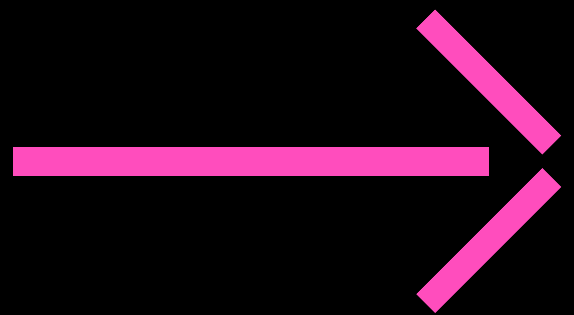

CEMENTATION



EARTH SCIENCE I 고체편 WEEK1

The-N. EarthCoach 지음

The-N. 교육연구소

[들어가면서]

안녕하세요! 새로운 교육의 시작, <더엔교육연구소>의 The-N. EarthCoach입니다.
 "Cementation"은 현재 고등학교 지구과학 과목의 6종 교과서의 기본 개념을 선지화 하여 가볍게 읽으면서 개념을 정리할 수 있도록 한 교재입니다. 이 교재를 통해 지구과학에 대한 내용을 스스로 정리하면서 동시에 부족한 부분을 확인하고 보완할 수 있을 것입니다.

고체, 유체, 천체의 세 파트로 나누어 각 4주씩, 총 12주에 걸쳐 배포될 예정입니다. 이 교재를 집필하면서 그 누구의 도움이나 사설 교재를 참고하지 않았습니다. 오로지 2015 개정 교육과정 지구과학 과목의 6종 교과서만 참고하였음을 미리 알려드립니다.

[소개]

(모두 현장 응시)

2022학년도 6월 모의평가 - 5등급

2022학년도 9월 모의평가 - 4등급

2022학년도 수능 - 5등급

2023학년도 6월 모의평가 - 1등급 (47점)

2023학년도 9월 모의평가 - 1등급 (50점)

2023학년도 수능 - 1등급 (47점)

2024학년도 6월 모의평가 - 1등급 (50점)

2024학년도 9월 모의평가 - 1등급 (50점)

2024학년도 수능 - 1등급 (50점)

지구과학 콘텐츠 검토, 문항 출제 및 검토, QnA 조교로 활동

2024학년도 지구과학 폴라리스 모의고사 검토진

2023학년도 6월 모의평가 <만점의 생각> 검토진

2024학년도 All Day 9월 수학 모의고사 검토진

2024학년도 All Day 11월 수학 모의고사 검토진

2025학년도 All Day 3월 수학 모의고사 검토진

2023년 지구과학 폴라리스팀 1차 합격

2023년 지구과학 Orion팀 1차 합격

2023년 지구과학 파블로팀 1차합격

2025학년도 이로운 모의고사 시즌1 검토진

2025학년도 6월 모의평가 과외생 전원 1등급, 3명 만점

지구과학에 대한 상담 및 궁금증이 있으시면 오르비 쪽지 또는 프로필의 오픈 채팅으로 연락주시면 감사하겠습니다!

[판 구조론과 대륙 분포의 변화]

1. 베게너 이전에 해안선 모양의 유사성에 주목하여 과거에 대륙이 붙어 있었다고 주장한 사람들이 있었다.
2. 베게너는 한 덩어리로 있었던 대륙이 분리되어 이동하였다고 주장했다.
3. 베게너는 고생대 말에서 중생대 초에 걸쳐 모든 대륙이 하나로 합쳐져 판게아라는 초대륙이 형성되었다고 주장하였다.
4. 베게너는 대륙의 이동에서 습곡 산맥이, 이동 방향의 후면에서 섬들이 형성된다고 주장하였다.
5. 베게너는 판게아가 중생대 쥐라기부터 분리되고 이동하여 현재와 같은 수륙 분포가 나타났다고 주장했다.
6. 베게너는 남아메리카 해안선과 아프리카 해안선 모양의 유사성과 지질 구조의 연속성을 대륙 이동설의 증거로 제시하였다.
7. 고생대 후기에서 트라이아스기에 살았던 육상 생물들이 서로 떨어진 대륙에서 발견된다.
8. 인도와 남반구의 여러 대륙에서 빙하의 흔적이 발견된다.
9. 고생대 후기의 빙퇴석은 과거에 여러 대륙이 한 곳에 모여 있었음을 나타내는 증거이다.
10. 대륙 이동설이 받아들여지지 않은 원인은 대륙 이동의 원동력이 제시되지 않았기 때문이다.
11. 1928년 홈스는 맨틀의 상하부에 온도 차가 생겨 맨틀 대류가 일어날 수 있다고 주장하였다.
12. 홈스가 제시한 맨틀 대류의 원동력은 방사성 물질의 붕괴열과 지구 중심부에서 올라오는 열이다.
13. 맨틀 대류설에 의하면 맨틀 위에 떠 있는 지각은 뗏목처럼 맨틀 대류에 의해 이동한다.
14. 상승한 맨틀 물질은 지각 하부에서 갈라져 수평으로 흘러가며, 이에 의해 지각이 갈라진다.
15. 맨틀 대류의 하강부에서는 저온의 현무암질 지각이 수축하여 아래로 침강하는 대류를 일으킨다.
16. 맨틀 대류의 하강부에서 지각이 맨틀 속으로 끌어당겨지면서 해구나 습곡 산맥이 형성된다.
17. 맨틀 대류설은 실험이나 관찰로 증명할 수 없어 학계의 인정을 받지 못했다.
18. 해저 탐사 기술이 발달하면서 맨틀 대류설이 재조명받았다.

19. 1900년대 중반까지 대부분의 사람들은 해저가 평평하며 해양 지각은 대륙 지각보다 오래되었다고 생각했다.
20. 배에서 추가 달린 줄을 내려 수심을 측정하는 방법은 오차가 많아 해저 지형에 대한 정보를 많이 얻을 수 없었다.
21. 음향 측심법이 개발되면서 해저 지형에 대한 방대한 자료를 얻을 수 있었다.
22. 음향 측심법에 의해 대서양 해저의 해령과 열곡이 발견되었다.
23. 1950년대 미국에서 해령 부근에서 지진이 자주 발생한다는 사실을 알게 되었다.
24. 태평양과 인도양에는 해령이 분포한다.
25. 태평양에서 해령은 동쪽에 치우쳐 있어 동태평양 해령을 이룬다.
26. 해양 탐사선이 지나가면서 해저에 음파를 발생하면, 음파는 해저에 닿아 반사되어 되돌아온다.
27. 헤스와 디츠는 해령에서 맨틀 물질이 상승하여 해양 지각이 형성되고 해령을 축으로 양쪽으로 멀어짐에 따라 해저가 확장된다고 주장하였다.
28. 맨틀 대류의 상승으로 열곡의 존재를 설명할 수 있다.
29. 해저 확장의 증거로는 해양 지각의 연령 분포, 퇴적물의 두께, 지각 열류량의 분포 등이 있다.
30. 해령 양쪽으로 멀어질수록 해양 지각의 나이가 많아진다.
31. 해령 양쪽으로 멀어질수록 퇴적물의 두께가 두꺼워지고 퇴적물 최하층의 나이가 많아진다.
32. 가장 오래된 해양 지각은 2억 년보다 오래되지 않았다.
33. 마그마가 식으면서 광물이 정출될 때 자성이 있는 광물 입자는 당시의 자기장 방향에 따라 배열된다.
34. 암석에 기록된 자기의 성질은 지각 변동을 겪어도 암석에 보존된다.
35. 암석에 기록된 고지자기로부터 암석이 위치한 지역이 자기극에 대해 어떻게 이동했는지 추적할 수 있다.
36. 바인과 메튜스는 해령에서의 지자기를 조사하여 지자기 역전의 줄무늬가 해령을 중심으로 대칭적으로 분포함을 발견하였다.
37. 해령은 지속적으로 연결되지 않은 선 구조로 발달한다.

