരേയൊരു സ്വാഭാവിക ഉപഗ്രഹമാണ് ചന്ദ്രൻ. ഭൗമോൽപ്പത്തിയെക്കുറിച്ചെന്നപോലെ ചന്ദ്രന്റെ രൂപീകരണത്തെ സംബന്ധിച്ചും നിരവധി വാദഗതികൾ ഉയർന്നുവന്നിട്ടുണ്ട്. ആരംഭത്തിൽ ഭൂമിയും ചന്ദ്രനും അതിദ്രുതം ചുറ്റുന്ന ഒരൊറ്റ ഗോളമായിരുന്നു എന്ന് സർ ജോർജ് ഡാർവിൻ 1838-ൽ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. പിന്നീട് ഇത് ഡംബ്-ബെൽ ആകൃതിയിലേക്ക് പരിണമിക്കുകയും വേർപെടുകയും ചെയ്തു. ഭൂമിയിൽനിന്നും ചന്ദ്രൻ വേറിട്ട് മാറിയതിനാലാണ് പസഫിക് സമുദ്രം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഗർത്തം രൂപപ്പെട്ടതെന്നും അഭിപ്രായമുണ്ട്. എന്നാൽ ഈ വാദഗതികളെ സമകാലിക ശാസ്ത്രജ്ഞർ അംഗീകരിക്കുന്നില്ല.

ഭൂമിയുടെ ഉപഗ്രഹമെന്ന നിലയിൽ ചന്ദ്രന്റെ രൂപീകരണം 'ദി ബിഗ് സ്പ്ലാറ്റ്' എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഒരു 'ഭീമൻ കൂട്ടിയിടി' (Giant impact) യിലൂടെയായിരുന്നു എന്ന് ഇന്ന് പരക്കെ വിശ്വസിക്കപ്പെടുന്നു. ഭൂമി രൂപംകൊണ്ട് അധികകാലം പിന്നിടും മുമ്പ് ചൊവ്വാഗ്രഹത്തിന്റെ മൂന്ന് മടങ്ങോളം വലിപ്പമുള്ള ഒരു ഭീമൻ വസ്തു ഭൂമിയുമായി കൂട്ടിയിടിച്ചു. ഈ കൂട്ടിയിടിയുടെ ഫലമായി ഭൂമിയിൽനിന്നും ഒരു വലിയ ഭാഗം അടർന്ന് മാറി ശൂന്യാകാശത്തെത്തുകയും പ്രത്യേക ഭ്രമണപഥത്തിൽ ഭൂമിയെ വലംവയ്ക്കാൻ ആരംഭിക്കുകയും ചെയ്തു. ഏകദേശം 4.44 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഇത്തരത്തിൽ ചന്ദ്രൻ പരിണമിച്ചു എന്നാണ് വിശ്വാസം.

ഭൗമപരിണാമം

മുഖ്യമായും ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം എന്നീ വാതകങ്ങൾ ഉൾപ്പെട്ട നേർത്ത അന്തരീക്ഷം മാത്രമുള്ള ഉയർന്ന താപനിലയിലുള്ള പരുക്കൻ പാറകളാൽ നിർമിതമായ ഒരു തരിശായ ഗോളമായിരുന്നു ഭൂമി. ഈ അവസ്ഥയിൽനിന്ന് സുന്ദരവും ജലസമൃദ്ധവും ജീവവായു സമ്പന്നവുമായ ഒരു ജീവഗ്രഹമായി ഭൂമി പരിണമിച്ചത് സംഭവബഹുലമായ ചില പ്രക്രിയകളിലൂടെയായിരിക്കാം. ഭൗമോൽപ്പത്തി മുതൽ ഇന്നോളം നടന്ന വിവിധ പ്രക്രിയകൾ ജൈവപരിണാമത്തിലേക്ക് നയിച്ചതെങ്ങനെയെന്ന് നോക്കാം.

ഭൂമിക്ക് പാളികളായുള്ള ഘടനയാണുള്ളത്. ഭൗമാന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ബാഹ്യപ്രതലം മുതൽ ഭൂകേന്ദ്രംവരെ പദാർഥങ്ങളുടെ വിതരണം ഏകീകൃത രീതിയിലല്ല. അന്തരീക്ഷവസ്തുക്കൾക്കാണ് സാന്ദ്രത ഏറ്റവും കുറവ്. ഭൗമോപരിതലം മുതൽ ഭൂകേന്ദ്രംവരെ വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവമുള്ള വ്യത്യസ്ത പാളികളായി നിലകൊള്ളുന്നു.

