이 지문 자체는 별로 안어려우니 배경지식과 관련된 잡담을 많이 하겠습니다.(by 희닳)

16세기 전반에 서양에서 태양 중심설을 지구 중심설의 대안으로 제시하며 시작된 천문학 분야의 개혁은 경험주의의 확산과 수리 과학의 발전을 통해 형이상학을 뒤바꾸는 변혁으로 이어졌다. 서양의 우주론 이 전파되자 중국에서는 중국과 서양의 우주론을 회통하려는 시도가 전개되었고, 이 과정에서 자신의 지적 유산에 대한 관심이 제고되었다.

지문을 통해 유추를 해볼까? 경험주의의 확산으로 태양 중심설에서 지구 중심설로 이동했다는 말은 태양 중심설로는 해석할 수 없지만 지구 중심설로 해석할 수 있는 경험할 수 있는 증거들이 많이 관찰됐다는 말이겠지? (아무 생각없이 경험주의가 어쩌고¡¦읽지 말고) 형이상학(metaphysics)이라는 말을 종종 쓰는데, 이게 정확히 무엇을 의미할까? Meta(넘어서다) + physics( 지금은 물리학이지만 이 당시는 자연학 즉 경험 가능한 대상에 대한 탐구를 가르켰다) 라는 어근으로부터 형이상학은 경험할 수 없는 대상에 대한 탐구라는 의미를 가진다.

위는 사담이고 결국 1문단에서 중요한 것은 앞으로의 주제를 1문단에서 말하고 있다는 것인데, 그 주제란 ¡°경험주의/수리과학의 발전으로 인해 서양에서 태양중심설(형이상학적)->지구중심설 로 이동이 있었고 이것이 중국에 전해져 중국에서도 서양의 우주론과 관계해 변화가 있었다¡± 이다. 이걸 잘 갖고가자!!

참고로 근대 과학의 가장 큰 두가지 특징이 무엇인줄 아는가? 하나는 가설연역적 추론 방식으로 대표되는 경험주의와 수학적 기술법이다. 그러니까 ‘경험주의의 확산+수리과학의 발전’=과학의 정신 이라고 봐도 무방하다.

복잡한 문제를 단순화하여 푸는 수학적 전통을 이어받은 코페르니쿠스는 천체의 운행을 단순하게 기술할 방법을 찾고자 하였고, 그것이 ⓐ 일으킬 형이상학적 문제에는 별 관심이 없었다. 고대의 아리스토텔레스와 프톨레마이오스는 우주의 중심에 고정되어 움직이지 않는 지구의 주위를 달, 태양, 다른 행성들의 천구 들과, 항성들이 붙어 있는 항성 천구가 회전한다는 지구 중심설을 내세웠다. 그와 달리 코페르니쿠스는 태양을 우주의 중심에 고정하고 그 주위를 지구를 비롯한 행성들이 공전하며 지구가 자전하는 우주 모형을 ⓑ 만들었다. 그러자 프톨레마이오스보다 훨씬 적은 수의 원으로 행성들의 가시적인 운동을 설명할 수있었고 행성이 태양에서 멀수록 공전 주기가 길어진다는 점에서 단순성이 충족되었다. 그러나 아리스토텔레스의 형이상학을 고수하는 다수 지식인과 종교 지도자들은 그의 이론을 받아들이려 하지 않았다. 왜냐하면 그것은 지상계와 천상계를 대립시키는 아리스토텔레스의 이분법적 구도를 무너뜨리고, 신의 형상을 ⓒ 지닌 인간을 한갓 행성의 거주자로 전락시키는 것으로 여겨 졌기 때문이다.

이런 이론의 발전 및 여러 학자가 등장할때는 기본적으로 각자의 입장정리와 이론의 변천사 중요한 차이 정리하면서 읽는 것 기본이죠? 아리/프톨: 지구중심설, 형이상학 vs 코페: 태양중심, 수리과학

단순성이 충족되었다고 하는데 단순성이 충족되면 뭐가 좋을까? 오컴의 면도날이라는 얘기가 있다. 어떤 것에 대해 더 복잡한 설명보다는 더 단순한 설명이 사실일 가능성이 높다는 것이다. 즉 여기서 단순성이 충족되었다는 말은 더 우월한 설명이라는 의미이다. (왠지 수능특강에 오컴의 면도날 지문이 나오고 이게 간접연계된건 아닐까?) 어쨌든 그 다음은 뻔한 얘기.. 종교계랑 갈등이 ~~