38. 해령은 해령에 대해 수직으로 배열된 기다란 변환 단층에 의하여 어긋나 있다.
39. 해령과 해령 사이에서는 지진이 일어나지만, 단열대에서는 지진이 거의 일어나지 않는다.
40. 단열대에서는 두 판이 서로 같은 방향으로 이동한다.
41. 변환 단층의 발견은 해저가 해령을 중심으로 양쪽으로 확장한다는 증거가 되었다.
42. 일본 열도, 알류산 열도, 쿠릴 열도 등 활 모양을 이루며 길게 분포하는 섬들을 호상 열도라고 한다.
43. 호상 열도는 대부분 화산에서 나온 물질로 이루어져 있다.
44. 태평양의 해저에는 호상 열도와 나란히 해구가 분포한다.
45. 지진이 일어나는 위치는 해구에서 대륙 쪽으로 가면서 깊어진다.
46. 해구에서의 진원 분포는 해양 지각이 맨틀로 끌려 들어가는 과정에서 일어나는 현상이다.
47. 해령에서 생성된 해양 지각은 해령에서 멀어지면서 냉각되어 무거워지고, 시간이 지나면 소멸한다.
48. 해양 지각이 맨틀 속으로 섭입하는 과정에서 마찰이 일어나 지진이 발생하고 마그마가 생성되어 호상 열도가 형성된다.
49. 대륙 이동설은 맨틀 대류설과 해양저 확장설에 의해 완전히 부정되지는 않았다.
50. 판 구조론은 대륙 이동설, 맨틀 대류설, 해양저 확장설을 모두 통합하였다.
51. 1968년 모건은 지구 표면은 13여 개의 크고 작은 판으로 구분된다는 판 구조론을 발표하였다.
52. 판 구조론은 지진대, 화산대, 해구, 해저 산맥 등을 통합적으로 설명하는 이론이다.
53. 판의 두께는 대륙이 해양보다 두꺼우며, 평균 100km 정도이다.
54. 지각에서 상부 맨틀의 일부를 포함하는 암석권이 판에 해당한다.
55. 맨틀 대류만으로 판이 이동하는 원동력을 설명할 수 없다.
56. 해령 아래에서 마그마가 상승하면서 판을 양쪽으로 미는 힘이 발생한다.
57. 섭입대에서 무거운 판이 침강하면서 판을 섭입대 쪽으로 잡아당기는 힘이 발생한다.

58. 섭입대를 포함하는 판은 그렇지 않은 판보다 이동 속도가 빠르다.
59. 발산형 경계는 두 판이 서로 멀어지는 경계이며, 해령이 이에 해당한다.
60. 해령은 대양저에서 1~2km 정도 솟아 있고, 정상부에는 열곡이 발달해있다.
61. 열곡에서는 맨틀 물질이 상승하면서 생성된 마그마가 분출하여 새로운 해양판이 만들어지고, 이 해양판은 해령 양쪽으로 확장된다.
62. 해령에서는 장력에 의해 정단층이 주로 발생하며 천발 지진이 자주 발생한다.
63. 수렴형 경계는 두 판이 서로 가까워지는 경계이며, 섭입형 경계와 충돌형 경계로 구분된다.
64. 섭입형 경계에서 밀도가 큰 해양판이 밀도가 작은 해양판 아래로 섭입하면서 해구와 호상 열도가 나란히 나타난다.
65. 판의 밀도는 해양판이 대륙판보다 크다.
66. 해양판이 대륙판 아래로 섭입하면서 호상 열도와 습곡 산맥이 생성된다.
67. 해구에서 대륙 쪽으로 갈수록 진원의 깊이가 깊어진다.
68. 두 대륙판이 충돌하는 충돌형 경계에서는 밀도가 큰 대륙판이 섭입하지 않는다.
69. 두 대륙판이 충돌하면 사이에 있던 바다는 퇴적되고 해양 퇴적층이 밀려 올라와 습곡 산맥이 형성된다.
70. 충돌형 경계에서 화산 활동은 거의 발생하지 않으나 지진은 자주 발생한다.
71. 변환 단층은 보존형 경계에 해당한다.
72. 변환 단층은 해저 확장의 중요한 증거이다.
73. 변환 단층에서는 두 판이 어긋남에 따라 천발 지진이 자주 발생하며 화산 활동이 일어나지 않는다.
74. 산안드레아스 단층은 육지에 발달한 변환단층이다.
75. 유럽과 북아메리카 대륙에서 측정한 과거 약 5억 년 동안의 고지자기 북극의 위치는 지질 시대에 따라 다르며, 각 대륙에서 구한 자기 북극의 위치가 두 개로 나뉘어 있다.
76. 각 대륙에서 지구 자기 북극이 이동한 경로는 비슷하지만, 과거로 갈수록 위치가 벌어진다.

77. 두 대륙에서 구한 지구 자기 북극의 이동 경로가 겹치지 않는 것은 대륙의 이동 결과다.
78. 대륙이 하나로 붙어 있었을 때는 암석에 기록된 지구 자기 북극이 한 방향을 가리킨다.
79. 지구 자기 북극의 위치가 지질 시대에 따라 이동하며 두 개로 나뉜 것처럼 보인 것은 대륙이 이동하였기 때문에 나타나는 겹보기 이동이다.
80. 지구 자기 북극의 겹보기 이동은 베게너의 대륙 이동설을 부활시키는 계기가 되었다.
81. 인도 대륙은 원래 남극 대륙 부근에 있었으나 이동하여 현재 위치에 오게 되었다.
82. 히말라야 산맥에서 암모나이트 화석이 발견된다.
83. 고지자기 관측, 화석 연구 등을 종합하면 과거 대륙의 분포와 이동을 확인할 수 있다.
84. 지질 시대 동안 여러 차례 대륙들이 합쳐져 만들어진 초대륙은 여러 개였다.
85. 약 12억 년 전에는 초대륙 로디니아가 존재하였다.
86. 로디니아는 약 8억 년 전부터 몇 개의 대륙으로 분리되었고, 분리된 대륙들은 이동하다가 약 2억 7천만 년 전 다시 모여 판게아를 형성하였다.
87. 판게아는 약 2억 년 전부터 분리되기 시작하였다.
88. 1억 5천만 년 전의 판게아 분리의 초기 단계에는 대서양 북쪽이 열려 유럽 대륙과 북아메리카 대륙이 분리되기 시작하였다.
89. 유럽 대륙과 북아메리카 대륙이 분리된 이후 아프리카 대륙과 남아메리카 대륙이 분리되었고, 이후에 인도 대륙이 오스트레일리아 대륙에서 분리되었다.
90. 대서양은 시간이 지남에 따라 확장되었다.
91. 인도 대륙은 북상하며 아시아 대륙과 충돌하며 히말라야 산맥을 형성하였다.
92. 대륙들은 지질 시대 동안 끊임없이 이동하였고 현재도 움직이고 있다.

-교학사-

1. 과거 과학자들은 지각이 수직 방향으로 운동하는 것이 지각 변동의 주요 원인이라고 생각하였다.
2. 수직 방향의 운동으로는 설명할 수 없는 지각 변동이 알려지게 되면서 수평 방향의 운동이 지각 변동의 원인이라는 생각도 받아들여지기 시작하였고, 이를 구체적으로 설명한 이론이 베게너의 대륙 이동설이다.
3. 1912년 독일의 과학자 베게너는 멀리 떨어진 대륙들의 해안선이 모양이 서로 비슷하다는 것에 착안하여 대륙이 움직인다는 대륙 이동설을 발표하였다.
4. 베게너는 과거에 하나였던 대륙이 시간이 지나면서 여러 대륙으로 분리되고 이동하여 현재와 같은 대륙 분포를 이루게 되었다고 주장하였다.
5. 베게너는 대륙 이동설에서 과거에 존재하였던 하나의 초대륙을 '모든 땅들'이라는 의미의 그리스어인 '판게아'라고 불렀다.
6. 베게너의 대륙 이동설은 대륙이 이동하는 원동력에 대한 설명이 부족했기 때문에 당시에는 인정을 받지 못하였다.
7. 베게너는 대륙 이동의 증거로 해안선의 유사성, 서로 다른 대륙에서의 같은 종의 생물 화석의 발견, 지질 구조의 연속성, 과거 빙하의 흔적 등을 제시하였다.
8. 1929년 영국의 지질학자 홈스는 지각 아래에 있는 맨틀이 열대류를 하고 있으며, 이 힘으로 대륙이 이동한다는 맨틀 대류설을 주장하였다.
9. 홈스는 방사성 원소의 붕괴에 의한 열로 지각이 용융된다고 주장하였으며, 맨틀 대류설로 대륙의 이동과 산맥의 형성 과정을 설명하였다.
10. 홈스는 맨틀이 상승하는 지역에서는 맨틀이 서로 반대 방향으로 이동하면서 대륙이 갈라지고, 갈라진 대륙은 맨틀이 대류하는 방향으로 움직이게 된다고 설명하였다.
11. 베게너가 대륙 이동설을 제안했던 20세기에는 세계적인 규모로 두 차례의 전쟁이 일어났는데, 전쟁 중에 잠수함과 초음파를 이용한 수중 탐사 기술이 발달하였다.
12. 해수면에서 초음파를 해저 바닥을 향하여 발사하면 초음파는 해저 지형에 반사된 뒤 되돌아온다.
13. 해수면에서 해저 바닥을 향하여 발사한 초음파가 되돌아오는 데 걸리는 시간을 이용하면 해저 지형의 높낮이를 측정할 수 있는데, 이 방법을 음향 측심법이라고 한다.
14. 초음파를 해저 바닥으로 발사하여 되돌아오는 왕복 시간을 측정한 후, 초음파의 속도를 곱하고 2로 나누면 해저 지형의 깊이를 구할 수 있다.