എങ്ങനെയായിരിക്കും ഭൂമിക്ക് പാളികളായുള്ള ഘടനയുണ്ടായത്?

ശിലാമണ്ഡലത്തിന്റെ പരിണാമം

പ്രാരംഭഘട്ടത്തിൽ ഭൂമി അർധദ്രവാവസ്ഥയിലായിരുന്നു. സാന്ദ്രതയിൽ ക്രമേണയുണ്ടാകുന്ന വർധനമൂലം ഉള്ളിലേക്ക് പോകുന്തോറും താപനിലയും വർദ്ധിച്ചുവരുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയിൽ വസ്തുക്കൾ സാന്ദ്രതയ്ക്കനുസരിച്ച് വേറിട്ട് ക്രമീകരിക്കാൻ ഇത് കാരണമായി. ഭാരിച്ച വസ്തുക്കൾ (ഇരുമ്പുപോലെയുള്ളവ) ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിലേക്ക് താഴ്ന്നിറങ്ങിയതിനാൽ ഭൂകേന്ദ്രത്തിൽനിന്ന് പുറത്തേക്ക് വസ്തുക്കളുടെ സാന്ദ്രത ക്രമേണ കുറഞ്ഞുവരുംവിധം പുനക്രമീകരണമുണ്ടായി. കാലാന്തരത്തിൽ ഭൂമി കൂടുതൽ തണുത്തതിലൂടെ ഭൂമിയുടെ പുറംപാളിയായ ഭൂവൽക്കം രൂപപ്പെട്ടു. ചന്ദ്രന്റെ രൂപീകരണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട 'ഭീമൻ കൂട്ടിയിടി'യുടെ ഫലമായി ഭൂമി വീണ്ടും വൻതോതിൽ ചൂടുപിടിച്ചു. വേർതിരിക്കൽ (differentiation) പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് ഭൗമവസ്തുക്കൾ പ്രത്യേക പാളികളായി ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടത്. ഭൂവൽക്കം, മാന്റിൽ, പുറക്കാമ്പ്, അകക്കാമ്പ് എന്നിങ്ങനെ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽനിന്ന് ഉള്ളിലേക്ക് വ്യത്യസ്ത പാളികൾ നിലകൊള്ളുന്നു. ഭൂവൽക്കത്തിൽനിന്നും കാമ്പിലേക്ക് സാന്ദ്രത വർധിച്ചുവരുന്നു. ഭൗമപാളികളെ സംബന്ധിച്ച കൂടുതൽ വസ്തുതകൾ അടുത്ത അധ്യായത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്.

അന്തരീക്ഷപരിണാമവും ജലമണ്ഡലത്തിന്റെ രൂപപ്പെടലും

മുഖ്യമായും നൈട്രജനും ഓക്സിജനും അടങ്ങിയ അന്തരീക്ഷമാണ് ഭൂമിക്കുള്ളത്.

ഇന്നത്തെ വിധത്തിൽ ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷം രൂപപ്പെട്ടത് മൂന്ന് പ്രധാന ഘട്ടങ്ങളിലൂടെയാണ്. ആദ്യഘട്ടത്തിൽ തുടക്കത്തിലുണ്ടായിരുന്ന അന്തരീക്ഷം ക്ഷയിച്ച് ഇല്ലാതായി. മുഖ്യമായും ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം എന്നിവയടങ്ങിയ പ്രാരംഭ അന്തരീക്ഷം സൗരവാതത്താൽ തൂത്തെറിയപ്പെട്ടു. ഭൂമിയിൽ മാത്രമല്ല മറ്റെല്ലാ ഭൗമഗ്രഹങ്ങളിലും സൗരവാതസ്വാധീനം പ്രാരംഭ അന്തരീക്ഷം ഇല്ലാതാകുന്നതിന് കാരണമായി.

