



Dnyanplus Academy

पृथ्वीची उत्पत्ती

MPSC Group B व C / तलाठी / राज्यसेवा / UPSC — परीक्षाभिमुख संपूर्ण अध्याय

अनुक्रमणिका

1. विश्वाची उत्पत्ती
2. सौरमालेची निर्मिती
3. पृथ्वीच्या उत्पत्तीचे प्रमुख सिद्धांत
4. पृथ्वीची निर्मिती
5. पृथ्वीच्या वातावरणाची निर्मिती
6. महासागरांची निर्मिती
7. जीवनाची उत्पत्ती
8. पृथ्वीच्या उत्पत्तीची कालरेखा
9. One-Liner — अत्यंत महत्त्वाचे मुद्दे (112)
10. परीक्षेसाठी विशेष भाग
11. One-Day Revision व सारांश

१. विश्वाची उत्पत्ती

विश्वाची संकल्पना: विश्व म्हणजे अवकाश, काळ, पदार्थ, ऊर्जा आणि त्यातील सर्व आकाशगंगा, तारे, ग्रह यांचा समावेश असलेली संपूर्ण रचना.

विश्वाची निर्मिती — बिग बॅंग सिद्धांतः

- बिग बॅंग सिद्धांतानुसार विश्वाची निर्मिती सुमारे १३.८ अब्ज वर्षांपूर्वी एका अतिघन, अतिउष्ण बिंदूपासून (Singularity) झाली.
- या बिंदूचा विस्फोटक विस्तार होऊन अवकाश, काळ, पदार्थ व ऊर्जा यांची निर्मिती झाली.
- सिद्धांताचे प्रवर्तक: जॉर्ज लमेत्र (१९२७); प्रायोगिक पुरावा: एडविन हबल (१९२९) यांचा आकाशगंगांच्या रेडशिफ्टचा अभ्यास.

बिग बॅंग सिद्धांताचे प्रमुख मुद्दे

- विश्व सतत प्रसरण पावत आहे (हबलचा नियम).
- वैश्विक पार्श्वभूमी सूक्ष्मतरंग किरणोत्सर्ग (CMB) हा बिग बॅंगचा अवशिष्ट पुरावा आहे.
- बिग बॅंगनंतर सुमारे ३.८ लाख वर्षांनी प्रथम अणू (हायड्रोजन, हेलियम) तयार झाले.
- गुरुत्वाकर्षणाच्या प्रभावाने वायू-धुळीचे ढग एकत्र येऊन तारे व आकाशगंगा निर्माण झाल्या.

आकाशगंगा, तारे, ग्रह यांची निर्मिती

- वायू व धुळीच्या ढगांचे (नेब्युला) गुरुत्वाकर्षणामुळे आकुंचन होऊन ताऱ्यांची निर्मिती होते.
- ताऱ्यांभोवती फिरणाऱ्या पदार्थांच्या चकतीतून ग्रहांची निर्मिती होते.
- मिल्की वे (दुग्धमेखला) ही आपली सर्पिलाकार आकाशगंगा असून त्यात अंदाजे १०० ते ४०० अब्ज तारे आहेत.
- सौरमाला मिल्की वेच्या केंद्रापासून सुमारे २६,००० प्रकाशवर्षे अंतरावर, 'ओरायन आर्म' या भागात स्थित आहे.

आकृती १: बिग बॅंगपासून सौरमालेपर्यंतचा क्रम

बिग बॅंग



अवकाश-कालाचा विस्तार, मूलकणांची निर्मिती



अणूंची निर्मिती (हायड्रोजन, हेलियम)



वायू-धुळीच्या ढगांचे आकुंचन → ताऱ्यांची व आकाशगंगांची निर्मिती



मिल्की वे आकाशगंगेतील सौरमालेची निर्मिती

२. सौरमालेची निर्मिती

सौरमाला म्हणजे काय? सूर्य आणि त्याच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे त्याभोवती फिरणारे ८ ग्रह, त्यांचे उपग्रह, लघुग्रह, धूमकेतू व उल्का यांची संपूर्ण प्रणाली म्हणजे सौरमाला.

- सौरमालेची निर्मिती सुमारे ४.६ अब्ज वर्षांपूर्वी वायू-धुळीच्या ढगाच्या (सौरनीहारिका) आकुंचनातून झाली.
- सूर्याची निर्मिती: नीहारिकेच्या केंद्रस्थानी पदार्थ एकवटून तापमान व दाब इतका वाढला की आण्विक संमीलन (Nuclear Fusion) सुरू झाले — यातून सूर्याची निर्मिती झाली.
- ग्रहांची निर्मिती: सूर्याभोवती फिरणाऱ्या चकतीतील धूलिकणांच्या एकत्रीकरणातून ग्रहांची निर्मिती झाली.

ग्रह, उपग्रह, लघुग्रह, धूमकेतू व उल्का

- ग्रह — सूर्याभोवती फिरणारे मोठे खगोलीय पिंड (उदा. पृथ्वी, गुरू).
- उपग्रह — ग्रहाभोवती फिरणारे पिंड (उदा. चंद्र).
- लघुग्रह — मंगळ व गुरू दरम्यानच्या पट्ट्यातील लहान खडकाळ पिंड.
- धूमकेतू — बर्फ, धूळ व खडक यांचे मिश्रण असलेले पिंड, लंबवर्तुळाकार कक्षेत फिरणारे.
- उल्का — अवकाशातील लहान पदार्थ जे पृथ्वीच्या वातावरणात जळून जातात.

अंतर्गत व बाह्य ग्रह

- अंतर्गत (खडकाळ/Terrestrial) ग्रह: बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ — घन पृष्ठभाग, उच्च घनता.
- बाह्य (वायुरूप महाकाय/Gas Giant) ग्रह: गुरू, शनी, अरुण, वरुण — प्रामुख्याने वायू व द्रव, कमी घनता.
- ग्रहांच्या निर्मितीचा क्रम सूर्यापासूनच्या अंतरानुसार व तापमानानुसार ठरला — सूर्याजवळ खडकाळ ग्रह, दूर वायुरूप ग्रह तयार झाले.

आकृती २: सौरमालेतील ग्रहांचा क्रम

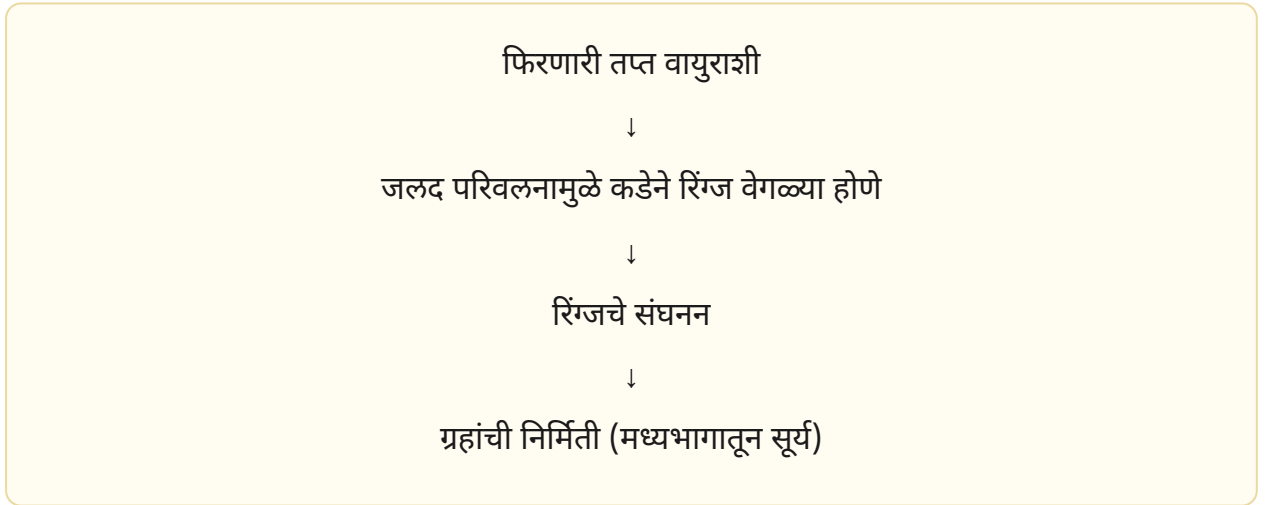
सूर्य → बुध → शुक्र → पृथ्वी → मंगळ → (लघुग्रह पट्टा) → गुरू → शनी → अरुण → वरुण

३. पृथ्वीच्या उत्पत्तीचे प्रमुख सिद्धांत

(अ) वायुराशी सिद्धांत — नेब्युलर हायपोथिसिस

- शास्त्रज्ञ: इमॅन्युएल कान्ट (१७५५); पिएर सिमॉन लाप्लास (१७९६, सुधारित स्वरूप).
- मूलभूत कल्पना: सूर्यमालेची निर्मिती एका प्रचंड, तप्त, फिरत्या वायुराशीपासून (Nebula) झाली.
- पृथ्वी व ग्रहांची निर्मिती: वायुराशी आकुंचन पावताना वेगाने फिरू लागली व तिच्या कडेने रिंग्ज (कडी) अलग झाल्या; या रिंग्जपासून ग्रह तर मध्यवर्ती भागातून सूर्य तयार झाला.
- महत्त्वाचे टप्पे: तप्त वायुराशी → वेगवान परिवलन → रिंग्जची निर्मिती → रिंग्जचे संघनन → ग्रहनिर्मिती.
- मर्यादा: सूर्याकडे वस्तुमान अधिक असूनही कोनीय संवेग कमी आहे, तर ग्रहांकडे वस्तुमान कमी असूनही कोनीय संवेग अधिक आहे — याचे स्पष्टीकरण हा सिद्धांत देऊ शकत नाही.

आकृती ३: नेब्युलर सिद्धांत



(ब) ग्रहाणू सिद्धांत

- प्रमुख शास्त्रज्ञ: टी. सी. चेंबरलिन व एफ. आर. मॉल्टन (१९०५).
- ग्रहाणूची निर्मिती: एक तारा सूर्याजवळून गेला असता त्याच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे सूर्यातून पदार्थाचे प्रवाह बाहेर फेकले गेले; हे पदार्थ थंड होऊन लहान घन कणांत (ग्रहाणू) रूपांतरित झाले.

- ग्रहांची निर्मिती प्रक्रिया: असंख्य ग्रहाणूंच्या परस्पर आकर्षणातून व टक्करींतून हळूहळू मोठे पिंड (ग्रह) तयार झाले.
- मर्यादा: इतक्या मोठ्या प्रमाणात पदार्थ सूर्यातून बाहेर पडणे व वायुरूप पदार्थाचे थेट घन कणांत रूपांतर होणे भौतिकदृष्ट्या असमर्थनीय आहे.

(क) ज्वारीय सिद्धांत

- प्रमुख शास्त्रज्ञ: सर जेम्स जीन्स व हॅरोल्ड जेफ्रीज (१९१७).
- सूर्याजवळून ताऱ्याच्या जाण्याची कल्पना: एक मोठा तारा सूर्याच्या अत्यंत जवळून गेला, ज्यामुळे सूर्यावर प्रचंड ज्वारीय बल (Tidal Force) निर्माण झाले.
- पदार्थ बाहेर पडणे: या ज्वारीय बलामुळे सूर्याच्या पृष्ठभागावरून सिंगारसारख्या आकाराचा पदार्थाचा प्रवाह बाहेर खेचला गेला.
- ग्रहांची निर्मिती: हा पदार्थप्रवाह थंड होऊन खंडित झाला व त्यापासून ग्रह तयार झाले — मध्यभागातील जाड भागातून मोठे ग्रह (गुरू, शनी) व टोकांकडील निमुळत्या भागातून लहान ग्रह तयार झाले.
- मर्यादा: विश्वात ताऱ्यांमधील अंतर प्रचंड असल्याने दोन ताऱ्यांची इतकी जवळून भेट होण्याची शक्यता अत्यंत कमी आहे.