16세기 후반에 브라헤는 코페르니쿠스 천문학의 장점은 인정 하면서도 아리스토텔레스 형이상학과의 상충을 피하고자 우주의 중심에 지구가 고정되어 있고, 달과 태양과 항성들은 지구 주위를 공전하며, 지구 외의 행성들은 태양 주위를 공전하는 모형을 제안하였다. 그러나 케플러는 우주의 수적 질서를 신봉하는 형이상학인 신플라톤주의에 매료되었기 때문에, 태양을 우주 중심에 배치하여 단순성을 추구한 코페르니쿠스의 천문학을 받아들 였다. 하지만 그는 경험주의자였기에 브라헤의 천체 관측치를 활용하여 태양 주위를 공전하는 행성의 운동 법칙들을 수립할수 있었다. 우주의 단순성을 새롭게 보여 주는 이 법칙들은 아리스 토텔레스 형이상학을 더 이상 온존할 수 없게 만들었다.

새로 등장한 인물 브라헤는 어떤 주장을 하는가? 코페를 인정하지만 결국은 지구중심설을 주장했다. 즉 코페처럼 수리과학적인 기술방법을 이용했지만 주장의 결론은 종교계의 주장과 같았다.

 케플러는 형이상학에 관심은 있지만 이것이 종교적인 형이상학은 아니고 우주의 수적 질서를 신봉(신처럼 생각하는) 일종의 범신론 같은 개념인 신플라톤주의에 빠져있어 다시 태양을 우주 중심에 배치했다.

여기까지 나온 입장들을 한번 표로 정리해보았다. 이렇게 이해했는가? 이 오묘한 차이¡¦

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 형이상학적 사고 | 수리과학적 사고 | 결론 |
| 아리스토/프톨레마이 | O | X | 지구중심 |
| 코페르니쿠스 | X | O | 태양중심 |
| 종교계 | O(종교) | X | 지구중심 |
| 브라헤 | O(종교) | O | 지구중심 |
| 케플러 | O(신플라톤주의) | O | 태양중심 |

17세기 후반에 뉴턴은 태양 중심설을 역학적으로 정당화하였다. 그는 만유인력 가설로부터 케플러의 행성 운동 법칙들을 성공적으로 연역했다. 이때 가정된 만유인력은 두 질점이서로 당기는 힘으로, 그 크기는 두 질점의 질량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다. 지구를 포함하는 천체들이 밀도가 균질하거나 구 대칭을 이루는 구라면 천체가 그천체 밖 어떤 질점을 당기는 만유인력은, 그 천체를 잘게 나눈 부피 요소들 각각이 그 천체 밖 어떤 질점을 당기는 만유인력을 모두 더하여 구할 수 있다. 또한 여기에서 지구 보다 질량이 큰 태양과 지구가 서로 당기는 만유인력이 서로 같음을 증명할 수 있다. 뉴턴은 이 원리를 적용하여 달의 공전 궤도와 사과의 낙하 운동 등에 관한 실측값을 연역함으로써 만유인력의 실재를 입증하였다.

뉴턴의 업적은 만유인력 가설로부터 케플러의 행성 운동 법칙을 연역한 것이다. 이 말은 즉 뉴턴 이전까지 케플러의 행성 운동 법칙은 그 근거가 부족했는데 뉴턴은 만유인력 가설이라는 보편적인 가설에서 순수하게 연역을 통해 케플러의 운동법칙을 이끌어 냄으로써 증명되었다는 뜻이다.

그렇다면 만유인력은 무엇이고 만유인력은 어떻게 증명되었는가? 에 대한 내용이 그 다음에 나온다. 만유인력: 두 질점이 서로 당기는 힘

만유인력의 크기: 두 질점의 질량의 곱/거리의 제곱

그렇다면 문제의 부분, 지구를 포함하는 천체들이 밀도가 균질하거나 구 대칭을 이루는 구라면 천체가 그 천체 밖 어떤 질점을 당기는 만유인력은, 그 천체를 잘게 나눈 부피 요소들 각각이 그 천체 밖 어떤 질점을 당기는 만유인력을 모두 더하여 구할 수 있다. 라는 말은 왜 등장한 것일까? 우리가 읽다가 갑자기 왜 이런 내용이 나오지? 라는 느낌이 든다면 분명히 어떤 맥락을 놓치고 있는 것이다. 시험때는 그러한 부분이 나온다면 간단하게 표시를 해 놓고 넘어갈 수밖에 없지만 기출을 볼 때는 이러한 궁금증을 모두 해결해야 한다.