15. 음향 측심법을 통해 해저에는 편평한 곳도 있지만 깊은 골짜기가 나타나기도 하며, 높고 거대한 해저 산맥인 해령이 있다는 것도 알 수 있다.
16. 해령의 중심부에는 깊은 골짜기인 열곡이 발달하고 있으며, 열곡이 길게 이어지면서 연결되어 만들어진 열곡대도 발견할 수 있다.
17. 해령을 가로지르는 방향으로 변환 단층이 발달한다.
18. 1960년대 초 헤스와 디츠는 해저 산맥의 중심인 해령에서 고온의 맨틀 물질이 상승하여 분출하면서 새로운 해양 지각을 생성하고, 이렇게 만들어진 해양 지각이 해령을 중심으로 반대 방향으로 이동해 가면서 해저가 점차 넓어진다는 해양저 확장설을 제안하였다.
19. 해령에서 나타나는 열곡대는 고온의 맨틀 물질이 분출하며 해양 지각이 확장된 흔적이다.
20. 변환 단층은 지각이 소멸 되거나 생성되지 않고 수평적으로 어긋나는 곳으로, 화산 활동은 없고 단층면을 따라 지진이 일어난다.
21. 변환 단층이 생기는 원인은 지구가 둥글기 때문에 해령의 위치에 따라 해양 지각이 확장하는 방향과 속력이 서로 다르기 때문이다.
22. 해저 지형을 탐사한 자료를 분석해 보면 해양 지각을 이루는 암석의 연령은 해령에서 가장 낮고, 해령에서 양쪽으로 멀어질수록 높아진다.
23. 해령에서 멀어질수록 퇴적물의 두께는 두꺼워진다.
24. 해양 지각의 대부분은 철 성분이 많은 현무암질 암석으로 이루어져 있다.
25. 현무암질 암석에 있는 철 성분이 풍부한 광물은 자성을 갖게 되어 생성될 당시의 지구 자기장이 기록되는데, 이를 고지자기라고 한다.
26. 해양 지각의 고지자기를 분석하면 현재의 지구 자기장 방향과 나란한 정상 시기와 반대 방향인 역전 시기가 교대로 반복되어 나타나는데, 이를 지자기의 줄무늬라고 한다.
27. 지질학자인 바인과 메튜스는 1963년 해양 지각에서 나타나는 지자기의 줄무늬를 해양저 확장과 관련지어 설명하였다.
28. 고지자기 줄무늬가 해령을 기준으로 대칭적으로 나타나는 것은 해령을 기준으로 해양저가 확장되고 있다는 증거이다.
29. 지진 탐사 기술이 발달하면서 해양 지각과 대륙 지각이 만나는 섭입대에서 발생한 지진의 진원 깊이는 대륙 지각 쪽으로 갈수록 깊어진다는 것이 미국의 베니오프에 의해 측정되었다.

30. 섭입대는 두 판이 만날 때 밀도가 큰 판이 밀도가 작은 판 아래로 비스듬히 파고들어가는 곳이다.
31. 섭입대에서 섭입된 판이 맨틀로 변질됨으로써 판의 소멸이 일어난다.
32. 베니오프의 연구는 해양 지각이 대륙 지각 밑으로 비스듬히 들어가고 있다는 것을 알려주는 것으로, 해령에서 생성된 지각이 서서히 이동한 뒤 대륙 지각과 만나 소멸한다는 것을 설명해 준다.
33. 해양 지각이 대륙 지각과 충돌하면 해구가 형성되고, 섭입대를 따라 지진이 발생한다.
34. 많은 의문과 논쟁을 일으켰던 대륙 이동설은 과학과 탐사 기술이 발달하고 대륙 이동에 관한 과학적인 증거들이 발견되면서 하나의 이론으로 발전하였다.
35. 대륙 이동설은 과학적 증거들을 통해 맨틀 대류설과 해양저 확장설로 발전하였으며, 이를 통합하여 판 구조론이라는 이름으로 정립되었다.
36. 판 구조론은 대륙 이동을 여러 판의 움직임으로 이해하고, 판이 움직이는 원동력을 맨틀 대류와 해양 지각의 높은 밀도로 설명하였다.
37. 판 구조론은 지구에서 일어나는 지진과 화산 활동 및 산맥 형성 등과 같은 여러 지질 현상들을 통합적으로 설명할 수 있는 하나의 이론으로 제안된 것이다.
38. 판 구조론은 지구 표면이 여러 조각으로 이루어졌다는 생각에서 시작한다.
39. 지구 표면을 이루는 조각들을 판이라고 하며, 지구 표면은 10개의 크고 작은 판으로 이루어져 있다.
40. 판을 이루고 있는 암석권 아래의 연약권은 온도가 매우 높아 유동성이 있는 고체 상태이다.
41. 연약권은 유동성이 있기 때문에 그 위에 있는 암석권도 천천히 이동한다.
42. 대륙 지각과 해양 지각은 판 상부에 놓여 있으므로 판의 이동에 따라 함께 이동하게 된다.
43. 암석에 기록된 고지자기를 분석하면 과거 대륙의 위치가 시간에 따라 어떻게 이동했는지 알 수 있다.
44. 유럽과 북아메리카에서 어느 기간 동안에 일어난 자북극의 이동 경로를 확인하면 이동한 경로가 두 갈래로 나타나는데, 이는 대륙이 이동했기 때문이다.
45. 유럽과 북아메리카에서 관측된 고지자기의 이동 경로를 합쳐 일치시켜 보면 과거에 두 대륙이 하나로 붙어 있었다는 것을 알 수 있다.
46. 판이 서로 분리되어 멀어지는 곳을 발산 경계라고 한다.

47. 발산 경계에서는 판이 갈라진 틈으로 암석이 녹은 물과 가스가 혼합되어 만들어진 마그마가 흘러나오면서 새로운 지각을 형성한다.
48. 발산 경계에서는 맨틀 대류의 상승부로 형성된 마그마가 썩기 역할을 하여 관입함으로써 이웃한 두 판을 확장시킨다.
49. 발산 경계에서는 화산 활동이 활발하고 천발 지진이 발생한다.
50. 진원의 깊이가 70km 미만에서 발생하는 지진을 천발 지진, 70~300km 사이에서 발생하는 지진을 중발 지진, 300~700km 사이에서 발생하는 지진을 심발 지진이라고 한다.
51. 판이 마주보면서 서로를 향해 움직이는 곳을 수렴 경계라고 한다.
52. 수렴 경계에서는 판이 소멸하며 습곡이 만들어지고 천발 지진과 심발 지진, 화산 활동 등이 활발하게 일어난다.
53. 두 판이 서로 반대 방향으로 수평적으로 미끄러져 이동하는 곳을 보존 경계라고 한다.
54. 보존 경계에서는 두 판이 만나지만 서로 스쳐 지나가기 때문에 판이 생성되거나 소멸하지 않는다.
55. 중앙 해령이 끊어져 어긋나는 곳에는 변환 단층이 형성되는데, 주로 천발 지진만 발생한다.
56. 대부분의 보존 경계는 해양판에 존재하지만 일부는 대륙에서도 찾을 수 있다.
57. 약 2억 5천만 년 전에는 초대륙 판게아와 하나의 거대한 해양만이 존재하였다.
58. 약 1억 8천만 년 전에 북아메리카판이 남극판에서 떨어져 나가고, 인도가 아프리카에서 분리되었다.
59. 약 1억 년 전에 대서양이 형성되었고, 인도판이 유라시아판을 향해 이동했으며 남극 대륙에서 오스트레일리아가 분리되었다.
60. 약 6천만 년 전에는 대륙의 위치가 현재와 비슷했는데, 인도가 아시아와 충돌하기 시작했으며 현재의 지중해가 형성되고 있었다.
61. 지구의 전체적인 표면적은 지질 시대 동안 크게 변하지 않았다.
62. 각 판의 크기와 모양 등은 판 경계의 종류, 판의 이동 방향, 판의 이동 속력에 따라 계속 변하고 있다.
63. 현재 지구에 분포하는 6개의 대륙은 고생대 후기에 형성된 판게아라는 초대륙에서 분리된 것으로, 판게아가 분리되면서 대서양이 형성되었다.

64. 대륙이 이동하는 속력은 매우 느리지만 오랜 시간에 걸쳐 움직이기 때문에 대륙과 해양의 크기와 모형이 계속 변해 간다.