ഭൂമി തണുക്കുന്ന ഘട്ടങ്ങളിൽ ഉള്ളറയിൽനിന്നും വാതകങ്ങളും നീരാവിയും മോചിപ്പിക്കപ്പെട്ടു. ഇത് അന്തരീക്ഷ പരിണാമത്തിന് തുടക്കമിട്ടു. നീരാവി, നൈട്രജൻ, കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ്, മീഥെയ്ൻ, അമോണിയ എന്നിവയും നേരിയ അളവിൽ ഓക്സിജനും ഉൾപ്പെട്ട അന്തരീക്ഷം രൂപപ്പെട്ടു. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളറയിൽനിന്നും വാതകങ്ങൾ മോചിപ്പിക്കപ്പെട്ട പ്രക്രിയയെ വാതകമോ

ഭൂവിജ്ഞാനീയ കാലഗണന പട്ടിക (Geological Time Scale)

Eon (മഹാകല്പം)	Era (കല്പം)	Period (മഹായുഗം)	Epoch (യുഗം)	ഇന്നേക്ക് എത്ര വർഷങ്ങൾ മുമ്പ്	ജീവപരിണാമം/ പ്രധാന സംഭവങ്ങൾ
	സിനോ സോയിക് (65 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾ മുതൽ ഇന്നു വരെ)	ക്വാട്ടർനറി	ഹോളോസീൻ പ്ലിസ്റ്റോസീൻ	0-10000 10000-2 ദശലക്ഷം	ആധുനിക മനുഷ്യൻ ഹോമോസാപിയൻ
		ടെർഷ്യറി	പ്ലയോസീൻ മയോസീൻ ഒലിഗോസീൻ ഇയോസീൻ പാലിയോസീൻ	2-5 ദശലക്ഷം 5-24 ദശലക്ഷം 24-37 ദശലക്ഷം 37-58 ദശലക്ഷം 57-65 ദശലക്ഷം	ആദ്യമനുഷ്യ പൂർവികർ ആൾക്കുരങ്ങ്, പുഷ്പിക്കുന്ന സസ്യങ്ങൾ, വൃക്ഷങ്ങൾ ആൾക്കുരങ്ങ് മുയലുകൾ ചെറുസസ്തനികൾ: എലി, ചുണ്ടെലി
	മിസോ സോയിക് (65-245 ദശലക്ഷം)	ക്രിട്ടേഷ്യസ് ജുറാസിക് ട്രയാസിക്		65-144 ദശലക്ഷം 144-208 ദശലക്ഷം 208-245 ദശലക്ഷം	ദിനോസറുകളുടെ വംശനാശം ദിനോസറുകളുടെ കാലം തവള, ആമ
	പാലിയോസോയിക് (65-245 ദശലക്ഷം)	പെർമിയൻ കാർബോണിഫറസ് ഡെവോണിയൻ സില്യൂറിയൻ ഒർഡോവിഷ്യൻ കാമ്പ്രിയൻ		245-286 ദശലക്ഷം 286-360 ദശലക്ഷം 360-408 ദശലക്ഷം 408-438 ദശലക്ഷം 438-505 ദശലക്ഷം 505-570 ദശലക്ഷം	ഉരഗങ്ങളുടെ ആധിപത്യം - ഉഭയ ജീവികൾ നീക്കപ്പെട്ടു ആദ്യ ഉരഗങ്ങൾ: നട്ടെല്ലുള്ള ജീവികൾ, കൽക്കരിനിക്ഷേപങ്ങൾ ഉഭയജീവികൾ കരയിൽ ജീവന്റെ സൂചനകൾ: സസ്യങ്ങൾ ആദ്യ മത്സ്യം കരയിൽ ജീവികളില്ല: നട്ടെല്ലില്ലാത്ത സമുദ്രജീവികൾ
പ്രോട്ടെറോസോയിക് ആർകിയൻ ഹേഡിയൻ	പ്രി-കാമ്പ്രിയൻ 570-4800 ദശലക്ഷം			570-2500 ദശലക്ഷം 2500-3800 ദശലക്ഷം 3800-4800 ദശലക്ഷം	മൃദുശരീരമുള്ള ആർത്രോപോഡുകൾ ബ്ലൂ-ഗ്രീൻ ആൽഗകൾ ഏകകോശ ബാക്ടീരിയ വൻകരകളും സമുദ്രങ്ങളും രൂപംകൊണ്ടു. സമുദ്രവും അന്തരീക്ഷവും കാർബൺ-ഡയോക്സൈഡ് സമ്പന്നമായി
നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ഉത്ഭവം സൂപ്പർനോവ മഹാ വിസ്ഫോടനം	5000-13700 ദശലക്ഷം			5,000 ദശലക്ഷം 12,000 ദശലക്ഷം 13,700 ദശലക്ഷം	സൂര്യന്റെ ഉൽപ്പത്തി പ്രപഞ്ചോൽപ്പത്തി