(ड) द्वैती तारा सिद्धांत

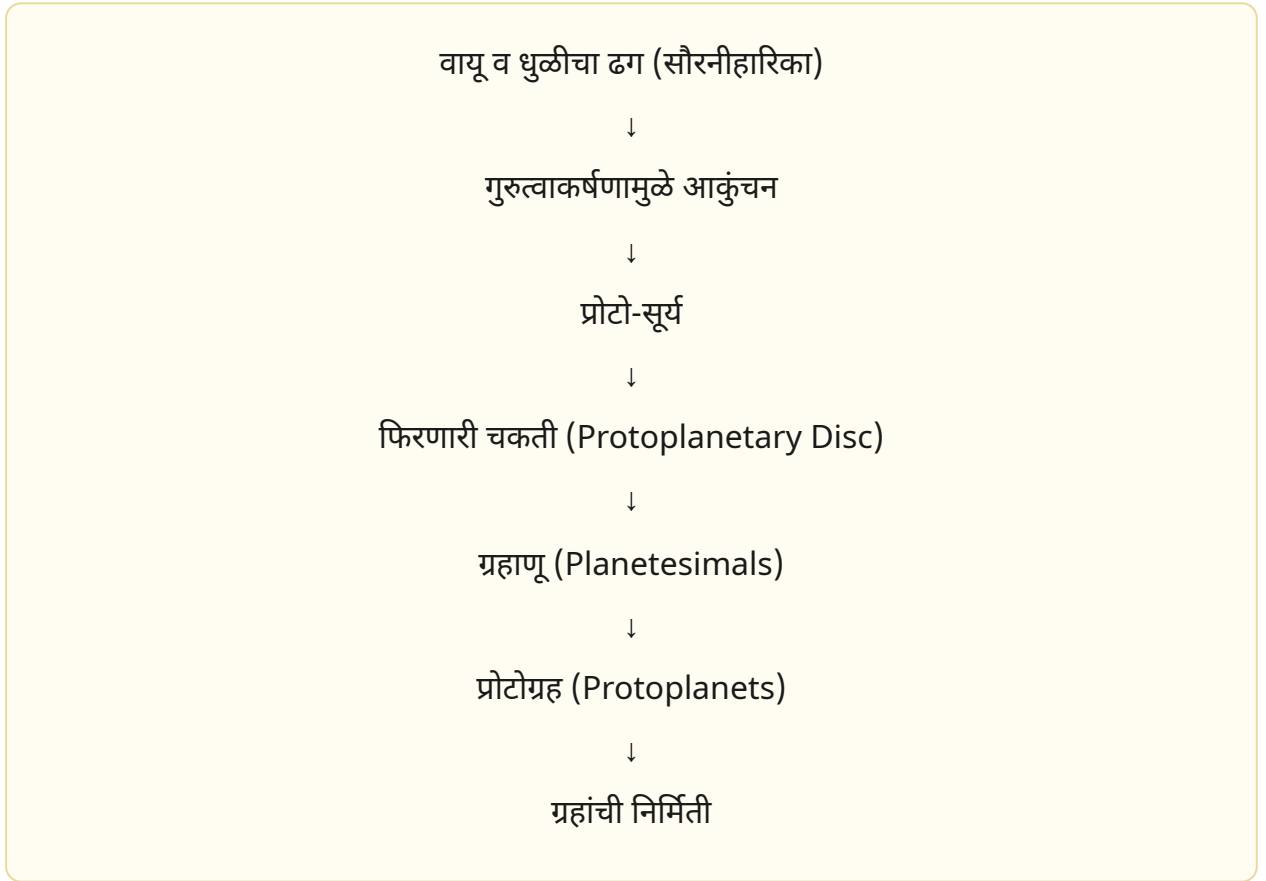
- प्रमुख शास्त्रज्ञ: हेन्री नॉरिस रसेल व रे लिटिलटन (१९३५).
- दोन तारकांची संकल्पना: सूर्याला मूळतः एक साथीदार तारा (Companion Star) होता, अशा द्वैती तारा प्रणालीची कल्पना यात मांडली आहे.
- ग्रहांची निर्मिती: साथीदार ताऱ्याचा स्फोट झाला किंवा तिसऱ्या ताऱ्याने त्याला दूर खेचले, आणि उरलेल्या पदार्थापासून ग्रहांची निर्मिती झाली.
- मर्यादा: सूर्याला साथीदार तारा होता याचा कोणताही ठोस निरीक्षणात्मक पुरावा उपलब्ध नाही.

(ई) आधुनिक सौरनीहारिका सिद्धांत

- आधुनिक दृष्टिकोन: हा सिद्धांत कार्ल वाइटझेकर, जेरीड कायपर व इतर शास्त्रज्ञांनी सुमारे १९४० च्या दशकात मांडला असून सध्या सर्वमान्य आहे.
- वायू व धुळीचे ढग: सूर्यमालेची निर्मिती एका प्रचंड आंतरतारकीय वायू-धुळीच्या ढगापासून (सौरनीहारिका) झाली.

- गुरुत्वाकर्षणामुळे आकुंचन: जवळच्या ताऱ्याच्या स्फोटासारख्या (Supernova) घटनेमुळे हा ढग अस्थिर होऊन स्वतःच्या गुरुत्वाकर्षणाने आकुंचन पावू लागला.
- फिरणारी चकती: आकुंचन पावताना कोनीय संवेग संवर्धनाच्या नियमानुसार ढगाचा फिरण्याचा वेग वाढला व तो सपाट, फिरत्या चकतीत (Protoplanetary Disc) रूपांतरित झाला.
- ग्रहाणू: चकतीतील धुळीचे कण एकमेकांना चिकटून लहान घन पिंड — ग्रहाणू — तयार झाले.
- प्रोटोग्रह: ग्रहाणूंच्या पुढील एकत्रीकरणातून (Accretion) मोठे पिंड — प्रोटोग्रह — तयार झाले.
- ग्रहांची निर्मिती: प्रोटोग्रहांच्या सतत टक्करी व एकत्रीकरणातून आजचे ग्रह तयार झाले; मध्यवर्ती भागातील तप्त पदार्थातून सूर्याची निर्मिती झाली.

आकृती ४: आधुनिक सौरनीहारिका सिद्धांत



४. पृथ्वीची निर्मिती

- पृथ्वीच्या निर्मितीचा कालावधी: सुमारे ४.५४ अब्ज वर्षांपूर्वी, सौरनीहारिकेतील ग्रहाणू व प्रोटोग्रहांच्या एकत्रीकरणातून.
- पृथ्वीची सुरुवातीची अवस्था: सतत होणाऱ्या उल्कापातामुळे (Bombardment) व किरणोत्सारी क्षयामुळे (Radioactive Decay) पृथ्वी अत्यंत उष्ण, वितळलेल्या (Molten) अवस्थेत होती.
- पदार्थाचे विभेदन (Differentiation): या तप्त, अर्ध-द्रव अवस्थेत घनतेनुसार पदार्थ वेगळे होऊ लागले.
- जड पदार्थ (लोह, निकेल) गुरुत्वाकर्षणामुळे केंद्राकडे स्थिरावले, तर हलके पदार्थ (सिलिकेट खडक) बाह्य भागात राहिले.
- या प्रक्रियेतूनच पृथ्वीची आजची स्तरीय अंतर्गत रचना (भूपटल, आवरण, गाभा) तयार झाली.

आकृती ५: पृथ्वीचे अंतर्गत स्तर (बाहेरून आतपर्यंत)

भूपटल (Crust) — जाडी: सुमारे ५-७० किमी

आवरण (Mantle) — जाडी: सुमारे २,९०० किमी

बाह्य गाभा (Outer Core) — द्रवरूप, लोह-निकेल

अंतर्गत गाभा (Inner Core) — घनरूप, अतिउच्च तापमान-दाब

स्तर	रचना/प्रमुख घटक	अवस्था	अंदाजे खोली	अंदाजे तापमान
भूपटल (Crust)	सिलिकॉन, अॅल्युमिनियम (SIAL) / सिलिकॉन, मॅग्नेशियम (SIMA)	घन	०-७० किमी	०-१,१०० °C
आवरण (Mantle)	सिलिकेट खडक (लोह-मॅग्नेशियमयुक्त)	अर्ध-घन (Plastic)	७०-२,९०० किमी	५०० - ४,००० °C
बाह्य गाभा (Outer Core)	द्रवरूप लोह-निकेल	द्रव	२,९००-५,१५० किमी	४,०००-५,५०० °C

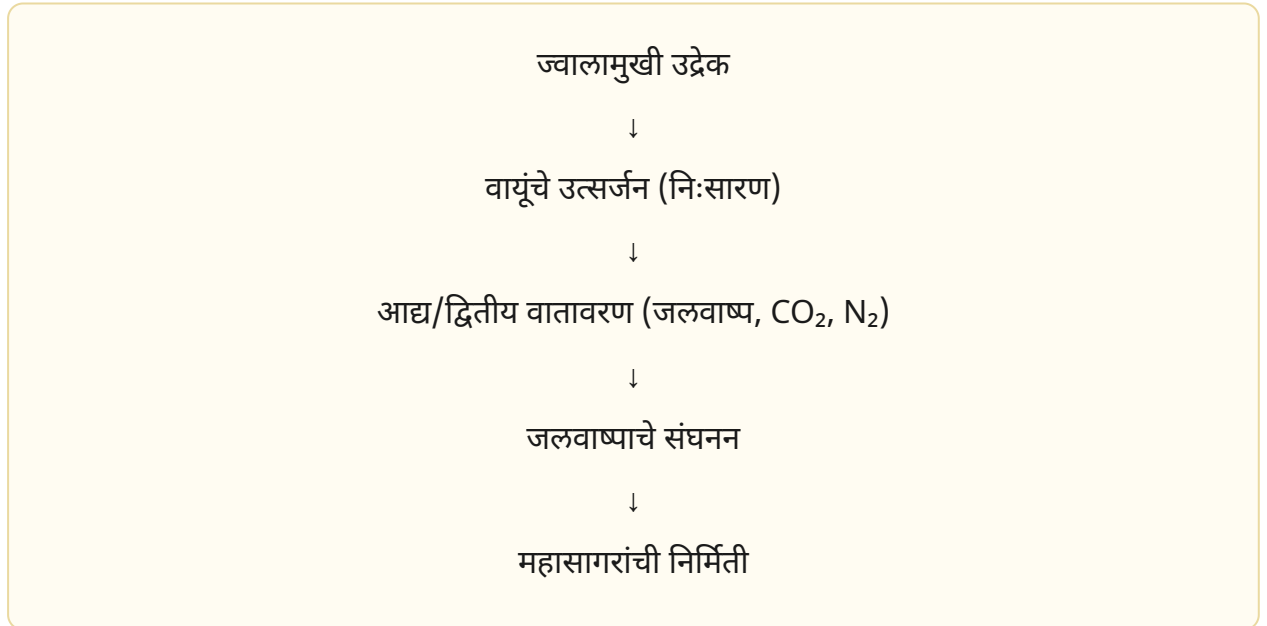
अंतर्गत गाभा (Inner Core)	घनरूप लोह-निकेल	घन	५,१५०– ६,३७१ किमी	सुमारे ५,४०० °C
------------------------------	-----------------	----	----------------------	--------------------

टीप: घनता केंद्राकडे जाताना वाढत जाते — भूपटल $\sim 2.7-3.0 \text{ g/cm}^3$, तर अंतर्गत गाभा $\sim 13 \text{ g/cm}^3$ पर्यंत.