-금성-

1. 판 구조론이 등장하기 전 대부분의 과학자들은 고온의 지구가 식으면서 수축하여 산맥이 만들어졌다고 주장했다.
2. 대서양을 사이에 두고 있는 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙의 해안선 모양을 살펴보면 두 대륙의 해안선이 잘 들어맞는다는 것을 알 수 있다.
3. 베게너는 오스트레일리아 대륙과 인도 대륙의 화석 분포를 보고 두 대륙이 원래 하나로 붙어 있었다고 생각했다.
4. 1912년 베게너는 과거에 하나로 모여 있던 대륙이 분리되고 이동하여 현재와 같은 수륙 분포를 이루게 되었다는 대륙 이동설을 주장하였다.
5. 베게너는 고생대 말기에 하나로 모여 있던 초대륙을 판게아라고 하였다.
6. 베게너는 대륙 이동의 원동력을 제시하지 못하였기 때문에 대부분의 과학자들은 대륙 이동설을 받아들이지 못했다.
7. 서로 떨어진 대륙을 하나로 모으면 빙하의 흔적이 남극을 중심으로 분포하는데, 이는 고생대에 지구 전체가 빙하로 덮여 있었기 때문이 아니다.
8. 북아메리카 대륙과 유럽에 있는 산맥의 지질 구조가 유사하게 나타난다.
9. 멀리 떨어진 대륙에서 발견된 화석의 분포가 연속적으로 나타날 수 있다.
10. 대륙 이동설은 발표 당시 매우 파격적인 이론이었다. 베게너는 대륙 이동의 원동력을 명쾌하게 설명하지 못하였다.
11. 과학자들은 베게너가 제시한 증거가 우연의 일치라고 생각하였으며, 베게너가 사망하면서 대륙 이동설은 점점 잊히게 되었다.
12. 1929년 홈스는 방사성 원소가 붕괴하여 생성된 열로 맨틀이 대류하는 과정에서 대륙이 이동할 수 있다는 맨틀 대류설을 발표하였다.
13. 맨틀 대류설에 따르면 맨틀 대류의 하강부에서는 횡압력이 작용하면서 두꺼운 산맥이 형성되고, 맨틀 대류의 상승부에서는 대륙 지각이 분리되면서 새로운 바다가 생성된다.
14. 홈스의 맨틀 대류설은 현재 알려진 맨틀 대류의 과정과 비슷할 정도로 시대를 앞선 것이지만 당시에는 맨틀 대류를 확인할 수 있는 탐사 기술이 없었기 때문에 대륙 이동의 원동력으로 인정받지 못하였다.
15. 방사성 원소는 원자핵이 불안정하여 다른 원자핵으로 변하는 원소로, 그 과정에서 에너지를 가진 방사선을 방출한다.

16. 음향 측심법은 해양 탐사선에서 발사한 음파가 바다 밑바닥에서 반사되어 가장 빨리 되돌아오는 데 걸리는 시간을 측정하여 수심을 알아내는 방법이다.
17. 음향 측심법을 사용할 때 수심이 깊을수록 해수면에서 발사한 음파가 해저면에서 반사되어 되돌아오는 데 걸리는 시간이 길다.
18. 음향 측심법에서 음파가 반사되어 가장 빨리 되돌아오는 데 걸리는 시간을 t , 음파의 속도를 v 라고 하면 수심 d 는 $\frac{1}{2}vt$ 와 같다.
19. 음향 측심법으로 해저 산맥인 해령을 중심으로 양쪽으로 멀어질수록 점차 수심이 깊어지며, 육지 가까운 곳에는 수심이 급격하게 증가하는 해구가 존재한다는 것을 알아냈다.
20. 음향 측심법을 통해 알아낸 해저 지형의 특징은 이후 해저가 확장된다는 학설이 등장하는 데 중요한 역할을 하였다.
21. 1962년 헤스와 디츠는 해저 지형 탐사로 밝혀진 해저 지형의 특징을 설명하기 위해서 해양저 확장설을 제안하였다.
22. 해양저 확장설에 따르면 맨틀 대류의 상승부인 해령을 중심으로 해양 지각이 양쪽으로 이동하면서 해양저가 확장된다.
23. 해령에서는 새로운 해양 지각이 생성되어 해양저가 확장되고, 해구에서는 해양 지각이 맨틀로 섭입되어 소멸한다.
24. 해양저 확장설은 지구 자기장 분석과 해저 지형의 연령 측정을 통해 증명되었다.
25. 암석이 생성될 때 암석을 이루는 일부 광물들은 당시의 지구 자기장 방향으로 배열되는데, 이를 통해 과거 지구 자기장인 고지자기에 대한 정보를 얻을 수 있다.
26. 암석에 기록된 고지자기를 연구한 결과 지구 자기장의 남극과 북극은 위치가 변했다는 것을 밝혀냈다.
27. 탐사선으로 해저 지형을 관측한 결과 해령을 중심으로 지자기의 역전 줄무늬가 대칭을 이룬다는 것을 알아냈다.
28. 1963년 바인과 매슈스는 해령에서 생성된 해양 지각이 양쪽으로 이동하여 지자기 줄무늬가 나타난다고 설명하였다.
29. 해양 지각의 연령은 해령을 중심으로 양쪽으로 멀어질수록 증가한다는 사실이 밝혀졌다.
30. 전 세계 해양 지각의 연령을 측정해 보면 대부분 2억 년을 넘지 않는다.

31. 해령에서 생성된 해양 지각이 이동하다가 해구에서 맨틀 아래로 섭입되어 소멸하기 때문에 해양 지각의 연령은 대부분 2억 년을 넘지 않는다.
32. 해저 지형의 자세한 특징이 밝혀지면서 해령이 연속적으로 이어져 있지 않고 수많은 부분으로 끊어져 있으며 해령에서 시작된 단층이 육지 쪽으로 길게 발달해 있다는 것이 밝혀졌는데, 당시 대부분의 과학자들은 이러한 구조가 수평으로 발달한 단층이라고 생각하였다.
33. 해령 부분의 지진 자료를 통해 해령과 해령 사이의 특정한 부분에서 주로 발생하고 해령으로부터 멀리 떨어진 단층 구간에서는 지진이 거의 발생하지 않는다는 사실을 알게 되었다.
34. 해령과 해령 사이에 존재하는 단층은 해양저 확장설로 잘 설명되지 않는다.
35. 1965년 윌슨은 해령과 해령 사이에 존재하는 단층은 지각이 서로 어긋나는 경계라고 해석하고 이를 변환 단층이라고 하였다.
36. 변환 단층에서는 두 판의 이동 방향이 반대이므로 지진이 자주 발생하지만 해령에서 대륙으로 길게 발달한 단열대에서는 판의 이동 방향이 같으므로 지진이 거의 일어나지 않는다.
37. 판은 지각과 상부 맨틀의 일부를 포함하는 암석권의 조각이다.
38. 변환 단층은 판의 이동 방향에 나란하게 생성되므로 변환 단층의 분포를 통해 판의 이동 방향을 알 수 있다.
39. 변환 단층의 발견으로 해양저 확장설만으로 설명할 수 없었던 해양 지각의 특징을 설명할 수 있게 되었으며, 판 구조론이 정립되기 시작하였다.
40. 해구 부근에서 지진이 발생하는 위치와 깊이를 측정한 결과 해구에서 바다 쪽으로 갈수록 지진이 발생하는 깊이가 점차 얕아진다는 사실이 밝혀졌다.
41. 해구 부근의 진원 깊이 분포는 판과 판이 충돌할 때 한쪽 판이 다른 판 아래로 섭입한다는 사실을 뒷받침한다.
42. 대륙 이동설에서 시작하여 해저 확장의 여러 가지 증거와 변환 단층의 발견을 거쳐 지구의绝大部分은 크고 작은 여러 판으로 이루어져 있다는 판 구조론이 정립되었다.
43. 판 구조론에서는 판들이 상호 작용하여 대륙과 해양의 분포가 변하고 습곡 산맥 등이 생성되며, 지진이 나 화산 활동 등 여러 가지 지각 변동이 일어난다고 설명한다.
44. 최근에는 인공위성을 이용한 위치 측정 기술의 발달로 판 경계의 위치와 이동 속도를 정밀하게 측정할 수 있다.