ചനം (degassing) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. തുടർച്ചയായി ഉണ്ടായ അഗ്നിപർവത സ്ഫോടനങ്ങൾവഴി കൂടുതൽ നീരാവിയും വാതകങ്ങളും അന്തരീക്ഷത്തിലെത്തിച്ചേർന്നു. ഭൂമി തണുത്തപ്പോൾ ഈ നീരാവി ഘനീഭവിച്ചു മഴയായി പെയ്തിറങ്ങി. അന്തരീക്ഷ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് മഴവെള്ളത്തിൽ ലയിച്ചുചേർന്നത് വഴി അന്തരീക്ഷം കൂടുതൽ തണുത്തു. ഇതാകട്ടെ കൂടുതൽ ഘനീകരണത്തിനും മഴയ്ക്കും വഴിവച്ചു. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ വീണ മഴവെള്ളം ഭൗമഗർത്തങ്ങളിൽ സംഭരിക്കപ്പെട്ട് സമുദ്രങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടു. ഭൗമോൽപ്പത്തിക്ക് ശേഷം 500 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽതന്നെ സമുദ്രങ്ങൾ രൂപപ്പെട്ടതായി കണക്കാക്കുന്നു. അതായത്, സമുദ്രങ്ങളുടെ പ്രായം ഏകദേശം 4000 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങളായി അനുമാനിക്കാം.

ജീവോൽപത്തി സംഭവിച്ചത് ഏകദേശം 3800 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണ പ്രക്രിയ ആരംഭിച്ചത് ഏകദേശം 2500-3000 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പാണ്. ദീർഘകാലം ജീവൻ സമുദ്രത്തിൽ മാത്രമായി ഒതുങ്ങിനിന്നു.

പ്രകാശസംശ്ലേഷണപ്രക്രിയ സമുദ്രങ്ങളിലേക്ക് വൻതോതിൽ ഓക്സിജൻ പ്രദാനം ചെയ്തു.

ഇതുമൂലം, സമുദ്രങ്ങൾ ഓക്സിജനാൽ പൂരിതമാക്കപ്പെട്ടു. ഏകദേശം 2000 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് അന്തരീക്ഷത്തിലും ഓക്സിജൻ വ്യാപിച്ചു തുടങ്ങി.

ജീവോൽപ്പത്തി

ജീവോൽപ്പത്തിയും ജീവപരിണാമവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണ് ഭൗമപരിണാമത്തിന്റെ അവസാനഘട്ടം. പ്രാരംഭഘട്ടത്തിൽ ഭൗമാന്തരീക്ഷ സാഹചര്യങ്ങൾ ജീവന്റെ ഉത്ഭവത്തിന് ഒട്ടും അനുയോജ്യമായിരുന്നില്ല. സങ്കീർണമായ ജൈവതന്മാത്രകളുടെ രൂപപ്പെടലിനും അവയുടെ കൂടിച്ചേരലിനും കാരണമായ ചില രാസപ്രക്രിയകളാണ് ജീവോൽപ്പത്തിക്ക് നിദാനമായതെന്ന് ആധുനിക ശാസ്ത്രജ്ഞർ കണക്കാക്കുന്നു. ജൈവതന്മാത്രകളുടെ ഈ കൂടിച്ചേരൽവഴി അവ സ്വയം ഇരട്ടിച്ച് അജൈവപദാർഥങ്ങളെയും ജൈവവസ്തുക്കളായി മാറ്റാൻ ഇടയാക്കി. വിവിധ കാലഘട്ടങ്ങളിൽ ഭൂമുഖത്ത് ഉണ്ടായിരുന്ന ജീവജാലങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച രേഖകൾ ഫോസിലുകളായി ശിലാപാളികളിൽനിന്നും ലഭിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇന്നത്തെ 'ബ്ലൂആൽഗേ' യോട് ഏറെ സമാനതയുള്ള സൂക്ഷ്മഘടനകൾ ഏകദേശം 3000 ദശലക്ഷം വർഷത്തോളം പഴക്കമുള്ള ശിലാപാളികളിൽനിന്നും കണ്ടെത്താനായിട്ടുണ്ട്. ജീവപരിണാമത്തിന് തുടക്കമിട്ടത് ഏതാണ്ട് 3800 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണെന്ന് നമുക്ക് അനുമാനിക്കാം.