५. पृथ्वीच्या वातावरणाची निर्मिती

- आद्य वातावरण (Primary Atmosphere): पृथ्वीच्या निर्मितीच्या वेळी हायड्रोजन व हेलियम हे सर्वाधिक हलके वायू होते; पृथ्वीच्या कमी गुरुत्वाकर्षणामुळे व सौरवाऱ्यामुळे (Solar Wind) हे वायू अवकाशात निसटून गेले.
- ज्वालामुखी उद्रेक: पृथ्वी थंड होताना आतील भागातील ज्वालामुखी उद्रेकांद्वारे वायूंचे उत्सर्जन (निःसारण/Outgassing) होऊ लागले.
- यातून जलवाष्प, कार्बन डायऑक्साइड व नायट्रोजन यांचे प्रमाण अधिक असलेले द्वितीय वातावरण तयार झाले.
- सुरुवातीच्या द्वितीय वातावरणात मुक्त ऑक्सिजनचे प्रमाण जवळपास नगण्य होते.
- ऑक्सिजनची निर्मिती: प्रकाशसंश्लेषण करणाऱ्या सायनोबॅक्टेरिया (निळे-हिरवे शैवाल) यांच्यामुळे वातावरणात हळूहळू मुक्त ऑक्सिजन साचू लागला — यास 'ग्रेट ऑक्सिडेशन इव्हेंट' म्हणतात.
- वातावरणातील बदल: पुढे ओझोन थराची निर्मिती होऊन सजीवांचे अतिनील किरणांपासून संरक्षण होऊ लागले, ज्यामुळे सजीव जमिनीवर येऊ शकले.

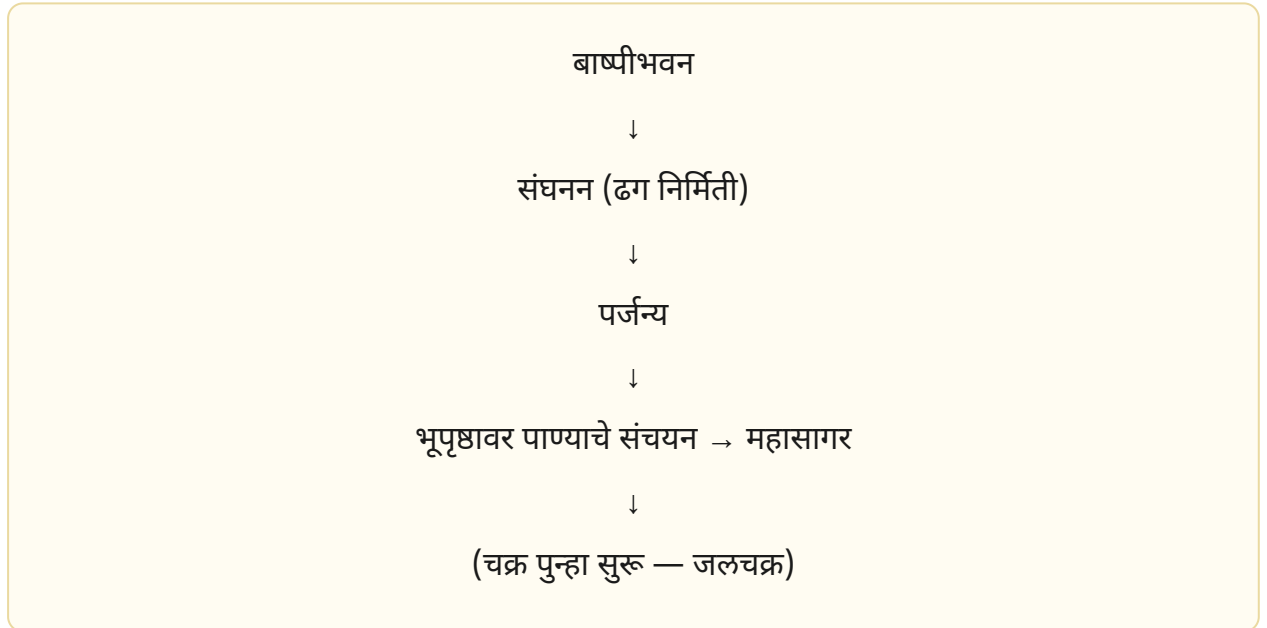
आकृती ६: वातावरण निर्मितीचा टप्पा



६. महासागरांची निर्मिती

- पृथ्वीचे थंड होणे: कालांतराने पृथ्वीचा पृष्ठभाग थंड होऊन घन झाला.
- जलवाष्पाचे संघनन: वातावरणातील प्रचंड प्रमाणातील जलवाष्प थंड होऊन संघनित (Condense) होऊ लागले.
- पर्जन्य: यातून हजारो वर्षे सतत चाललेली प्रचंड पर्जन्यवृष्टी (Torrential Rains) झाली.
- पाण्याचे संचयन: या पाण्याचे पृथ्वीवरील खोलगट भागांत (Basins) संचयन होऊन महासागरांची निर्मिती झाली.
- महासागरांची निर्मिती सुमारे ४ अब्ज वर्षांपूर्वी झाली असे मानले जाते; पाण्याचा काही भाग उत्का-धूमकेतूंद्वारेही आला असण्याची शक्यता आहे.

आकृती ७: जलचक्राद्वारे महासागर निर्मिती



७. जीवनाची उत्पत्ती

पृथ्वीवरील जीवनासाठी आवश्यक परिस्थिती

- पाणी — रासायनिक अभिक्रियांचे माध्यम.
- योग्य वातावरण — संरक्षक वायूंचे आवरण.
- योग्य तापमान — अतिउष्ण किंवा अतिथंड नसलेली स्थिती.
- ऊर्जा — सूर्यप्रकाश, विजांचे लोळ (Lightning), ज्वालामुखीय उष्णता.
- आद्य महासागर — सेंद्रिय रेणू एकत्र येण्यासाठी 'आद्य सूप' (Primordial Soup) उपलब्ध करून देणारे माध्यम.

जीवनाच्या उत्पत्तीविषयी प्रमुख संकल्पना

- रासायनिक उत्क्रांती (Chemical Evolution): अजैविक साध्या रेणूंपासून टप्प्याटप्प्याने जटिल सेंद्रिय संयुगे तयार होण्याची प्रक्रिया — संकल्पना: अलेक्झांडर ओपारीन व जे. बी. एस. हॉल्डेन.
- मिलर-युरी प्रयोग (१९५३): स्टॅन्ले मिलर व हॅरॉल्ड युरी यांनी आद्य पृथ्वीच्या वातावरणाचे (मिथेन, अमोनिया, हायड्रोजन, जलवाष्प) प्रयोगशाळेत अनुकरण करून विद्युत ठिणग्यांच्या साहाय्याने अमिनो आम्ले (प्रथिनांचे घटक) तयार करून दाखवली — अजैविक पदार्थांपासून सेंद्रिय रेणू तयार होऊ शकतात हे यातून सिद्ध झाले.
- आद्यजीव (Protobionts): स्वतःची प्रतिकृती तयार करण्याची प्राथमिक क्षमता असलेल्या सजीव-पूर्व रचना, ज्यांपासून पुढे खऱ्या पेशींची (सजीवांची) उत्क्रांती झाली.
- पृथ्वीवरील सर्वात जुने जीवाश्म पुरावे सुमारे ३.५-३.८ अब्ज वर्षे जुने असून पहिले सजीव एकपेशीय व प्रोकॅरियोटिक होते.

आकृती ८: रासायनिक उत्क्रांती व जीवनाची उत्पत्ती

अजैविक पदार्थ (मिथेन, अमोनिया, जलवाष्प, हायड्रोजन)

↓ (ऊर्जा: वीज, उष्णता, सूर्यप्रकाश)

साधी सेंद्रिय संयुगे (अमिनो आम्ले)

↓

जटिल सेंद्रिय संयुगे (प्रथिने, न्यूक्लिक आम्ले)



आद्यजीव (Protobionts)



जीवनाचा विकास (प्रोकॅरियोटिक सजीव)

८. पृथ्वीच्या उत्पत्तीची कालरेषा (Timeline)

आकृती ९: पृथ्वीच्या उत्पत्तीची कालरेषा

विश्वाची निर्मिती (बिग बॅंग) — सुमारे १३.८ अब्ज वर्षांपूर्वी

↓

आकाशगंगेची निर्मिती — सुमारे १३.२ अब्ज वर्षांपूर्वी

↓

सौरमालेची निर्मिती — सुमारे ४.६ अब्ज वर्षांपूर्वी

↓

पृथ्वीची निर्मिती — सुमारे ४.५४ अब्ज वर्षांपूर्वी

↓

पृथ्वीचे थंड होणे व स्तर निर्मिती — सुमारे ४.५-४.४ अब्ज वर्षांपूर्वी

↓

वातावरणाची निर्मिती — सुमारे ४.४-४ अब्ज वर्षांपूर्वी

↓

महासागरांची निर्मिती — सुमारे ४ अब्ज वर्षांपूर्वी

↓

जीवनाची उत्पत्ती — सुमारे ३.८-३.५ अब्ज वर्षांपूर्वी

↓

जीवसृष्टीचा पुढील विकास — ३.५ अब्ज वर्षांपूर्वीपासून आजपर्यंत

९. One-Liner — अत्यंत महत्त्वाचे मुद्दे

एकूण 112 महत्त्वाचे One-Liner मुद्दे:

1. विश्वाची निर्मिती सुमारे १३.८ अब्ज वर्षांपूर्वी बिग बॅंगमधून झाली.
2. बिग बॅंग सिद्धांतानुसार विश्व एका अत्यंत घन व उष्ण बिंदूपासून (Singularity) विस्तारले.
3. बिग बॅंग सिद्धांताचे जनक जॉर्ज लमेत्र (Georges Lemaître) मानले जातात.
4. एडविन हबल यांनी विश्वाच्या विस्ताराचा प्रायोगिक पुरावा दिला (हबलचा नियम, १९२९).
5. विश्व सतत प्रसरण पावत आहे हे रेडशिफ्ट (Redshift) निरीक्षणांवरून सिद्ध होते.
6. वैश्विक पार्श्वभूमी सूक्ष्मतरंग किरणोत्सर्ग (Cosmic Microwave Background) हा बिग बॅंगचा महत्त्वाचा पुरावा आहे.
7. बिग बॅंगनंतर सुमारे ३.८ लाख वर्षांनी अणू (हायड्रोजन, हेलियम) तयार झाले.
8. गुरुत्वाकर्षणामुळे वायू-धुळीचे ढग एकत्र येऊन तारे व आकाशगंगा तयार झाल्या.
9. आपली आकाशगंगा 'मिल्की वे' (दुग्धमेखला) या नावाने ओळखली जाते.
10. मिल्की वे ही सर्पिलाकार (Spiral) आकाशगंगा आहे.
11. सौरमाला मिल्की वे आकाशगंगेच्या 'ओरायन आर्म' या भागात स्थित आहे.
12. सूर्यमालेची निर्मिती सुमारे ४.६ अब्ज वर्षांपूर्वी झाली.
13. सूर्यमालेत सूर्य, ८ ग्रह, उपग्रह, लघुग्रह, धूमकेतू व उल्का यांचा समावेश होतो.
14. सूर्य हा सूर्यमालेतील एकमेव तारा आहे व त्यात सूर्यमालेच्या एकूण वस्तुमानाच्या ९९.८% वस्तुमान आहे.
15. अंतर्गत ग्रह (बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ) हे खडकाळ (Terrestrial) ग्रह आहेत.
16. बाह्य ग्रह (गुरू, शनी, अरुण, वरुण) हे वायुरूप महाकाय (Gas Giant) ग्रह आहेत.
17. सूर्यापासून अंतरानुसार ग्रहांचा क्रम: बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ, गुरू, शनी, अरुण, वरुण.
18. नेब्युलर सिद्धांत (वायुराशी सिद्धांत) इमॅन्युएल कान्ट यांनी १७५५ मध्ये मांडला.
19. पिएर सिमॉन लाप्लास यांनी १७९६ मध्ये नेब्युलर सिद्धांत सुधारित स्वरूपात मांडला.
20. नेब्युलर सिद्धांतानुसार सूर्यमालेची निर्मिती फिरत्या वायू व धुळीच्या तप्त राशीपासून (Nebula) झाली.
21. नेब्युलर सिद्धांतानुसार मध्यवर्ती भागातून सूर्य आणि कडेच्या रिंगांपासून ग्रह तयार झाले.

22. नेब्युलर सिद्धांताची मुख्य मर्यादा म्हणजे कोनीय संवेगाच्या (Angular Momentum) वितरणाचे स्पष्टीकरण देऊ न शकणे.
23. ग्रहाणू सिद्धांत चेंबरलिन आणि मॉल्टन यांनी मांडला.
24. ग्रहाणू सिद्धांतानुसार एका ताऱ्याच्या सूर्याजवळून जाण्यामुळे सूर्यातून पदार्थ बाहेर फेकला गेला.
25. ग्रहाणू सिद्धांतानुसार बाहेर पडलेल्या पदार्थाचे थंड होऊन लहान घन कणांत (Planetesimals) रूपांतर झाले.
26. ग्रहाणूंच्या एकत्रीकरणातून (Accretion) ग्रहांची निर्मिती झाली असे ग्रहाणू सिद्धांत सांगतो.
27. ज्वारीय सिद्धांत जेम्स जीन्स आणि हॅरोल्ड जेफ्रीज यांनी मांडला.
28. ज्वारीय सिद्धांतानुसार एक मोठा तारा सूर्याजवळून गेल्याने सूर्यावर ज्वारीय बल निर्माण झाले.
29. ज्वारीय बलामुळे सूर्यातून सिगारसारखा (Cigar-shaped) पदार्थाचा प्रवाह बाहेर पडला असे जीन्स यांचे मत आहे.
30. ज्वारीय सिद्धांतानुसार हा पदार्थ थंड होऊन ग्रहांमध्ये रूपांतरित झाला.
31. द्वैती तारा सिद्धांत रॉबर्ट रसेल आणि लिटिलटन यांनी मांडला.
32. द्वैती तारा सिद्धांतानुसार सूर्याला मूळतः एक साथीदार तारा (Companion Star) होता.
33. द्वैती तारा सिद्धांतानुसार साथीदार ताऱ्याचा स्फोट होऊन बाहेर पडलेल्या पदार्थापासून ग्रह तयार झाले.
34. आधुनिक सौरनीहारिका सिद्धांत (Modern Nebular Hypothesis) हा सध्या सर्वमान्य सिद्धांत आहे.
35. आधुनिक सिद्धांतानुसार वायू व धुळीच्या महाकाय ढगाचे (Solar Nebula) गुरुत्वाकर्षणामुळे आकुंचन झाले.
36. आकुंचन पावणाऱ्या ढगाच्या मध्यभागी प्रोटो-सूर्य (Proto-Sun) तयार झाला.
37. आकुंचन पावणारा ढग फिरत्या चकतीच्या (Rotating Disc) स्वरूपात सपाट झाला.
38. चकतीमधील धूलिकणांच्या एकत्रीकरणातून ग्रहाणू (Planetesimals) तयार झाले.
39. ग्रहाणूंच्या एकत्रीकरणातून प्रोटोग्रह (Protoplanets) तयार झाले.
40. प्रोटोग्रहांच्या पुढील एकत्रीकरणातून व टक्करींमधून आजचे ग्रह तयार झाले.
41. पृथ्वीची निर्मिती सुमारे ४.५४ अब्ज वर्षांपूर्वी झाली.
42. पृथ्वीच्या निर्मितीच्या सुरुवातीच्या अवस्थेत ती वितळलेल्या (Molten) स्वरूपात होती.
43. पृथ्वी सुरुवातीला उष्ण होण्याचे मुख्य कारण म्हणजे उल्कापाषाणांची सतत आदळणे (Bombardment) व किरणोत्सारी क्षय (Radioactive Decay).
44. पृथ्वीच्या तप्त व वितळलेल्या अवस्थेत घनतेनुसार पदार्थाचे विभेदन (Differentiation) झाले.

45. जड पदार्थ (लोह, निकेल) गुरुत्वाकर्षणामुळे पृथ्वीच्या केंद्राकडे स्थिरावले.
46. हलके पदार्थ (सिलिकेट खडक) पृथ्वीच्या बाह्य भागात राहिले.
47. पदार्थाच्या या विभेदनातून पृथ्वीचे स्तरीय (Layered) अंतर्गत रचना तयार झाली.
48. पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेचे मुख्य चार स्तर आहेत: भूपटल, आवरण, बाह्य गाभा व अंतर्गत गाभा.
49. भूपटल (Crust) हा पृथ्वीचा सर्वात बाहेरचा व सर्वात पातळ स्तर आहे.
50. भूपटलाची जाडी महासागरांखाली सुमारे ५-१० किमी तर खंडांखाली सुमारे ३०-७० किमी असते.
51. आवरण (Mantle) हा भूपटलाखालील स्तर सुमारे २,९०० किमी खोलीपर्यंत पसरलेला आहे.
52. आवरण हे प्रामुख्याने सिलिकेट खडकांनी बनलेले असून अर्ध-घन (Semi-solid/Plastic) अवस्थेत आहे.
53. बाह्य गाभा (Outer Core) हा द्रवरूप (Liquid) असून प्रामुख्याने लोह व निकेलचा बनलेला आहे.
54. बाह्य गाभातील द्रवरूप लोह-निकेलच्या हालचालीमुळे पृथ्वीचे चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते.
55. अंतर्गत गाभा (Inner Core) हा घनरूप असून त्यात अतिउच्च तापमान व दाब असतो.
56. अंतर्गत गाभाचे तापमान सूर्याच्या पृष्ठभागाइतके म्हणजे सुमारे ५,४०० अंश सेल्सियस असते.
57. पृथ्वीच्या केंद्राकडे जाताना खोलीनुसार तापमान व दाब वाढत जातो.
58. पृथ्वीच्या केंद्राकडे जाताना घनताही वाढत जाते.
59. भूपटल हे प्रामुख्याने सिलिकॉन व अॅल्युमिनियम (SIAL) यांनी बनलेले आहे.
60. महासागरीय भूपटल हे प्रामुख्याने सिलिकॉन व मॅग्नेशियम (SIMA) यांनी बनलेले आहे.
61. पृथ्वीचे आद्य वातावरण (Primary Atmosphere) हायड्रोजन व हेलियमने बनलेले होते व ते सौरवाय्यामुळे नष्ट झाले.
62. पृथ्वीचे द्वितीय वातावरण (Secondary Atmosphere) ज्वालामुखी उद्रेकातून बाहेर पडलेल्या वायूंपासून तयार झाले.
63. ज्वालामुखी उद्रेकातून बाहेर पडलेल्या प्रक्रियेस निःसारण (Outgassing) असे म्हणतात.
64. द्वितीय वातावरणात प्रामुख्याने जलवाष्प, कार्बन डायऑक्साइड व नायट्रोजन यांचा समावेश होता.
65. सुरुवातीच्या वातावरणात मुक्त ऑक्सिजनचे प्रमाण जवळपास नगण्य होते.
66. वातावरणातील ऑक्सिजनची निर्मिती प्रकाशसंश्लेषण करणाऱ्या सायनोबॅक्टेरियामुळे (निळे-हिरवे शैवाल) सुरू झाली.
67. वातावरणात ऑक्सिजनचे प्रमाण वाढण्याच्या घटनेला 'ग्रेट ऑक्सिडेशन इव्हेंट' असे म्हणतात.
68. पृथ्वी थंड होऊ लागल्यावर वातावरणातील जलवाष्पाचे संघनन (Condensation) होऊ लागले.

69. जलवाष्पाच्या संघनानातून प्रचंड पर्जन्यवृष्टी (Torrential Rains) झाली.
70. सतत होणाऱ्या पर्जन्यवृष्टीच्या पाण्याच्या साचण्यातून महासागरांची निर्मिती झाली.
71. महासागरांची निर्मिती सुमारे ४ अब्ज वर्षांपूर्वी झाली असे मानले जाते.
72. पृथ्वीवरील पाण्याचा काही भाग उल्का व धूमकेतूंद्वारेही आला असावा असे एक मत आहे.
73. जीवसृष्टीच्या उत्पत्तीसाठी पाणी, योग्य तापमान, ऊर्जा व सेंद्रिय रेणू आवश्यक मानले जातात.
74. रासायनिक उत्क्रांती (Chemical Evolution) सिद्धांतानुसार अजैविक पदार्थापासून सेंद्रिय संयुगे तयार झाली.
75. रासायनिक उत्क्रांतीची संकल्पना ओपारीन व हॉल्डेन यांनी मांडली.
76. मिलर-युरी प्रयोग स्टॅन्ले मिलर व हॅरॉल्ड युरी यांनी १९५३ साली केला.
77. मिलर-युरी प्रयोगात आद्य पृथ्वीच्या वातावरणाचे अनुकरण करून विद्युत ठिणग्यांच्या साहाय्याने अमिनो आम्ले तयार करण्यात आली.
78. मिलर-युरी प्रयोगाने अजैविक पदार्थापासून सेंद्रिय रेणू तयार होऊ शकतात हे प्रायोगिकरीत्या सिद्ध केले.
79. आद्यजीव (Protobionts) हे स्वतःची प्रतिकृती तयार करण्याची क्षमता असलेल्या प्रथम सजीव-पूर्व रचना मानल्या जातात.
80. पृथ्वीवरील सर्वात जुने जीवाश्म पुरावे सुमारे ३.५ ते ३.८ अब्ज वर्षांपूर्वीचे आहेत.
81. पृथ्वीवरील पहिले सजीव हे एकपेशीय व प्रोकॅरियोटिक (केंद्रकहीन) स्वरूपाचे होते.
82. पृथ्वी ही सूर्यापासून तिसऱ्या क्रमांकावरील ग्रह आहे.
83. पृथ्वी ही सूर्यमालेतील सर्वाधिक घनता असलेला ग्रह आहे.
84. पृथ्वीला एकच नैसर्गिक उपग्रह असून तो चंद्र आहे.
85. चंद्राची निर्मिती 'महाकाय आघात गृहीतक' (Giant Impact Hypothesis) नुसार थिया या मंगळाच्या आकाराच्या ग्रहाच्या पृथ्वीशी टक्करीतून झाली असे मानले जाते.
86. चंद्राच्या निर्मितीची ही घटना सुमारे ४.५ अब्ज वर्षांपूर्वी घडली असे मानले जाते.
87. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील खंड व महासागर यांची सध्याची रचना प्लेट टेक्टॉनिक्समुळे कालांतराने बदलली.
88. मोहो विलगता (Mohorovičić Discontinuity) ही भूपटल व आवरण यांच्यामधील सीमारेषा आहे.
89. गटेनबर्ग विलगता (Gutenberg Discontinuity) ही आवरण व बाह्य गाभा यांच्यामधील सीमारेषा आहे.
90. लेहमन विलगता (Lehmann Discontinuity) ही बाह्य गाभा व अंतर्गत गाभा यांच्यामधील सीमारेषा आहे.
91. भूकंपीय लहरींच्या (Seismic Waves) अभ्यासावरून पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेची माहिती मिळते.