45. 판 구조론이 정립되면서 대륙은 지질 시대 동안 계속하여 이동하였다는 사실이 밝혀졌다.
46. 나침반의 자침이 수평면과 이루는 각을 복각이라고 하는데, 위도에 따라 복각의 크기가 다르다.
47. 자기장을 나타내는 선을 자기력선이라 하고, 지구 자기력선의 방향과 수평면이 이루는 각도를 복각이라 한다.
48. 복각은 자극에서 90° 이고, 자극에서 멀어질수록 작아진다.
49. 암석에도 나침반의 자침과 같이 지구 자기장에 반응하는 광물이 있는데, 이 광물들은 암석이 생성될 때 지구 자기장의 방향과 나란하게 배열된다.
50. 암석을 이루는 광물의 복각을 연구하면 암석이 생성될 당시의 위도를 알 수 있다.
51. 어느 대륙이 남북 방향으로 이동하였다면 그 대륙에서 만들어진 암석은 생성 시기에 따라 복각의 크기가 다르다.
52. 암석의 나이와 복각을 측정하면 암석이 생성될 당시의 위도를 알 수 있으므로 시간에 따른 대륙의 이동 경로를 복원할 수 있다.
53. 인도 대륙의 이동 경로를 복원한 결과 인도 대륙은 지질 시대 동안 동서 방향으로 거의 이동하지 않고 남북 방향으로만 이동한 것으로 밝혀졌다.
54. 인도 대륙은 약 7천1백만 년 전에는 남반구에 위치해 있다가 1년에 약 5~15cm씩 북쪽으로 이동하여 약 3천8백만 년 전에는 인도 대륙의 대부분이 북반구에 위치하였다.
55. 인도 대륙이 계속 북쪽으로 이동하다가 유라시아판과 충돌하여 현재의 히말라야 산맥이 만들어졌다.
56. 히말라야 산맥은 현재 매년 수 cm씩 높아지고 있다.
57. 고지자기 관측, 암석 분석, 화석 연구, 고기후 연구 등을 종합하면 과거 대륙의 분포와 이동을 확인할 수 있는데, 이를 통하여 과학자들은 지질 시대 동안 여러 차례 초대륙이 만들어지고 분리되었다고 추정하고 있다.
58. 약 11억 년 전에는 로디니아라는 초대륙이 존재하였고, 이후 몇 개의 대륙으로 분리되어 이동하다가 약 2억 7천만 년 전에 대륙이 다시 모여 판게아가 형성되었다.
59. 약 2억 년 전부터 판게아가 분리되기 시작하였다.
60. 약 1억 5천만 년 전에 대서양이 부분적으로 열리면서 아프리카 대륙과 남아메리카 대륙이 분리되기 시작했고 다른 대륙들이 남극 대륙에서 분리되어 북쪽으로 이동하였다.

61. 로디니아 대륙 이전에 초대륙이 형성되었다.
62. 로디니아 대륙 이후에도 판게아가 형성되기 전 곤드와나 초대륙이 존재하였다.
63. 약 9천만 년 전에는 남대서양이 확장되고, 마다가스카르가 아프리카 대륙에서 분리되었다.
64. 오스트레일리아는 남극 대륙과 분리되고, 북쪽으로 이동하던 인도 대륙은 유라시아판과 충돌하여 현재와 비슷한 수륙 분포를 이루게 되었다.
65. 현재 대륙은 느리게 연속적으로 이동하고 있다.
66. 현재 동아프리카 열곡대를 중심으로 아프리카 대륙이 분리되고 있는데, 미래에는 분리된 곳을 중심으로 해령이 생성되면서 새로운 바다가 만들어질 것으로 예상된다.

-미래엔-

1. 베게너는 남아메리카 동해안과 아프리카 서해안의 해안선을 끌어와서 서로 잘 맞춰지는 것에 착안하여 대륙이 움직인다고 생각하였다.
2. 베게너는 과거 모든 대륙이 하나로 뭉쳐진 초대륙이 있었다고 주장하였고, 그 초대륙을 판게아라고 하였다.
3. 초대륙은 지질 시대 동안 지구 표면에 분포하는 대륙들이 모두 합쳐져서 형성된 하나의 대륙이다.
4. 판게아는 고생대 말부터 중생대 초 사이에 있었던 초대륙이다.
5. 베게너는 판게아가 분리되고 이동하여 오늘날과 같이 대륙이 분포하게 되었다고 주장하였다.
6. 베게너는 대륙 이동설의 증거로 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙의 해안선 모양과 연속적인 암석, 지질 구조를 제시하였다.
7. 멀리 떨어진 대륙에서 같은 종의 화석이 발견됨과 동시에 한곳에서 흩어져 나간 모양의 빙하 흔적이 여러 대륙에 남아 있는 것도 대륙 이동설의 증거로 제시되었다.
8. 베게너는 1912년 대륙 이동설을 발표했지만, 대륙 이동의 원동력을 설명하지 못하여 받아들여지지 못하였다.
9. 1920년대 후반 홈스는 대륙이 맨틀 대류 때문에 이동할 수 있다고 생각하고 맨틀 내 온도 차이로 맨틀에서 열대류가 발생한다는 맨틀 대류설을 주장하였다.
10. 맨틀 대류설에 의하면 맨틀 대류가 상승하는 곳에서는 마그마의 활동으로 새로운 지각이 형성되고, 맨틀 대류가 하강하는 곳에서는 지각이 맨틀 속으로 들어간다.
11. 1960년대 초 헤스와 디츠는 해령 아래에서 뜨거운 맨틀 물질이 상승하여 새로운 해양 지각을 형성한다는 해저 확장설을 제안하였다.
12. 해저 확장설에 따르면 해령에서 생성된 해양 지각은 맨틀 대류를 따라 이동한 뒤 해구에서 침강하여 맨틀로 들어간다.
13. 해저 확장설이 등장할 수 있도록 기초 자료 역할을 한 것은 해저 지형의 발견이었다.
14. 음향 측심법이란 해수면에서 발사한 레이저가 해저면에 반사하여 되돌아오기까지 걸리는 시간을 재어 수심을 측정하는 방법을 말한다.
15. 음향 측심법으로 해령과 해구 등의 해저 지형을 알게 되었다.

16. 일반적으로 물 속에서 음파의 속도는 1500m/s로, 음파가 되돌아오기까지 걸리는 시간이 길면 수심이 깊고, 짧으면 수심이 얕다.
17. 해령은 거대한 해저 산맥이고, 해구는 수심 6000m 이상인 좁고 긴 골짜기이다.
18. 해령과 해구 등의 해저 지형의 발견은 해저 확장설의 바탕이 되었으며, 대륙 이동에 대한 논쟁을 다시 불러일으켰다.
19. 1950년대에 들어 과학자들은 자력계를 이용하여 대서양 중앙 해령을 비롯한 해양 지각의 고지자기를 측정하였다.
20. 암석이 생성될 때 자성을 띠는 광물은 그 당시의 지구 자기장 방향에 따라 배열되는데, 이와 같이 지질 시대에 생성된 암석에 남아있는 지구 자기를 고지자기라고 한다.
21. 과학자들은 해저에 기록된 고지자기가 띠 모양의 줄무늬를 이룰 뿐 아니라 해령에 나란하게 분포하는 것을 발견하였다.
22. 1963년 바인과 매슈스는 해저 고지자기 줄무늬를 해저 확장의 중요한 증거로 제시하였다.
23. 과거 지질 시대 동안 지구 자기장의 방향은 현재와 같은 정자극기와 반대인 역자극기가 반복되었다.
24. 해령에서 생성된 해양 지각이 좌우로 이동함에 따라 해령을 축으로 하여 양쪽에서 대칭적인 고지자기 줄무늬가 나타난다.
25. 해양 지각의 나이는 해령에서 멀어질수록 증가하며, 해저에는 약 1억8천만 년 이상인 암석이 거의 없음이 밝혀졌다.
26. 해양 지각의 연령은 해령에서 생성된 해양 지각이 양쪽으로 이동한 후 해구에서 침강하여 맨틀로 들어 간다는 해저 확장설로 설명할 수 있으므로 해저 확장의 증거이다.
27. 해령을 중심으로 양쪽으로 갈수록 해저 지각의 수심이 깊어지고, 해양 퇴적물의 두께가 두꺼워지는 것은 해저 확장으로 설명할 수 있다.
28. 해구에서 지진은 섭입대를 따라 발생하는데, 섭입대는 이미 1920년대부터 알려져 있었다.
29. 섭입대에서는 지진이 발생하는 깊이가 해구에서 대륙으로 갈수록 깊어진다.
30. 해양 지각은 해구에서 섭입되어 소멸한다.
31. 섭입대 주변에서 지진이 발생하는 깊이는 해저 확장설에서 해양 지각의 소멸을 설명하는 증거가 되었다.