ഏകകോശ ബാക്ടീരിയയിൽ തുടങ്ങി ആധുനിക മനുഷ്യനിലേക്ക് നീളുന്ന ജീവപരിണാമത്തിന്റെ സംക്ഷിപ്തവിവരം ഭൂവിജ്ഞാനീയ കാലഗണനപ്പട്ടികയിൽ (ജിയോളജിക് ടൈം സ്കെയിലിൽ) ഉൾപ്പെടുത്തി നൽകിയിട്ടുള്ളത് പരിശോധിക്കുക.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയായ ഉത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.

(i) ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ളവയിൽ ഭൂമിയുടെ പ്രായത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതേത്?

(a) 4.6 ദശലക്ഷം വർഷം
(b) 13.7 ശതകോടി വർഷം
(c) 4.6 ശതകോടി വർഷം
(d) 13.7 ട്രില്യൻ വർഷം

(ii) ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ളവയിൽ ഏറ്റവും കാലദൈർഘ്യം ഏതിനാണ്?

(a) കല്പം (Eons)
(b) കാലം (Period)
(c) യുഗം (Era)
(d) കാലഘട്ടം (Epoch)

(iii) ഭൗമാന്തരീക്ഷ പരിണാമപ്രക്രിയയിൽ ഉൾപ്പെടാത്തതേത്?

(a) സൗരവാതം (Solar winds)
(b) വേർതിരിക്കൽ (Differentiation)
(c) വാതകമോചനം (Degassing)
(d) പ്രകാശസംശ്ലേഷണം (Photosynthesis)

(iv) ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ളവയിൽ അന്തർഗ്രഹങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതേത്?

(a) സൂര്യനും ഭൂമിയ്ക്കുമിടയിലെ ഗ്രഹങ്ങൾ
(b) സൂര്യനും ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ കേന്ദ്രീകരിച്ചു കാണുന്ന മേഖലയ്ക്കുമിടയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഗ്രഹങ്ങൾ
(c) വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള ഗ്രഹങ്ങൾ
(d) ഉപഗ്രഹങ്ങളില്ലാത്ത ഗ്രഹങ്ങൾ

(v) ഇന്നേക്ക് ഏകദേശം എത്രവർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ് ജീവോൽപ്പത്തിയുണ്ടായത്?

(a) 13.7 ശതകോടി
(b) 3.8 ദശലക്ഷം
(c) 4.6 ശതകോടി
(d) 3.8 ശതകോടി

2. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ ശിലാനിർമിതമാവാൻ കാരണമെന്ത്?
   (ii) ഭൗമോപരിതലത്തെ സംബന്ധിച്ച് ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ വാദഗതികൾക്ക് എന്ത് അടിസ്ഥാന വ്യത്യാസമാണുള്ളത്?
      (a) കാന്റും ലാപ്ലേസും
      (b) ഷാമ്പർലയ്നും മോൾട്ടനും
   (iii) വേർതിരിക്കൽപ്രക്രിയ (Differentiation) എന്നതുകൊണ്ട് എന്താണ് അർഥമാക്കുന്നത്?
   (iv) ആരംഭഘട്ടത്തിൽ ഭൂപ്രതലത്തിന്റെ സ്വഭാവം ഏത് വിധമായിരുന്നു?
   (v) ഭൂമിയുടെ പ്രാരംഭ അന്തരീക്ഷത്തിലുൾപ്പെട്ടിരുന്ന വാതകങ്ങൾ ഏതെല്ലാമായിരുന്നു?
3. ചുവടെ നൽകിയിട്ടുള്ള ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കിൽ കവിയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തത്തെക്കുറിച്ച് (Big Bang Theory) ഒരു വിശദീകരണകുറിപ്പ് തയാറാക്കുക.
   (ii) ഭൗമപരിണാമത്തിന്റെ വിവിധഘട്ടങ്ങൾ ഏതെല്ലാം? ഓരോ ഘട്ടത്തെപ്പറ്റിയും വിശദീകരിക്കുക.

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

സ്റ്റാർഡസ്റ്റ് (Stardust) പദ്ധതിയെ സംബന്ധിച്ച് ചുവടെ പറയുന്ന വിവരങ്ങൾ ശേഖരിക്കുക:
(website: *www.sci.edu/public.html* and *www.nasm.edu*)

   (i) ഈ പദ്ധതി ആവിഷ്കരിച്ച ഏജൻസി ഏത്?
   (ii) നക്ഷത്രധൂളികൾ ശേഖരിക്കുന്നതിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞർ പ്രത്യേക താൽപര്യമെടുക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
   (iii) നക്ഷത്രധൂളികൾ എവിടെ നിന്നാണ് ശേഖരിക്കുന്നത്?