자 그 답을 찾았는가? 답은 앞에서 만유인력을 ‘질점’이라 정의한 데에 있다. 주석에 나와있듯 ‘질점’ 이란 크기가 없고 질량이 모여 있다고 보는 이론상의 물체이다. 즉 공간의 어떤 점에 질량만이 존재하는 점을 의미한다. 이론상의 물체라는 말의 의미는 무엇인가? 실제의 물체와는 다르다는 것이다! 여기서 실제의 물체인 지구 혹은 태양과 질점의 차이는 무엇인가? 바로 크기이다. 지구와 태양은 공간 안의 두 개의 점이 아니라 크기를 갖는 두 개의 실제 물체이다. 이러한 경우 거리는 어떻게 계산해야 하는가? 사실 만유인력을 한번이라도 과학 시간에 배운 사람이라면 대략 점의 위치를 각각의 무게중심의 위치로, 질량은 각각의 총 질량으로 해야한다는 것을 알지만, 이건 비문학 지문이다. 이렇게 본인의 배경지식과 지문이 충돌하거나 혹은 다른 관점으로 설명할 경우, 우리는 우리의 자존심과 관점을 철저히 버리고 지문의 생각을 따라가야한다.(중요!!!!!) 그렇다면 돌아가서, 우리가 만유인력을 처음 배우는 문과생이라 생각하고 이러한 질문을 던져보자. 대체 이 중에 거리는 뭐야????

 이렇게 생각할 수 있는 문과생들을 위해 평가원은 친절하게(?) 설명을 해준다. 그리고 이를 이용해 31번 문제를 낸다. 내가 보기에 본인의 배경지식을 활용해 오히 ¡°아~만유인력 알지=G=m1m2/r^2이잖아~빨리읽자¡± 라고 생각한 학생은 틀림없이 질점과 실제 물체의 차이를 놓쳤을 테고, 따라서 이 부분의 설명과 31번 문제의 맥락이나 풀이에 어려움을 겪었을 것이다. 평가원이 교훈을 던져주는구나! 본론으로 돌아가서, 이러한 문제에 대한 해법은 바로 천체를 부피 요소의 합으로 생각하고(여기서도 천체는 이론적 물체가 아니라 실제의 물체이기 때문에 부피 요소라는 단어를 쓴다는 점! 알고있었나 자네?!) 부피 요소와 외부의 질점 사이의 만유인력의 합을 전체 만유인력으로 정의하고 있다. 그리고 이를 통해 지구와 태양은 질량이 다름에도 (태양이 훨씬 큼에도) 불구하고 서로 당기는 만유인력의 힘은 같다는 결론이 나온다고 한다. 이과생이라면 만유인력은 같다는 것은 상식이지만, 대체 부피 요소로 분해해서 계산한 후 합한다는 내용 어디에서 서로의 만유인력이 같다는 것을 유추할 수 있는가? 유추할 수 없다. 그래서 이를 보여주고자 31번 문제가 나온 것이리라¡¦

16세기 말부터 중국에 본격 유입된 서양 과학은, 청 왕조가 1644년 중국의 역법(曆法)을 기반으로 서양 천문학 모델과 계산 법을 수용한 시헌력을 공식 채택함에 따라 그 위상이 구체화되었다. 브라헤와 케플러의 천문 이론을 차례대로 수용하여 정확도를 높인 시헌력이 생활 리듬으로 자리 잡았지만, 중국 지식인들은 서양 과학이 중국의 지적 유산에 적절히 연결되지 않으면 아무리 효율적이더라도 불온한 요소로 ⓓ 여겼다. 이에 따라 서양 과학에 매료된 학자들도 어떤 방식으로든 ㉠ 서양 과학과 중국 전통 사이의 적절한 관계 맺음을 통해 이 문제를 해결하고자 하였다.