32. 탐사 기술의 진보와 더불어 해저 확장설의 증거들이 차례로 발견되면서 과학자들의 폭넓은 지지와 후속 연구가 이어졌다.
33. 월슨은 해령의 축이 연속되지 않고 끊어져 있으며, 해령과 해령 사이에는 해양 지각이 반대 방향으로 움직이다가 해령에서 멀어지면 같은 방향으로 움직이는 것을 알았다.
34. 월슨은 해령과 해령 사이 구간에서 천발 지진이 발생하는 것을 알고, 이 구간이 새로운 형태의 단층이라고 생각하여 변환 단층이라는 이름을 제안하였다.
35. 월슨은 변환 단층이 만들어지는 까닭을 해령에서 맨틀 물질이 올라와 양쪽으로 퍼져나갈 때 속도 차이가 생기기 때문이라고 설명하였다.
36. 월슨은 변환 단층의 해저 확장의 결과라고 생각하고, 산안드레아스 단층을 조사하여 자신의 생각이 옳았음을 확인하였다.
37. 월슨은 해령과 변환 단층을 경계로 구분되는 땅 덩어리에 처음으로 판이라는 용어를 사용하였다.
38. 1960년대 후반까지 모건, 매켄지 등 여러 과학자들이 판 구조론의 틀을 만들었고, 1970년대 초에 이르러 오늘날과 같은 통합 이론으로 판 구조론이 탄생하였다.
39. 지각과 상부 맨틀을 포함하는 평균 두께가 약 100km인 부분을 판이라고 한다.
40. 판은 주로 단단한 암석으로 되어 있어 암석권이라고 부르며, 그 아래에는 부분 용융의 상태인 연약권이 존재한다.
41. 지구의 가장 겉부분을 덮고 있는 10개의 크고 작은 판들이 움직이면서 지각 변동이 일어난다는 이론을 판 구조론이라 한다.
42. 판 구조론의 등장으로 과거에는 서로 관련없이 일어난다고 생각하던 여러 지각 변동을 판 구조론으로 통합하여 해석할 수 있게 되었다.
43. 지구 표면에서 각 판은 일 년에 몇 cm정도로 매우 느리게 움직이고, 움직이는 방향은 각각 다르다.
44. 판과 판이 만나는 경계는 판의 상대적 이동 방향에 따라 구분한다.
45. 발산형 경계에서는 판과 판이 서로 멀어지면서 새로운 판이 생성되는 경계이다.
46. 수렴형 경계에서는 두 판이 서로 가까워지는데, 그 중 하나의 판은 맨틀 내부로 들어가기도 한다.
47. 보존형 경계에서는 두 판이 서로 어긋나 변환 단층을 만든다.

48. 유럽 대륙과 북아메리카 대륙에서 측정한 자북극은 여러 개처럼 보인다.
49. 자북극은 현재와 마찬가지로 지질 시대 동안에도 하나이다.
50. 유럽 대륙과 북아메리카 대륙에서 측정한 두 자북극의 이동 경로를 추적하면 과거 대륙의 이동을 알아낼 수 있다.
51. 오늘날 지구에 있는 여섯 개의 대륙은 약 2억 4천만 년 전에 있었던 초대륙인 판게아가 분리된 이후 형성되었다.
52. 판게아 이전에는 초대륙이 없었다는 사실에 지질학자들은 대부분 동의하지 않는다.
53. 약 12억 년 전에 형성된 로디니아는 약 8억 년 전부터 분리되기 시작하였다.
54. 로디니아는 고생물 화석 자료가 충분하지 않아 연대별 지층 순서 비교 연구 등의 지질학적 근거들을 바탕으로 재구성하였다.
55. 약 2억 4천만 년 전에는 대륙들이 거의 합쳐져 초대륙인 판게아를 형성하였고, 이는 판탈라사라는 거대한 해양에 둘러싸여 있었다.
56. 판게아가 형성될 때 애팔래치아 산맥은 북아메리카 대륙이 아프리카 대륙 및 유럽 대륙과 충돌하여 형성되었다.
57. 대서양이 형성되면서 애팔래치아 산맥은 애팔래치아 산맥과 칼레도니아 산맥으로 분리되었다.
58. 초대륙 판게아는 약 2억 4천만 년 전 이후에 열곡들이 열리면서 분리되기 시작하였다.
59. 베게너는 애팔래치아 산맥의 분포를 대륙 이동설의 증거로 제시하였다.
60. 판게아가 분리될 당시에 열곡을 따라 용암이 분출되면서 생성된 암석들은 오늘날 대서양의 양쪽 가장자리 또는 태평양 서쪽 가장자리에 분포하는 화산암에서 발견할 수 있다.
61. 약 1억 5천만 년 전까지는 판게아 분리의 초기 단계로, 대서양의 북쪽 부분이 열리고 테티스해의 면적이 줄어들었으며, 로라시아 대륙이 곤드와나 대륙에서 거의 분리되었다.
62. 약 1억 년 전에는 대서양의 남쪽 부분이 열리기 시작하였다.
63. 판게아가 분리된 이후 시간이 지남에 따라 대서양은 계속해서 확장되었다.
64. 인도 대륙은 매우 빠른 속도로 북쪽으로 이동하여 아시아 대륙과 충돌하였고, 그에 따라 히말라야 산맥을 형성하였다.

65. 대륙들이 하나의 초대륙이었던 시기는 지질 시대 동안 여러번 있었고, 이를 바탕으로 미래 대륙의 모습도 예측할 수 있다.
66. 초대륙이 분리될 때 맨틀의 대류로 대륙이 분리되고 해저에서는 해령이 형성된다.
67. 해령이 형성되면서 해저는 계속하여 확장되고, 대륙 주변부에서 해구와 섭입대가 형성된다.

-비상-

1. 대륙의 이동, 해양 지각의 생성과 확장, 습곡 산맥이나 호상 열도의 생성, 지진이나 화산 활동 등 지구상에서 일어나는 지질 현상을 종합적으로 설명하는 이론을 판 구조론이라 한다.
2. 판 구조론은 베게너의 대륙 이동설에서 시작하여 여러 학설을 거쳐 수정되고 보완되면서 1960년대 말에 정립되었다.
3. 베게너는 1912년, 서로 멀리 떨어져 있는 대륙들이 과거의 하나의 땅 덩어리인 판게아로 붙어있었으며, 이 판게아는 약 2억 년 전부터 여러 대륙으로 분열되어 현재의 대륙 모양을 이루게 되었다고 주장하였다.
4. 베게너는 자신의 가설을 증명하기 위해 여러가지 증거들을 모아 1915년 "대륙과 해양의 기원"이라는 책을 펴내면서 본격적으로 대륙 이동설을 주장하였다.
5. 베게너는 대륙 이동설의 증거로 지질 구조의 연속성, 대서양 양쪽 대륙 해안선 굴곡의 유사성 등을 제시하였다.
6. 현재 대서양을 사이에 두고 멀리 떨어져 있는 북아메리카 대륙의 애팔래치아 산맥과 북유럽이 칼레도니아 산맥에서 유사한 지질 구조와 암석이 발견되는데, 이는 원래 하나의 산맥이었던 곳이 대륙 이동에 의해 분리되었기 때문이라고 해석할 수 있다.
7. 현재 넓은 바다를 사이에 둔 대륙에서는 서로 같은 화석들도 발견된다.
8. 고생대 말까지 생존했던 육상 파충류인 메소사우루스 화석은 남아메리카 대륙 동부와 아프리카 대륙 남부에서만 발견되며, 글로소프테리스라는 식물 화석은 남극 대륙, 오스트레일리아, 남아메리카, 남아프리카에서 공통적으로 발견된다.
9. 육상 파충류가 넓은 바다를 헤엄쳐 이동할 수는 없기 때문에 멀리 떨어진 대륙에서 발견되는 화석은 과거 대륙이 하나로 뭉쳐있을 때 넓은 지역에 걸쳐 분포하던 생물이 대륙이 분리되어 이동한 결과로 현재 대륙에서 화석으로 나타난 것으로 해석할 수 있다.
10. 현재 열대 또는 아열대의 기후를 나타내는 인도, 오스트레일리아, 아프리카, 남아메리카에는 고생대 말기에 쌓인 빙하 퇴적물과 빙하의 이동 흔적이 발견된다.
11. 대륙들의 위치가 고정되어 있었다면 빙하 이동 흔적으로 보아 고생대 말에는 위도 30° 이내의 지역까지는 빙하 퇴적물을 만들 수 있을 만큼 추운 기후였어야 하지만, 오늘날 이들의 지역에서는 고생대 말에 형성된 석탄층이 발견된다.
12. 석탄층은 따뜻하고 습윤한 환경에서 번성하는 고사리와 같은 양치식물 등이 퇴적되어 만들어진 지층이므로, 석탄층이 퇴적될 당시에는 기후가 온난 습윤한 환경이었음을 알 수 있다.
13. 고생대 말 빙하의 흔적은 남극을 중심으로 뭉쳐 있던 대륙들이 분리되고 이동하여 현재와 같은 분포를 이룬 것으로 해석할 수 있다.