92. P-लहरी (Primary Waves) या द्रव व घन दोन्ही माध्यमांतून प्रवास करू शकतात.
93. S-लहरी (Secondary Waves) या फक्त घन माध्यमातून प्रवास करतात, द्रवरूप बाह्य गाभ्यातून त्या जाऊ शकत नाहीत.
94. S-लहरी बाह्य गाभ्यातून जाऊ शकत नसल्यानेच बाह्य गाभा द्रवरूप आहे हे सिद्ध झाले.
95. पृथ्वीचे वस्तुमान सुमारे 5.97×10^{24} किलोग्रॅम आहे.
96. पृथ्वीची सरासरी घनता सुमारे 5.51 ग्रॅम/घन सेंमी आहे.
97. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे सुमारे ७१% भाग पाण्याने व्यापलेले आहे.
98. अरिस्टार्कस, कोपर्निकस यांसारख्या शास्त्रज्ञांनी सूर्यकेंद्री (Heliocentric) संकल्पना मांडली.
99. जोहान्स केप्लर यांनी ग्रहांच्या लंबवर्तुळाकार कक्षांचे (Elliptical Orbits) नियम मांडले.
100. आयझॅक न्यूटन यांच्या गुरुत्वाकर्षण सिद्धांताने सूर्यमालेतील ग्रहांच्या गतीचे भौतिक स्पष्टीकरण दिले.
101. पृथ्वीच्या वयाचा अंदाज किरणोत्सारी घटकांच्या (उदा. युरेनियम-शिसे पद्धत) अर्धायुकाल पद्धतीने काढला जातो.
102. उल्कापाषाण (Meteorites) व चंद्रावरील खडकांच्या वयावरून सूर्यमालेच्या वयाचा अंदाज बांधला जातो.
103. वातावरणातील नायट्रोजनचे प्रमाण सध्या सर्वाधिक (सुमारे ७८%) आहे.
104. वातावरणातील ऑक्सिजनचे सध्याचे प्रमाण सुमारे २१% आहे.
105. ओझोन थराच्या निर्मितीमुळे सजीवांचे हानिकारक अतिनील किरणांपासून संरक्षण होऊ लागले.
106. ओझोन थराच्या निर्मितीनंतरच सजीव पाण्यातून जमिनीवर येऊ शकले असे मानले जाते.
107. सूर्यमालेतील लघुग्रह पट्टा (Asteroid Belt) हा मंगळ व गुरू या ग्रहांच्या दरम्यान आहे.
108. कायपर पट्टा (Kuiper Belt) हा वरुण ग्रहाच्या पलीकडे असलेला बर्फाळ पदार्थांचा पट्टा आहे.
109. ऊर्ट ढग (Oort Cloud) हा सूर्यमालेच्या सर्वात बाहेरील गोलाकार प्रदेश मानला जातो.
110. धूमकेतूंची निर्मिती प्रामुख्याने बर्फ, धूळ व खडक यांच्या मिश्रणातून होते.
111. आकुंचन पावणाऱ्या वायुराशीचा फिरण्याचा वेग जसजसा आकुंचन होते तसतसा वाढतो (कोनीय संवेग संवर्धनाच्या नियमानुसार).
112. सूर्य हा सूर्यमालेतील वस्तुमानाच्या दृष्टीने सर्वात मोठा घटक असला तरी कोनीय संवेगाच्या दृष्टीने ग्रहांकडे अधिक वाटा आहे — हीच नेब्युलर सिद्धांताची प्रमुख मर्यादा आहे.

१०. परीक्षेसाठी विशेष भाग

◆ महत्त्वाच्या व्यक्ती — सिद्धांत — वर्ष

शास्त्रज्ञ	सिद्धांत	वर्ष	मुख्य कल्पना
इमॅन्युएल कान्ट	नेब्युलर सिद्धांत	१७५५	फिरत्या वायुराशीपासून सूर्य व ग्रहांची निर्मिती
पिएर सिमॉन लाप्लास	नेब्युलर सिद्धांत (सुधारित)	१७९६	फिरत्या तप्त वायुराशीच्या आकुंचनातून रिंग तयार होऊन ग्रहनिर्मिती
चेंबरलिन व मॉल्टन	ग्रहाणू सिद्धांत	१९०५	ताऱ्याच्या सान्निध्यामुळे सूर्यातून पदार्थ बाहेर पडून ग्रहाणूंची निर्मिती
जेम्स जीन्स व हॅरोल्ड जेफ्रीज	ज्वारीय सिद्धांत	१९१७	मोठ्या ताऱ्याच्या सान्निध्यामुळे ज्वारीय बलाने सूर्यातून पदार्थ बाहेर पडणे
रसेल व लिटिलटन	द्वैती तारा सिद्धांत	१९३५	सूर्याच्या साथीदार ताऱ्याच्या स्फोटातून ग्रहनिर्मिती
कार्ल वाइटझेकर / जी. कायपर	आधुनिक सौरनीहारिका सिद्धांत	सुमारे १९४४	सौरनीहारिकेच्या आकुंचनातून चकती, ग्रहाणू, प्रोटोग्रह व ग्रहनिर्मिती (सद्य सर्वमान्य सिद्धांत)

◆ महत्त्वाच्या संज्ञा

बिग बॅंग

विश्वाच्या निर्मितीचे स्पष्टीकरण देणारा सिद्धांत — एका अतिघन, अतिउष्ण बिंदूपासून विश्वाचा विस्फोटक विस्तार.

नेब्युला (सौरनीहारिका)

वायू व धुळीचा प्रचंड आंतरतारकीय ढग, ज्यापासून तारे व ग्रहमाला तयार होतात.

ग्रहाणू (Planetesimals)

धुळीच्या व खडकांच्या कणांच्या एकत्रीकरणातून तयार झालेले लहान घन पिंड, जे ग्रहनिर्मितीचे प्राथमिक घटक असतात.

प्रोटोग्रह (Protoplanets)

ग्रहाणूंच्या एकत्रीकरणातून तयार झालेले तुलनेने मोठे पिंड, जे पुढे ग्रहांमध्ये रूपांतरित होतात.

सौरनीहारिका सिद्धांत

सूर्यमालेच्या निर्मितीचे सध्या सर्वमान्य वैज्ञानिक स्पष्टीकरण — वायू-धुळीच्या ढगाच्या आकुंचनातून सूर्य व ग्रहांची निर्मिती.

अभिवृद्धी (Accretion)

लहान कणांचे व पिंडांचे एकमेकांशी जोडले जाऊन मोठे पिंड तयार होण्याची प्रक्रिया.

विभेदन (Differentiation)

वितळलेल्या पृथ्वीत घनतेनुसार पदार्थाचे थरांमध्ये वेगळे होण्याची प्रक्रिया — जड पदार्थ केंद्राकडे, हलके पदार्थ बाहेर.

आद्य वातावरण (Primordial/Primary Atmosphere)

पृथ्वीच्या निर्मितीच्या वेळचे प्रारंभिक वातावरण, प्रामुख्याने हायड्रोजन व हेलियमचे, जे नंतर नष्ट झाले.

रासायनिक उत्क्रांती (Chemical Evolution)

अजैविक साध्या रेणूंपासून टप्प्याटप्प्याने जटिल सेंद्रिय संयुगे व आद्यजीव तयार होण्याची प्रक्रिया.

निःसारण (Outgassing)

ज्वालामुखी उद्रेकाद्वारे पृथ्वीच्या अंतरंगातून वायू बाहेर पडण्याची प्रक्रिया, ज्यातून द्वितीय वातावरण तयार झाले.

◆ तुलना तक्ता

सिद्धांत	शास्त्रज्ञ	मुख्य कल्पना	मर्यादा
नेब्युलर सिद्धांत	कान्ट- लाप्लास	फिरत्या वायुराशीपासून सूर्य व ग्रहांची निर्मिती	कोनीय संवेगाचे वितरण स्पष्ट करत नाही
ग्रहाणू सिद्धांत	चेंबरलिन- मॉल्टन	ताऱ्याच्या सान्निध्यामुळे पदार्थ बाहेर पडून ग्रहाणूंची निर्मिती	इतक्या पदार्थाचे बाहेर पडणे व घनीकरण भौतिकदृष्ट्या असमर्थनीय
ज्वारीय सिद्धांत	जीन्स- जेफ्रीज	ज्वारीय बलाने सूर्यातून पदार्थाचा प्रवाह बाहेर पडणे	दोन ताऱ्यांची जवळून भेट होण्याची शक्यता अत्यंत कमी
द्वैती तारा सिद्धांत	रसेल- लिटिलटन	साथीदार ताऱ्याच्या स्फोटातून ग्रहनिर्मिती	साथीदार ताऱ्याच्या अस्तित्वाचा व स्फोटाचा ठोस पुरावा नाही

आधुनिक सौरनीहारिका सिद्धांत	वाइट्झेकर व इतर	सौरनीहारिकेच्या आकुंचनातून टप्प्याटप्प्याने ग्रहनिर्मिती	काही ग्रहांच्या असामान्य कक्षा व फिरण्याच्या दिशांचे पूर्ण स्पष्टीकरण अद्याप नाही
-----------------------------------	--------------------	---	---

◆ आकृतीवर आधारित प्रश्न

- आकृती १ (बिग बॅंग ते सौरमाला) — बिग बॅंगनंतर आकाशगंगा व ताऱ्यांची निर्मिती कोणत्या प्रक्रियेमुळे झाली?
- आकृती ३ (नेब्युलर सिद्धांत) — नेब्युलर सिद्धांतानुसार रिंगजपासून काय तयार झाले व मध्यवर्ती भागातून काय तयार झाले?
- आकृती ४ (आधुनिक सौरनीहारिका सिद्धांत) — ग्रहाणू व प्रोटोग्रह यांच्यातील फरक काय आहे, व त्यांचा निर्मितीक्रम कोणता?
- आकृती ५ (पृथ्वीचे अंतर्गत स्तर) — पृथ्वीच्या कोणत्या स्तरात द्रवरूप लोह-निकेल आढळते व त्याचा परिणाम काय होतो?
- आकृती ६ (वातावरण निर्मिती) — ज्वालामुखी उद्रेकातून कोणकोणते वायू बाहेर पडले व त्यांचे पुढे काय झाले?
- आकृती ८ (रासायनिक उत्क्रांती) — मिलर-युरी प्रयोगाने या प्रक्रियेतील कोणता टप्पा प्रायोगिकरीत्या सिद्ध केला?
- आकृती ९ (कालरेषा) — पृथ्वीची निर्मिती व जीवनाची उत्पत्ती यामधील कालावधी अंदाजे किती आहे?