역법의 역은 달력의 역으로 이는 천체의 주기적 현상으로 시간을 구분하는 것을 의미한다. 청 왕조는서양 과학을 적극적으로 받아들이고자 했고 중국 지식인들은 마치 브라헤가 그랬듯 본인들의 관측된 데이터와 수리과학적 내용을 바탕으로 만들어진 이론을 본인들의 기존 사상에 끼워맞추려고 했다. 아마 브라헤든 중국의 학자든 거대한 권력의 힘을 부정할 순 없었을 것이다. 브라헤는 수학적인 내용도 신의 뜻이라 하려고 했을 것이고 중국의 학자들은 서양의 것보다 중국의 것이 더 우수함을 보였어야 했을 것이다. 일종의 C-국뽕 이랄까¡¦?

17세기 웅명우와 방이지 등은 중국 고대 문헌에 수록된 우주론에 대해서는 부정적 태도를 견지하면서 성리학적 기론(氣論)에 입각하여 실증적인 서양 과학을 재해석한 독창적 이론을 제시 하였다. 수성과 금성이 태양 주위를 회전한다는 그들의 태양계 학설은 브라헤의 영향이었지만, 태양의 크기에 대한 서양 천문학 이론에 의문을 제기하고 기(氣)와 빛을 결부하여 제시한 광학 이론은 그들이 창안한 것이었다.

옹명우, 방이지는 고대 중국의 우주론을 부정하고 성리학적 기(기와 빛을 결부)론과 서양 과학(태양계 학설)을 짬뽕해 독창적인 이론(광학 이론)을 제시했다.

17세기 후반 왕석천과 매문정은 서양 과학의 영향을 받아 경험적 추론과 수학적 계산을 통해 우주의 원리를 파악하고자 하였다. 그러면서 서양 과학의 우수한 면은 모두 중국 고전에 이미 ⓔ 갖추어져 있던 것인데 웅명우 등이 이를 깨닫지 못한채 성리학 같은 형이상학에 몰두했다고 비판했다. 매문정은 고대 문헌에 언급된, 하늘이 땅의 네 모퉁이를 가릴 수 없을 것이라는 증자의 말을 땅이 둥글다는 서양 이론과 연결하는 등 서양 과학의 중국 기원론을 뒷받침하였다.

왕석천과 매문정은 서양의 사고방식인 경험적 추론과 수학적 계산만을 받아들여놓고서 괘씸하게 서양 과학은 중국에서 기원했다는 주장을 한다. 이거 어디서 많이 본건데¡¦? 파오차이, 한푸¡¦? 어쨌든 옹명우나 방이지와는 달리 왕석천과 매문정은 형이상학적 사고가 아니라 수리과학적 사고를 기반으로 우주를 이해했다. 이를 포함해서 다시 정리해보자.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 형이상학적 사고 | 수리과학적 사고 | 결론 |
| 아리스토/프톨레마이 | O | X | 지구중심 |
| 코페르니쿠스 | X | O | 태양중심 |
| 종교계 | O(종교) | X | 지구중심 |
| 브라헤 | O(종교) | O | 지구중심 |
| 케플러 | O(신플라톤주의) | O | 태양중심 |
| 옹명우, 방이지 | O(성리학적 기론) | X | 태양 중심, 광학이론 |
| 왕석천, 매문정 | X | O (중뽕을 곁들인) | 중뽕 |

중국 천문학을 중심으로 서양 천문학을 회통하려는 매문정의 입장은 18세기 초를 기점으로 중국의 공식 입장으로 채택되었으며, 이 입장은 중국의 역대 지식 성과물을 망라한 총서인 사고전서에 그대로 반영되었다. 이 총서의 편집자들은 고대부터 당시까지 쏟아진 천문 관련 문헌들을 정리하여 수록하였다. 이와 같이 고대 문헌에 담긴 우주론을 재해석하고 확인하려는 경향은 19세기 중엽까지 주를 이루었다.

역시 중국답게 결국 중뽕의 손을 들어줬다는¡¦ㅋㅋㅋ

\* 질점 : 크기가 없고 질량이 모여 있다고 보는 이론상의 물체.

\* 구 대칭 : 어떤 물체가 중심으로부터 모든 방향으로 같은 거리에서 같은 특성을 갖는 상태.