14. 대륙 이동에 대한 여러가지 증거가 있음에도 베게너의 대륙 이동설은 대다수의 과학자들로부터 인정받지 못하였다.
15. 베게너의 대륙 이동설은 사람들의 기억 속에서 점점 사라지게 되었으며, 50년의 시간이 지나고 재조명받기 시작하였다.
16. 1929년 영국의 지질학자 홈스는 베게너가 설명하지 못했던 대륙 이동의 원동력을 맨틀 대류설로 설명하였다.
17. 홈스는 지각 아래에는 맨틀이 있는데, 맨틀 내 방사성 원소의 붕괴열과 지구 중심부에서 올라오는 고온의 열에 의하여 맨틀의 상부와 하부에 온도 차이가 생기고, 그 결과 맨틀에서 열대류가 일어난다고 하였다.
18. 홈스는 맨틀 대류가 상승하는 곳에서 대륙이 갈라져 이동하여 새로운 지각이 생성되고, 맨틀 대류가 하강하는 곳에서 지각이 맨틀 속으로 들어간다고 설명하였다.
19. 홈스의 생각은 오늘날에도 인정되고 있는 해저 확장 모델과 매우 유사한 것이었다.
20. 홈스의 생각은 뒷받침할 만한 증거가 없어 당시에 받아들여지지 못하였다.
21. 음향 측심법은 제 2차 세계 대전 이후 해저에 대한 관심이 증가하고 초음파를 이용한 수심 측정 기술이 발달하면서 탐사선이 해저로 발사한 초음파가 해저에서 반사되어 되돌아오는 데 걸린 시간을 측정하여 수심을 알아내는 방법이다.
22. 해저 지형에 대한 정밀 탐사의 결과로 대서양 중앙에는 해령이 존재한다는 것을 알게 되었다.
23. 1960년대 초 미국의 헤스와 디츠는 이전까지 나왔던 해저 확장에 대한 개념과 해저 지형에 대한 관측 자료를 종합하여 해저 확장설을 발표하였다.
24. 해저 확장설이란 해령에서 마그마가 분출하여 새로운 해양 지각을 만들고, 이 해양 지각이 맨틀 대류에 의해 열곡을 중심으로 양쪽 방향으로 이동하면서 해저가 점점 넓어진다는 학설이다.
25. 해양저에서 해양 지각을 이루는 암석의 연령을 측정한 결과, 해령을 경계로 해령에서 멀어질수록 대칭적으로 해양 지각의 나이가 증가한다.
26. 연령이 약 1억 8천만 년 이상인 해양 지각은 거의 존재하지 않는다.
27. 현재 태평양의 경우에는 해령에서 생성된 해양 지각이 해구에서 섭입하여 맨틀 속으로 사라지고 있으며, 해구가 거의 없는 대서양의 경우에는 약 1억 8천만 년 전 즈음부터 생성되기 시작하였다.
28. 해령에서 멀어질수록 퇴적물의 두께가 두꺼워진다는 것이 밝혀졌다.

29. 해령에서 양쪽으로 멀어질수록 수심이 깊어지는 현상이 관측된다.
30. 해저 퇴적물의 두께와 해령에서 멀어질수록 수심이 깊어지는 현상은 해령에서 새로운 암석이 생겨나 양쪽으로 이동해 간다는 해저 확장설을 뒷받침해주고 있다.
31. 마그마의 온도가 높을 때는 방향성이 없던 자성을 띤 광물이 마그마가 냉각되면 당시 자기장의 방향을 따라 배열된다.
32. 자성을 띤 광물 입자가 퇴적될 때에 그 입자는 퇴적 당시의 지구 자기장의 방향으로 배열되면서 퇴적된다.
33. 지구 자기장은 변화했으며, 자기 북극과 남극의 위치는 크게 변화했다.
34. 지구 자기의 북극과 남극이 일정하지 않은 간격을 두고 바뀌는 것을 지구 자기장의 역전이라고 한다.
35. 아이슬란드 남쪽 대서양 해령 지역에서 고지자기를 조사한 결과, 지구 자기장의 정상 부분과 역전된 부분의 줄무늬가 해령을 축으로 대칭적으로 나타났다.
36. 고지자기의 방향이 서로 다른 것은 해양 지각이 서로 다른 시기에 형성되었다는 것을 의미한다.
37. 해양저에 있는 해령은 거의 불연속적으로 나타난다.
38. 1965년 미국의 지질학자 윌슨은 해령에 직각 방향으로 발달한 수많은 단층을 해저 확장으로 형성된 변환 단층이라고 하였다.
39. 변환 단층으로 끊어져 있는 해령과 해령 사이의 거리는 시간이 지날수록 증가하며, 변환 단층 구간에서 지진은 자주 일어나는 것으로 밝혀졌다.
40. 변환 단층의 존재로 인해 해저 확장설을 더욱 합리적으로 설명할 수 있게 되었다.
41. 해양 지각의 연령 분포, 지자기 역전 등과 같은 증거들을 통해 해저 확장설이 과학자들 사이에서 받아들여졌다.
42. 판 구조론에 의하면 지구의 겉부분은 지각과 상부 맨틀의 일부로 이루어진 약 100km 두께의 단단한 층인 암석권이 10개의 크고 작은 판으로 나뉘어져 지구 표면을 덮고 있다.
43. 판이 연약권에서 일어나는 맨틀의 대류에 의해 상대적으로 이동하면서 대륙을 이동시키고, 판의 경계부에서 화성 활동, 지진 활동, 조산 운동 등 여러 가지 지질 현상을 일으키는 것으로 보고 있다.
44. 고생대 말의 초대륙 판게아는 선캄브리아 시대 말에 존재했던 로디니아라는 또 다른 초대륙이 분리되었다가 합쳐진 것이다.

45. 해양 지각에 나타나는 지구 자기의 역전 띠와 그에 따른 암석의 연령 분포, 하와이 열도와 같은 화산섬의 배열로부터 판의 이동 속도와 방향을 알 수 있다.
46. 지금의 5대양 6대륙은 고생대 말에 형성된 초대륙인 판게아가 중생대 초부터 분리되어 이동한 결과이다.
47. 판게아는 지구의 북극에서 남극까지 이어진 거대한 초대륙으로, 테티스 해를 사이에 두고 북반구에는 로라시아 대륙이, 남반구에는 곤드와나 대륙이 분포하였다.
48. 약 2억 년 전 판의 운동으로 로라시아 대륙이 유라시아 대륙과 북아메리카 대륙으로 분리되기 시작하였고, 약 1억 8천만 년 전에 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙이 분리되어 대서양이 탄생하였다.
49. 곤드와나 대륙에서 인도와 남극 및 오스트레일리아 대륙이 분리되었다.
50. 약 5천만 년 전에 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하면서 세계에서 가장 높은 티베트 고원과 히말라야 산맥을 형성하기 시작하였고, 이 과정은 현재에도 진행되어 히말라야 산맥의 높이는 계속 높아지고 있다.
51. 판의 이동 방향은 지구 모든 지역에서 다르게 나타난다.
52. 판의 이동 속도는 1년에 1~18cm 범위 내에서 판에 따라 차이를 보인다.
53. 판의 이동 속도와 방향을 통해 앞으로 대륙이 어떻게 분포하게 될지 예측할 수 있다.