◆ MPSC/UPSC प्रकारचे MCQ (30 प्रश्न)

1. बिग बॅंग सिद्धांतानुसार विश्वाची निर्मिती सुमारे किती वर्षांपूर्वी झाली?

- (अ) ४.६ अब्ज वर्षे
- (ब) १३.८ अब्ज वर्षे
- (क) ४.५४ अब्ज वर्षे
- (ड) १०० अब्ज वर्षे

योग्य उत्तर: (ब) १३.८ अब्ज वर्षे.

स्पष्टीकरण: विश्वाची निर्मिती सुमारे १३.८ अब्ज वर्षांपूर्वी बिग बॅंगने झाली, तर सूर्यमाला/पृथ्वी सुमारे ४.५-४.६ अब्ज वर्षांपूर्वी तयार झाली.

2. विश्वाच्या प्रसरणाचा प्रायोगिक पुरावा कोणी दिला?

- (अ) आइन्स्टाइन
- (ब) एडविन हबल
- (क) जॉर्ज लमेत्र
- (ड) न्यूटन

योग्य उत्तर: (ब) एडविन हबल.

स्पष्टीकरण: एडविन हबल यांनी आकाशगंगांच्या रेडशिफ्टवरून विश्व प्रसरण पावत असल्याचे सिद्ध केले (हबलचा नियम).

3. सौरमाला मिल्की वे आकाशगंगेच्या कोणत्या भागात स्थित आहे?

- (अ) केंद्रीय बल्ज
- (ब) ओरायन आर्म
- (क) हॅलो
- (ड) गॅलेक्टिक कोर

योग्य उत्तर: (ब) ओरायन आर्म.

स्पष्टीकरण: सौरमाला मिल्की वेच्या 'ओरायन आर्म' या सर्पिल भुजेत स्थित आहे.

4. नेब्युलर सिद्धांत सर्वप्रथम कोणी मांडला?

- (अ) लाप्लास
- (ब) इमॅन्युएल कान्ट
- (क) चेंबरलिन
- (ड) जीन्स

योग्य उत्तर: (ब) इमॅन्युएल कान्ट.

स्पष्टीकरण: नेब्युलर सिद्धांत सर्वप्रथम १७५५ मध्ये इमॅन्युएल कान्ट यांनी मांडला; लाप्लास यांनी १७९६ मध्ये तो सुधारित स्वरूपात मांडला.

5. ग्रहाणू सिद्धांताचे प्रवर्तक कोण?

- (अ) जीन्स व जेफ्रीज
- (ब) चेंबरलिन व मॉल्टन
- (क) रसेल व लिटिलटन
- (ड) कान्ट व लाप्लास

योग्य उत्तर: (ब) चेंबरलिन व मॉल्टन.

स्पष्टीकरण: ग्रहाणू सिद्धांत टी. सी. चेंबरलिन व एफ. आर. मॉल्टन यांनी मांडला.

6. ज्वारीय सिद्धांतानुसार सूर्यातून बाहेर पडलेल्या पदार्थाचा आकार कसा होता?

- (अ) गोलाकार
- (ब) सिगारसारखा
- (क) चौकोनी
- (ड) रिंगाकार

योग्य उत्तर: (ब) सिगारसारखा.

स्पष्टीकरण: जीन्स यांच्या ज्वारीय सिद्धांतानुसार सूर्यातून बाहेर पडलेल्या पदार्थाचा आकार सिगारसारखा (मध्ये जाड, टोकांना निमुळता) होता.

7. द्वैती तारा सिद्धांत कोणी मांडला?

- (अ) रसेल व लिटिलटन
- (ब) जीन्स व जेफ्रीज
- (क) चेंबरलिन व मॉल्टन
- (ड) ओपारीन व हॉलडेन

योग्य उत्तर: (अ) रसेल व लिटिलटन.

स्पष्टीकरण: द्वैती तारा सिद्धांत हेन्री नॉरिस रसेल आणि रे लिटिलटन यांनी मांडला.

8. नेब्युलर सिद्धांताची प्रमुख मर्यादा कोणती?

- (अ) ग्रहाणूंचे स्पष्टीकरण देत नाही
- (ब) कोनीय संवेगाच्या वितरणाचे स्पष्टीकरण देत नाही
- (क) सूर्याच्या निर्मितीचे स्पष्टीकरण देत नाही
- (ड) धूमकेतूंचे स्पष्टीकरण देत नाही

योग्य उत्तर: (ब) कोनीय संवेगाच्या वितरणाचे स्पष्टीकरण देत नाही.

स्पष्टीकरण: नेब्युलर सिद्धांताची मुख्य मर्यादा म्हणजे सूर्याकडे वस्तुमान जास्त असूनही कोनीय संवेग कमी असण्याच्या विसंगतीचे स्पष्टीकरण न देणे.

9. आधुनिक सौरनीहारिका सिद्धांतानुसार सूर्यमालेची निर्मिती कशापासून झाली?

- (अ) दोन ताऱ्यांच्या टक्करीतून
- (ब) वायू व धुळीच्या ढगाच्या आकुंचनातून
- (क) सूर्याच्या स्फोटातून
- (ड) धूमकेतूंच्या एकत्रीकरणातून

योग्य उत्तर: (ब) वायू व धुळीच्या ढगाच्या आकुंचनातून.

स्पष्टीकरण: आधुनिक सिद्धांतानुसार वायू व धुळीच्या प्रचंड ढगाचे (सौरनीहारिका) गुरुत्वाकर्षणामुळे आकुंचन होऊन सूर्यमाला तयार झाली.

10. पृथ्वीची निर्मिती अंदाजे किती वर्षांपूर्वी झाली?

- (अ) १३.८ अब्ज वर्षे
- (ब) ४.५४ अब्ज वर्षे
- (क) २ अब्ज वर्षे
- (ड) ६० कोटी वर्षे

योग्य उत्तर: (ब) ४.५४ अब्ज वर्षे.

स्पष्टीकरण: पृथ्वीची निर्मिती सुमारे ४.५४ अब्ज वर्षांपूर्वी झाली.

11. पृथ्वीच्या सुरुवातीच्या अवस्थेत ती कोणत्या स्वरूपात होती?

- (अ) घनरूप
- (ब) वितळलेल्या (Molten) स्वरूपात
- (क) गोठलेल्या स्वरूपात
- (ड) वायुरूप

योग्य उत्तर: (ब) वितळलेल्या (Molten) स्वरूपात.

स्पष्टीकरण: पृथ्वी सुरुवातीला अत्यंत उष्ण व वितळलेल्या स्वरूपात होती, ज्यामुळे पदार्थाचे विभेदन शक्य झाले.

12. जड पदार्थ (लोह-निकेल) पृथ्वीच्या कोणत्या भागात स्थिरावले?

- (अ) भूपटल
- (ब) आवरण
- (क) केंद्र (गाभा)
- (ड) वातावरण

योग्य उत्तर: (क) केंद्र (गाभा).

स्पष्टीकरण: गुरुत्वाकर्षणामुळे जड पदार्थ पृथ्वीच्या केंद्राकडे (गाभ्याकडे) स्थिरावले, तर हलके पदार्थ बाहेरील भागात राहिले.

13. पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेतील कोणता स्तर द्रवरूप आहे?

- (अ) भूपटल
- (ब) आवरण
- (क) बाह्य गाभा
- (ड) अंतर्गत गाभा

योग्य उत्तर: (क) बाह्य गाभा.

स्पष्टीकरण: बाह्य गाभा (Outer Core) हा द्रवरूप असून प्रामुख्याने लोह-निकेलचा बनलेला आहे; अंतर्गत गाभा उच्च दाबामुळे घनरूप आहे.

14. पृथ्वीचे चुंबकीय क्षेत्र कशामुळे निर्माण होते?

- (अ) भूपटलाच्या हालचालीमुळे
- (ब) बाह्य गाभातील द्रवरूप लोह-निकेलच्या हालचालीमुळे
- (क) वातावरणातील वायूंमुळे
- (ड) सूर्याच्या किरणांमुळे

योग्य उत्तर: (ब) बाह्य गाभातील द्रवरूप लोह-निकेलच्या हालचालीमुळे.

स्पष्टीकरण: बाह्य गाभातील द्रवरूप लोह-निकेलच्या संवहनी हालचालीमुळे (Dynamo Effect) पृथ्वीचे चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते.

15. भूपटल व आवरण यांच्यामधील सीमारेषेला काय म्हणतात?

- (अ) गटेनबर्ग विलगता
- (ब) लेहमन विलगता
- (क) मोहो विलगता
- (ड) कॉनरॅड विलगता

योग्य उत्तर: (क) मोहो विलगता.

स्पष्टीकरण: भूपटल व आवरण यांच्यामधील सीमारेषेला मोहो विलगता (Mohorovičić Discontinuity) म्हणतात.

16. आवरण व बाह्य गाभा यांच्यामधील सीमारेषेला काय म्हणतात?

- (अ) मोहो विलगता
- (ब) गटेनबर्ग विलगता
- (क) लेहमन विलगता
- (ड) रिश्टर विलगता

योग्य उत्तर: (ब) गटेनबर्ग विलगता.

स्पष्टीकरण: आवरण व बाह्य गाभा यांच्यामधील सीमारेषेला गटेनबर्ग विलगता म्हणतात.

17. S-लहरी (Secondary Waves) कोणत्या माध्यमातून प्रवास करू शकत नाहीत?

- (अ) घन
- (ब) द्रव
- (क) वायू
- (ड) सर्व माध्यमांतून जातात

योग्य उत्तर: (ब) द्रव.

स्पष्टीकरण: S-लहरी फक्त घन माध्यमातून प्रवास करू शकतात; द्रवरूप बाह्य गाभ्यातून त्या जाऊ शकत नाहीत, यावरूनच बाह्य गाभा द्रवरूप असल्याचे सिद्ध झाले.

18. पृथ्वीचे आद्य (प्राथमिक) वातावरण प्रामुख्याने कशाचे बनलेले होते?

- (अ) नायट्रोजन व ऑक्सिजन
- (ब) हायड्रोजन व हेलियम
- (क) कार्बन डायऑक्साइड व मिथेन
- (ड) ओझोन व आर्गोन

योग्य उत्तर: (ब) हायड्रोजन व हेलियम.

स्पष्टीकरण: पृथ्वीचे आद्य वातावरण प्रामुख्याने हायड्रोजन व हेलियमचे होते, जे सौरवाच्यामुळे नष्ट झाले.

19. पृथ्वीचे द्वितीय वातावरण कोणत्या प्रक्रियेतून तयार झाले?

- (अ) सौरवाय्यामुळे
- (ब) ज्वालामुखी उद्रेकातील निःसारणामुळे
- (क) उल्कापातामुळे
- (ड) हिमयुगामुळे

योग्य उत्तर: (ब) ज्वालामुखी उद्रेकातील निःसारणामुळे.