-YBM-

1. 그린란드와 북극의 빙하를 탐험하고 연구하던 베게너는 빙하로부터 떨어져 나온 빙산이 갈라지고 충돌하는 장면을 자주 목격하였고, 그러던 중 남아메릭 대륙과 아프리카 대륙도 하나로 붙어 있다가 갈라져 이동한 것이라고 생각하게 되어 대륙 이동설을 주장하였다,
2. 1915년 베게너는 '대륙과 해양의 기원'이라는 저서에서 고생대 말에는 모든 대륙이라는 뜻을 가진 판게아라는 거대한 초대륙이 존재하였고, 약 2억 년 전에 분리되고 이동하여 현재와 같은 수륙 분포를 이루었다고 발표하였다.
3. 베게너가 제시한 대륙 이동설의 증거로 남아메리카와 아프리카의 해안선, 여러 대륙에서 발견되는 동일한 고생물 화석, 빙하의 이동 흔적, 지질 구조의 연속성 등이 있다.
4. 베게너의 대륙 이동설은 여러 가지 증거에도 불구하고 대륙 이동의 원동력을 제대로 설명하지 못해 대다수 과학자들로부터 인정받지 못하였다.
5. 1928년 홈스는 맨틀 내의 방사성 원소의 붕괴열과 고온의 지구 중심부에서 맨틀로 공급되는 열에 의하여 맨틀 상하부에 온도 차가 생기고, 그 결과 맨틀 내부에서 매우 느리게 열대류가 일어난다고 생각하였다.
6. 홈스는 맨틀 대류가 대륙을 움직이게 할 힘이 있다고 생각하였다.
7. 군사적 목적에 의해 발전된 해양 탐사 기술은 제 2차 세계 대전 이후에 과학적 목적으로 이용되기 시작하였다.
8. 음향 측심법은 초음파를 이용해 수심을 측정하는 방법이다.
9. 해양 탐사선이 지나가면서 음파를 발사하면 음파는 해저에 닿아 반사하여 되돌아오는데, 이때 걸리는 시간을 이용하면 해저의 깊이를 알 수 있고, 해저의 모습도 유추할 수 있다.
10. 음향 측심법을 이용하여 작성한 해저 지형의 모습은 육지와 가까운 대륙 주변부와 육지로부터 멀리 떨어진 심해저로 구분할 수 있다.
11. 심해 평원은 평정 해산, 화산섬과 해령 등으로 이루어져 있고, 대륙 주변부는 대륙붕, 대륙 사면, 대륙대를 포함하는 지형을 보인다.
12. 대서양 한가운데에 산맥처럼 솟아올라 있는 해령을 발견한 것은 대륙 이동을 설명하는 전환점이 되었다.
13. 1962년 헤스는 해령 주위에서 지열이 높고 멀어질수록 지열이 낮아지며, 해령 부근에는 현무암이 분포한다는 사실을 알게 되었다.
14. 헤스는 지구 내부에서는 온도 차에 따라 대류가 일어나고, 해구를 따라 지각이 섭입하고 하강한다고 생각하였다.

15. 해령에서 분출한 용암은 새로운 지각을 만들고, 해양 지각은 해령의 양쪽으로 갈라져 서서히 이동하다가 해구에서 지구 내부로 침강하는데, 이러한 가설을 해양저 확장설이라 한다.
16. 여러 과학자의 연구를 통해 대서양 중앙 해령이 수직으로 배열된 변환 단층에 의해 어긋나 있다는 사실이 밝혀졌다.
17. 해령 근처뿐만 아니라 해령과 해령 사이에서도 지진이 잘 일어나며, 해령에서 멀리 떨어진 곳에서는 지진이 잘 일어나지 않는다는 사실이 밝혀졌다.
18. 해령을 기준으로 해양 지각이 서로 반대 방향으로 이동하여 해령과 해령 사이의 변환 단층에서는 지진이 잘 일어나지만, 해령에서 멀리 떨어진 부분에서는 변환 단층 양쪽의 이동 방향과 속력이 같아져 지진이 잘 일어나지 않는다.
19. 대부분의 변환 단층은 해령과 해령 사이에 있지만 산안드레아스 단층은 육지에 존재하는 변환 단층으로 태평양판과 북아메리카판 경계에 있다.
20. 변환 단층에서 천발 지진이 발생하지만 화산 활동은 일어나지 않는다.
21. 변환 단층의 발견은 해양저의 확장을 지지하는 근거가 되었다.
22. 기술이 발전하면서 방사성 동위 원소를 이용하여 해령 지각의 연령도 측정하였다.
23. 정상 자기는 자침의 N극이 북쪽을 가리켜 현재의 자기장과 같은 방향으로 자화된 경우이고, 역전 자기는 자침의 N극이 남극을 가리켜 현재의 자기장과 반대 방향으로 자화된 경우이다.
24. 해령에서 멀어질수록 해저 암석의 나이가 대칭적으로 증가하는 것이 발견되었다.
25. 해령의 양쪽으로 정상 자기를 가진 암석과 역전 자기를 가진 암석이 반복되어 나타나며, 자기 이상의 줄무늬는 해령과 나란히 배열된다.
26. 해령 중심 부근에는 해저 퇴적물이 거의 없고, 대륙 쪽으로 갈수록 퇴적물이 두껍고 해양 지각 상부 현무암의 나이가 대칭적으로 많아진다.
27. 지진학자들은 지진이 어느 위치와 깊이에서 일어나는지 정확한 지도를 작성할 수 있게 되었고, 그 결과 해구 근처의 진원은 섭입대를 따라 집중적으로 분포한다는 사실을 알게 되었다.
28. 섭입대는 판과 판이 충돌할 경우 무거운 판이 가벼운 판 밑으로 밀려들어가는 곳으로, 이곳에서 지진이 많이 발생한다.
29. 섭입대에서는 대륙에서 해구 부근으로 가면서 진원의 깊이가 얕아진다.

30. 서태평양에는 북반구에서 남쪽으로 가면서 알류산 열도, 일본 열도, 필리핀 열도 등 많은 섬들이 긴 활 모양을 이루며 배열되어 있는데, 이를 호상 열도라고 하며, 이 섬들을 이루는 것은 대부분 화산 활동에서 나온 물질이다.
31. 탐사 기술의 발전으로 알아낸 해령과 변환 단층의 특징, 해저 암석에 대한 고지자기 분석 결과와 암석의 연령 분포, 섭입대 주변 지진의 진원 깊이 분포 등은 해양저 확장설을 지지하는 근거가 되었다.
32. 베게너가 주장했던 대륙 이동설은 해저 지형도 작성과 지각 변동의 원인에 대한 연구와 활발하게 진행되면서 해양저 확장설을 거쳐 판 구조론으로 정립되었다.
33. 판 구조론은 지구의 단단한 겉부분이 크고 작은 판들로 이루어져 있고, 판들이 맨틀 대류에 의해 이동하면서 판 경계에서 지진이나 화산 활동과 같은 지각 변동이 일어난다는 이론이다.
34. 판 구조론의 정립으로 베게너가 주장했던 대륙 이동설도 과하적으로 설명할 수 있게 되었고, 지권의 변동을 통합적으로 이해할 수 있게 되었다.
35. 판은 지각과 상부 맨틀의 일부를 포함한 단단한 암석으로 이루어진 지구의 겉부분으로, 암석권이라고 한다.
36. 가장 얇은 해양판의 경우 두께가 약 70km 정도이고, 두꺼운 대륙판의 경우 약 150km를 넘는 경우도 있다.
37. 자성을 띠는 나침반의 자침의 움직임은 진북 방향과는 관계없으며, 오로지 지구 자기장 방향에만 관계있다.
38. 암석에는 과거 지질 시대의 지구 자기장에 대한 기록이 남아 있으므로, 고지자기의 방향을 측정하면 지구 자기장의 북극이 어떻게 이동했는지를 알 수 있다.
39. 지리상 북극은 지구의 자전축과 북반구의 지표면이 만나는 지점이다.
40. 지자기 북극은 지구 자기장을 지구 중심에 놓인 거대한 막대 자석이 만드는 자기장이라고 했을 때, 막대 자석의 S극 방향의 축과 지표가 만나는 지점을 말한다.
41. 지리상 북극 방향을 진북이라고 하고, 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향을 자북이라고 한다.
42. 현재 지리상 북극과 지자기 북극이 일치하지 않으므로 나침반 자침이 가리키는 자북과 진북 역시 완전히 일치하지 않는다.
43. 지구 표면의 한 지점의 수평면 위에서 자북과 진북 사이의 각을 편각이라 하고, 자침이 수평면과 이루는 각을 북각이라고 한다.

44. 진북, 자북은 방향을 의미하고, 지리상 북극, 자북극은 위치를 의미한다.
45. 지질 시대의 암석에 기록된 고지자기의 편각을 측정하면 그 암석이 만들어질 때 지리상 북극과 어느 방향으로 향하고 있었는지를, 북각을 측정하면 지리상 북극과 얼마나 떨어져 있었는지를 알 수 있다.
46. 용암이 굳어질 때 그 온도가 퀴리 온도 이하로 내려가면 이때 정출된 자철석과 같은 강자성 광물은 그 당시의 지구 자기장 방향으로 자화된다.
47. 두 대륙에서 측정한 지자기 북극의 겹보기 이동 경로가 두 갈래로 나뉘는 것은 대륙이 이동하였기 때문이다.
48. 지자기 북극의 겹보기 이동은 하나로 붙어 있던 대륙이 지질 시대 동안 분리되어 멀어져간 결과라고 할 수 있다.
49. 지자기 북극의 겹보기 이동 경로와 관련한 연구는 지질 시대 동안 대륙이 어떠한 경로로 이동해 왔는지를 알려준다.
50. GPS를 이용해 판의 이동 속력과 방향을 구할 수 있다.
51. 현재 판의 이동 속도나 방향을 근거로 대서양은 중앙 해령의 발산으로 더욱 넓어질 것이고, 태평양은 태평양판의 섭입 과정에서 좁아질 것으로 예상된다.