स्पष्टीकरण: द्वितीय वातावरण ज्वालामुखी उद्रेकातून बाहेर पडलेल्या वायूंच्या निःसारण (Outgassing) प्रक्रियेतून तयार झाले.

20. वातावरणात मुक्त ऑक्सिजनची निर्मिती कशामुळे सुरू झाली?

- (अ) ज्वालामुखी उद्रेकामुळे
- (ब) सायनोबॅक्टेरियाच्या प्रकाशसंश्लेषणामुळे
- (क) उल्कापातामुळे
- (ड) पर्जन्यवृष्टीमुळे

योग्य उत्तर: (ब) सायनोबॅक्टेरियाच्या प्रकाशसंश्लेषणामुळे.

स्पष्टीकरण: प्रकाशसंश्लेषण करणाऱ्या सायनोबॅक्टेरिया (निळे-हिरवे शैवाल) यांच्यामुळे वातावरणात मुक्त ऑक्सिजनची निर्मिती सुरू झाली.

21. महासागरांची निर्मिती कोणत्या प्रक्रियेतून झाली?

- (अ) ज्वालामुखी उद्रेकातून थेट
- (ब) जलवाष्पाच्या संघनन व पर्जन्यवृष्टीतून
- (क) हिमनद्यांच्या वितळण्यातून
- (ड) भूकंपातून

योग्य उत्तर: (ब) जलवाष्पाच्या संघनन व पर्जन्यवृष्टीतून.

स्पष्टीकरण: पृथ्वी थंड होताना वातावरणातील जलवाष्पाचे संघनन होऊन प्रचंड पर्जन्यवृष्टी झाली, त्या पाण्याच्या संचयनातून महासागर तयार झाले.

22. मिलर-युरी प्रयोग कोणत्या साली करण्यात आला?

- (अ) १९२९
- (ब) १९४५
- (क) १९५३
- (ड) १९६९

योग्य उत्तर: (क) १९५३.

स्पष्टीकरण: स्टॅन्ले मिलर व हॅरॉल्ड युरी यांनी १९५३ साली हा प्रयोग केला.

23. मिलर-युरी प्रयोगात काय सिद्ध करण्यात आले?

- (अ) जीवसृष्टीची थेट निर्मिती
- (ब) आद्य वातावरणाच्या परिस्थितीत अमिनो आम्ले तयार होऊ शकतात
- (क) पृथ्वीचे वय
- (ड) महासागरांची खोली

योग्य उत्तर: (ब) आद्य वातावरणाच्या परिस्थितीत अमिनो आम्ले तयार होऊ शकतात.

स्पष्टीकरण: या प्रयोगाने आद्य पृथ्वीच्या वातावरणाचे अनुकरण करून विद्युत ठिणग्यांच्या साहाय्याने अमिनो आम्ले (सेंद्रिय संयुगे) तयार होऊ शकतात हे दाखवले.

24. रासायनिक उत्क्रांतीची संकल्पना कोणी मांडली?

- (अ) मिलर व युरी
- (ब) ओपारीन व हॉल्डेन
- (क) डार्विन व वॉलेस
- (ड) पाश्चर

योग्य उत्तर: (ब) ओपारीन व हॉल्डेन.

स्पष्टीकरण: रासायनिक उत्क्रांतीची संकल्पना अलेक्झांडर ओपारीन व जे. बी. एस. हॉल्डेन यांनी मांडली.

25. पृथ्वीवरील सर्वात जुने जीवाश्म पुरावे अंदाजे किती जुने आहेत?

- (अ) ६ कोटी वर्षे
- (ब) ६० कोटी वर्षे
- (क) ३.५-३.८ अब्ज वर्षे
- (ड) १३.८ अब्ज वर्षे

योग्य उत्तर: (क) ३.५-३.८ अब्ज वर्षे.

स्पष्टीकरण: पृथ्वीवरील सर्वात जुने जीवाश्म पुरावे सुमारे ३.५ ते ३.८ अब्ज वर्षांपूर्वीचे आढळतात.

26. चंद्राच्या निर्मितीबाबत सर्वमान्य गृहीतक कोणते?

- (अ) ग्रहाणू सिद्धांत
- (ब) महाकाय आघात गृहीतक (Giant Impact Hypothesis)
- (क) ज्वारीय सिद्धांत
- (ड) द्वैती तारा सिद्धांत

योग्य उत्तर: (ब) महाकाय आघात गृहीतक (Giant Impact Hypothesis).

स्पष्टीकरण: चंद्राची निर्मिती 'थिया' नावाच्या मंगळाच्या आकाराच्या ग्रहाच्या पृथ्वीशी टक्करीतून झाली असे महाकाय आघात गृहीतक सांगते.

27. पृथ्वीचे वय काढण्यासाठी कोणती पद्धत वापरली जाते?

- (अ) कार्बन डेटिंग
- (ब) किरणोत्सारी अर्धायुकाल पद्धत (उदा. युरेनियम-शिसे)
- (क) भूकंपमापन
- (ड) हवामान नोंदी

योग्य उत्तर: (ब) किरणोत्सारी अर्धायुकाल पद्धत (उदा. युरेनियम-शिसे).

स्पष्टीकरण: पृथ्वीच्या व खडकांच्या वयाचा अंदाज किरणोत्सारी घटकांच्या अर्धायुकाल (Half-life) पद्धतीने, उदा. युरेनियम-शिसे पद्धतीने काढला जातो.

28. सूर्यमालेतील लघुग्रह पट्टा कोणत्या दोन ग्रहांच्या दरम्यान आहे?

- (अ) पृथ्वी व मंगळ
- (ब) मंगळ व गुरू
- (क) गुरू व शनी
- (ड) शनी व अरुण

योग्य उत्तर: (ब) मंगळ व गुरू.

स्पष्टीकरण: लघुग्रह पट्टा (Asteroid Belt) मंगळ व गुरू या ग्रहांच्या दरम्यान स्थित आहे.

29. अंतर्गत ग्रह (Terrestrial Planets) कोणते आहेत?

- (अ) गुरू, शनी, अरुण, वरुण
- (ब) बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ
- (क) पृथ्वी, गुरू, शनी, वरुण
- (ड) बुध, पृथ्वी, गुरू, वरुण

योग्य उत्तर: (ब) बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ.

स्पष्टीकरण: बुध, शुक्र, पृथ्वी व मंगळ हे खडकाळ अंतर्गत ग्रह आहेत; गुरू, शनी, अरुण, वरुण हे वायुरूप बाह्य ग्रह आहेत.

30. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा किती टक्के भाग पाण्याने व्यापलेला आहे?

- (अ) ५०%
- (ब) ६०%
- (क) ७१%
- (ड) ९०%

योग्य उत्तर: (क) ७१%.

स्पष्टीकरण: पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे सुमारे ७१% भाग पाण्याने (महासागरांनी) व्यापलेले आहे.

◆ Statement Based Questions (15 प्रश्न)

1. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. बिग बॅंग सिद्धांतानुसार विश्वाची निर्मिती सुमारे १३.८ अब्ज वर्षांपूर्वी झाली.
२. या सिद्धांताचे जनक एडविन हबल मानले जातात.

योग्य उत्तर: केवळ विधान १ बरोबर आहे.

स्पष्टीकरण: विधान १ बरोबर; परंतु बिग बॅंग सिद्धांताचे जनक जॉर्ज लमेत्र मानले जातात, हबल यांनी विश्वाच्या विस्ताराचा पुरावा दिला.

2. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. नेब्युलर सिद्धांत कान्ट व लाप्लास यांनी मांडला.
२. या सिद्धांताची मुख्य मर्यादा कोनीय संवेगाच्या वितरणाचे स्पष्टीकरण न देणे ही आहे.

योग्य उत्तर: दोन्ही विधाने बरोबर आहेत.

स्पष्टीकरण: दोन्ही विधाने वस्तुस्थितीशी सुसंगत आहेत.

3. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. ग्रहाणू सिद्धांत जीन्स व जेफ्रीज यांनी मांडला.
२. ज्वारीय सिद्धांतानुसार सूर्यातून सिंगारसारखा पदार्थाचा प्रवाह बाहेर पडला.

योग्य उत्तर: केवळ विधान २ बरोबर आहे.

स्पष्टीकरण: ग्रहाणू सिद्धांत चेंबरलिन-मॉल्टन यांचा आहे; ज्वारीय सिद्धांत जीन्स-जेफ्रीज यांचा आहे, त्यामुळे विधान १ चुकीचे आहे.

4. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. पृथ्वीची अंतर्गत रचना चार मुख्य स्तरांत विभागली जाते.
२. यातील बाह्य गाभा घनरूप तर अंतर्गत गाभा द्रवरूप आहे.

योग्य उत्तर: केवळ विधान १ बरोबर आहे.

स्पष्टीकरण: विधान १ बरोबर; परंतु प्रत्यक्षात बाह्य गाभा द्रवरूप व अंतर्गत गाभा घनरूप आहे, त्यामुळे विधान २ चुकीचे आहे.

5. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. मोहो विलगता ही भूपटल व आवरण यांच्यामधील सीमा आहे.
२. गटेनबर्ग विलगता ही आवरण व बाह्य गाभा यांच्यामधील सीमा आहे.

योग्य उत्तर: दोन्ही विधाने बरोबर आहेत.

स्पष्टीकरण: दोन्ही भूवैज्ञानिक सीमारेषा योग्यरित्या नमूद आहेत.

6. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. S-लहरी घन व द्रव दोन्ही माध्यमांतून प्रवास करतात.
२. बाह्य गाभा द्रवरूप असल्याचे S-लहरींच्या अनुपस्थितीवरून सिद्ध झाले.

योग्य उत्तर: केवळ विधान २ बरोबर आहे.

स्पष्टीकरण: S-लहरी फक्त घन माध्यमातून प्रवास करतात, द्रवातून नाही — त्यामुळे विधान १ चुकीचे आहे.

7. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. पृथ्वीचे आद्य वातावरण नायट्रोजन व ऑक्सिजनने समृद्ध होते.
२. द्वितीय वातावरण ज्वालामुखी उद्रेकातील निःसारणातून तयार झाले.

योग्य उत्तर: केवळ विधान २ बरोबर आहे.

स्पष्टीकरण: आद्य वातावरण हायड्रोजन-हेलियमचे होते, नायट्रोजन-ऑक्सिजनचे नव्हते; त्यामुळे विधान १ चुकीचे आहे.

8. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. वातावरणातील मुक्त ऑक्सिजनची निर्मिती सायनोबॅक्टेरियाच्या प्रकाशसंश्लेषणामुळे सुरू झाली.
२. ओझोन थरामुळे सजीवांचे अतिनील किरणांपासून संरक्षण होते.

योग्य उत्तर: दोन्ही विधाने बरोबर आहेत.

स्पष्टीकरण: दोन्ही विधाने वैज्ञानिकदृष्ट्या अचूक आहेत.

9. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. महासागरांची निर्मिती जलवाष्पाच्या संघनन व पर्जन्यवृष्टीतून झाली.
२. पृथ्वीवरील सर्व पाणी फक्त उल्का व धूमकेतूंमधूनच आले.

योग्य उत्तर: केवळ विधान १ बरोबर आहे.

स्पष्टीकरण: महासागरनिर्मितीचे मुख्य कारण संघनन व पर्जन्य हे आहे; उल्का-धूमकेतूंचा काही प्रमाणात हातभार असावा असे एक मत आहे, पण 'फक्त' हे विधान चुकीचे आहे.

10. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. मिलर-युरी प्रयोग १९५३ साली करण्यात आला.
२. या प्रयोगाने सजीवांची थेट निर्मिती करून दाखवली.

योग्य उत्तर: केवळ विधान १ बरोबर आहे.

स्पष्टीकरण: प्रयोगाने अमिनो आम्ले (संद्रिय संयुगे) तयार होऊ शकतात हे दाखवले, सजीवांची थेट निर्मिती नाही.

11. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. रासायनिक उत्क्रांतीची संकल्पना ओपारीन व हॉल्डेन यांनी मांडली.
२. चंद्राची निर्मिती महाकाय आघात गृहीतकानुसार स्पष्ट केली जाते.

योग्य उत्तर: दोन्ही विधाने बरोबर आहेत.

स्पष्टीकरण: दोन्ही विधाने अचूक आहेत.

12. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. पृथ्वी ही सूर्यापासून दुसऱ्या क्रमांकावरील ग्रह आहे.
२. पृथ्वी सूर्यमालेतील सर्वाधिक घनतेचा ग्रह आहे.

योग्य उत्तर: केवळ विधान २ बरोबर आहे.

स्पष्टीकरण: पृथ्वी सूर्यापासून तिसऱ्या क्रमांकावर आहे (बुध, शुक्र, नंतर पृथ्वी); त्यामुळे विधान १ चुकीचे आहे.

13. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. लघुग्रह पट्टा मंगळ व गुरू यांच्या दरम्यान आहे.
२. कायपर पट्टा शनी व अरुण यांच्या दरम्यान आहे.

योग्य उत्तर: केवळ विधान १ बरोबर आहे.

स्पष्टीकरण: कायपर पट्टा वरुण ग्रहाच्या पलीकडे आहे, शनी-अरुण दरम्यान नाही; त्यामुळे विधान २ चुकीचे आहे.

14. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. जड पदार्थ (लोह-निकेल) गुरुत्वाकर्षणामुळे पृथ्वीच्या केंद्राकडे गेले.
२. हलके पदार्थ (सिलिकेट खडक) पृथ्वीच्या बाह्य भागात राहिले.

योग्य उत्तर: दोन्ही विधाने बरोबर आहेत.

स्पष्टीकरण: पृथ्वीच्या वितळलेल्या अवस्थेतील विभेदन प्रक्रियेचे हे अचूक वर्णन आहे.

15. खालील विधाने विचारात घ्या:

१. द्वैती तारा सिद्धांतानुसार सूर्याला मूळतः साथीदार तारा होता.
२. हा सिद्धांत रॉबर्ट रसेल व लिटिलटन यांनी मांडला.

योग्य उत्तर: दोन्ही विधाने बरोबर आहेत.

स्पष्टीकरण: दोन्ही विधाने द्वैती तारा सिद्धांताचे योग्य वर्णन करतात.

◆ क्रम लावा

1. बिग बॅंगपासून पृथ्वीवरील जीवसृष्टीपर्यंतचा योग्य क्रम लावा:

महासागरांची निर्मिती | बिग बॅंग | सौरमालेची निर्मिती | जीवनाची उत्पत्ती | पृथ्वीची निर्मिती | वातावरणाची निर्मिती

योग्य क्रम: बिग बॅंग → सौरमालेची निर्मिती → पृथ्वीची निर्मिती → वातावरणाची निर्मिती → महासागरांची निर्मिती → जीवनाची उत्पत्ती

2. पृथ्वीच्या उत्पत्तीसंबंधी सिद्धांतांचा कालानुक्रमे (मांडणीनुसार) क्रम लावा:

ज्वारीय सिद्धांत (जीन्स-जेफ्रीज) | नेब्युलर सिद्धांत (कान्ट) | द्वैती तारा सिद्धांत (रसेल-लिटिलटन) | ग्रहाणू सिद्धांत (चेंबरलिन-मॉल्टन)

योग्य क्रम: नेब्युलर सिद्धांत (१७५५) → ग्रहाणू सिद्धांत (१९०५) → ज्वारीय सिद्धांत (१९१७) → द्वैती तारा सिद्धांत (१९३५)

3. आधुनिक सौरनीहारिका सिद्धांतानुसार ग्रहनिर्मितीचा क्रम लावा:

ग्रहाणू | प्रोटोग्रह | वायू-धुळीचा ढग | फिरणारी चकती | ग्रहांची निर्मिती

योग्य क्रम: वायू-धुळीचा ढग → फिरणारी चकती → ग्रहाणू → प्रोटोग्रह → ग्रहांची निर्मिती

4. पृथ्वीच्या अंतर्गत स्तरांचा पृष्ठभागापासून केंद्राकडे क्रम लावा:

आवरण | अंतर्गत गाभा | भूपटल | बाह्य गाभा

योग्य क्रम: भूपटल → आवरण → बाह्य गाभा → अंतर्गत गाभा

◆ शेवटचा One-Day Revision

संपूर्ण अध्यायाची झटपट उजळणी:

- विश्वाची निर्मिती: १३.८ अब्ज वर्षांपूर्वी, बिग बॅंग सिद्धांत (जनक: जॉर्ज लमेत्र, पुरावा: एडविन हबल).
- सूर्यमाला व पृथ्वी: सुमारे ४.५४-४.६ अब्ज वर्षांपूर्वी निर्मिती.
- नेब्युलर सिद्धांत — कान्ट (१७५५), लाप्लास (१७९६) — मर्यादा: कोनीय संवेग.
- ग्रहाणू सिद्धांत — चेंबरलिन-मॉल्टन.
- ज्वारीय सिद्धांत — जीन्स-जेफ्रीज — सिंगारसारखा पदार्थप्रवाह.
- द्वैती तारा सिद्धांत — रसेल-लिटिल्टन.
- आधुनिक सौरनीहारिका सिद्धांत — सद्य सर्वमान्य सिद्धांत.
- पृथ्वीचे ४ अंतर्गत स्तर: भूपटल, आवरण, बाह्य गाभा (द्रव), अंतर्गत गाभा (घन).
- मोहो विलगता: भूपटल-आवरण; गटेनबर्ग विलगता: आवरण-बाह्य गाभा; लेहमन विलगता: बाह्य-अंतर्गत गाभा.
- S-लहरी द्रवातून जात नाहीत → बाह्य गाभा द्रवरूप हा पुरावा.
- आद्य वातावरण: हायड्रोजन-हेलियम (नष्ट); द्वितीय वातावरण: ज्वालामुखी निःसारणातून (जलवाष्प, CO₂, N₂).
- ऑक्सिजन निर्मिती: सायनोबॅक्टेरियाचे प्रकाशसंश्लेषण → ग्रेट ऑक्सिडेशन इव्हेंट.
- महासागर निर्मिती: जलवाष्प संघनन + पर्जन्यवृष्टी, सुमारे ४ अब्ज वर्षांपूर्वी.
- रासायनिक उत्क्रांती संकल्पना — ओपारीन व हॉलडेन.
- मिलर-युरी प्रयोग — १९५३ — अमिनो आम्लांची निर्मिती सिद्ध.
- सर्वात जुने जीवाश्म पुरावे: ३.५-३.८ अब्ज वर्षे जुने.
- चंद्रनिर्मिती: महाकाय आघात गृहीतक (थिया-पृथ्वी टक्कर).
- अंतर्गत ग्रह (खडकाळ): बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ; बाह्य ग्रह (वायुरूप): गुरू, शनी, अरुण, वरुण.
- लघुग्रह पट्टा: मंगळ-गुरू दरम्यान; कायपर पट्टा: वरुणाच्या पलीकडे; ऊर्ट ढग: सर्वात बाहेरील प्रदेश.
- पृथ्वी: सूर्यापासून तिसरा ग्रह, सर्वाधिक घनतेचा ग्रह, ७१% पृष्ठभाग पाण्याने व्यापलेला.

या अध्यायातून काय लक्षात ठेवायचे? (२० मुद्दे)

1. विश्वाची निर्मिती बिग बॅंगने सुमारे १३.८ अब्ज वर्षांपूर्वी झाली — जनक जॉर्ज लमेत्र, पुरावा एडविन हबल.
2. सूर्यमाला व पृथ्वी सुमारे ४.५-४.६ अब्ज वर्षांपूर्वी तयार झाल्या.
3. नेब्युलर सिद्धांत: कान्ट (१७५५) व लाप्लास (१७९६) — मर्यादा: कोनीय संवेग.
4. ग्रहाणू सिद्धांत: चेंबरलिन-मॉल्टन; ज्वारीय सिद्धांत: जीन्स-जेफ्रीज; द्वैती तारा सिद्धांत: रसेल-लिटिलटन.
5. आधुनिक सौरनीहारिका सिद्धांत सध्या सर्वमान्य आहे — टप्पे: नीहारिका → चकती → ग्रहाणू → प्रोटोग्रह → ग्रह.
6. पृथ्वीचे ४ अंतर्गत स्तर: भूपटल, आवरण, बाह्य गाभा (द्रव), अंतर्गत गाभा (घन).
7. मोहो, गटेनबर्ग व लेहमन या विलगता स्तरांच्या सीमा दर्शवतात.
8. S-लहरी द्रवातून जात नाहीत — यावरून बाह्य गाभा द्रवरूप असल्याचे सिद्ध झाले.
9. पदार्थाच्या विभेदनामुळे जड पदार्थ केंद्राकडे व हलके पदार्थ बाहेर स्थिरावले.
10. आद्य वातावरण हायड्रोजन-हेलियमचे होते, ते नष्ट झाले.
11. द्वितीय वातावरण ज्वालामुखी निःसारणातून (जलवाष्प, CO₂, N₂) तयार झाले.
12. सायनोबॅक्टेरियाच्या प्रकाशसंश्लेषणातून वातावरणात मुक्त ऑक्सिजन आला.
13. जलवाष्पाचे संघनन व पर्जन्यातून महासागरांची निर्मिती झाली (सुमारे ४ अब्ज वर्षांपूर्वी).
14. रासायनिक उत्क्रांती संकल्पना: ओपारीन व हॉल्डेन.
15. मिलर-युरी प्रयोग (१९५३) — अजैविक पदार्थापासून अमिनो आम्ले तयार होऊ शकतात हे सिद्ध.
16. सर्वात जुने जीवाश्म पुरावे ३.५-३.८ अब्ज वर्षे जुने आहेत.
17. चंद्राची निर्मिती महाकाय आघात गृहीतकानुसार (थिया-पृथ्वी टक्कर) स्पष्ट केली जाते.
18. अंतर्गत ग्रह खडकाळ (बुध-शुक्र-पृथ्वी-मंगळ), बाह्य ग्रह वायुरूप (गुरू-शनी-अरुण-वरुण).
19. लघुग्रह पट्टा मंगळ-गुरू दरम्यान; कायपर पट्टा वरुणाच्या पलीकडे; ऊर्ट ढग सर्वात बाहेर.
20. पृथ्वी सूर्यापासून तिसरा ग्रह, सर्वाधिक घनतेचा ग्रह, ७१% पृष्ठभाग पाण्याने व्यापलेला.

© Dnyanplus Academy — सर्व हक्क राखीव. या साहित्याचे पुनरुत्पादन, वितरण किंवा व्यावसायिक वापर लेखी परवानगीशिवाय करण्यास मनाई आहे.