28. 윗글에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

① 서양과 중국에서는 모두 우주론을 정립하는 과정에서 형이상 학적 사고에 대한 재검토가 이루어졌다.

② 서양 천문학의 전래는 중국에서 자국의 우주론 전통을 재인식하는 계기가 되었다.

③ 중국에 서양의 천문학적 성과가 자리 잡게 된 데에는 국가의 역할이 작용하였다.

④ 중국에서는 18세기에 자국의 고대 우주론을 긍정하는 입장이 주류가 되었다.

⑤ 서양에서는 중국과 달리 경험적 추론에 기초한 우주론이 제기되었다(답)

재밌게 읽었다면 틀릴 수 없는 문제. 중국 역시 경험적 추론을 활용했다.

29. 윗글에 나타난 서양의 우주론에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

① 항성 천구가 고정되어 있다고 보는 아리스토텔레스의 우주론은 천상계와 지상계를 대립시킨 형이상학을 토대로 한 것이었다. <-아리스토텔레스는 지구가 고정되고 천구가 움직인다고 했다.

② 많은 수의 원을 써서 행성의 가시적 운동을 설명한 프톨레마이오스의 우주론은 행성이 태양에서 멀수록 공전 주기가 길어진다는 점에서 단순성을 갖는 것이었다. <- 많은 수의 원을 쓰는데 어떻게 단순하지¡¦? 말 부터가 이상하다. 그리고 단순성을 갖는 이론은 코페의 이론이다.

③ 지구와 행성이 태양 주위를 공전한다는 코페르니쿠스의 우주 론은 이전의 지구 중심설보다 단순할 뿐 아니라 아리스토텔레스의 형이상학과 양립이 가능한 것이었다.<- 아리스토텔레스의 형이상학과 양립 불가능

④ 지구가 우주 중심에 고정되어 있고 다른 행성을 거느린 태양이 지구 주위를 돈다는 브라헤의 우주론은 아리스토텔레스의 형이상학에서 자유롭지 못한 것이었다.

⑤ 태양 주위를 공전하는 행성의 운동 법칙들을 관측치로부터 수립한 케플러의 우주론은 신플라톤주의에서 경험주의적 근거를 찾은 것이었다. <-케플러의 지구가 태양 주위를 공전하는 행성 모델은 신플라톤주의에서 온 것이 맞지만, 운동 법칙들을 관측치로부터 수립한 것은 브라헤의 이론에서 경험주의적 근거를 찾은 것이다. 이렇게 주장과 근거를 미스매치 하는 문제들은 헷갈릴 수 있다! 꼼꼼히 읽자.

30. ㉠에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

(㉠ 서양 과학과 중국 전통 사이의 적절한 관계 맺음을 통해 이 문제를 해결하고자 하였다.)

① 중국에서 서양 과학을 수용한 학자들은 자국의 지적 유산에 서양 과학을 접목하려 하였다.

② 서양 천문학과 관련된 내용이 중국의 역대 지식 성과를 집대성한 사고전서에 수록되었다.

③ 방이지는 서양 우주론의 영향을 받았지만 서양의 이론과 구별되는 새 이론의 수립을 시도하였다.

④ 매문정은 중국 고대 문헌에 나타나는 천문학적 전통과 서양 과학의 수학적 방법론을 모두 활용하였다. <-서양 과학의 수학적 방법론 받아들이고 그게 중국 고대 문헌에서 왔다는 헛소리를 함.

⑤ 성리학적 기론을 긍정한 학자들은 중국 고대 문헌의 우주론을 근거로 서양 우주론을 받아들여 새 이론을 창안하였다.<- 성리학적 기론을 긍정한 학자(옹명우, 방이지) 는 고대 중국 문헌의 이론을 부정하고 서양 우주론과 기론을 짬뽕해 독창적인 이론을 만들고자 했다.

31. <보기>를 참고할 때, [A]에 대한 이해로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

구는 무한히 작은 부피 요소들로 이루어져 있다. 그 부피 요소들이 빈틈없이 한 겹으로 배열되어 구껍질을 이루고, 그런 구 껍질들이 구의 중심 O 주위에 반지름을 달리 하며 양파처럼 겹겹이 싸여 구를 이룬다. 이때 부피 요소는 그것의 부피와 밀도를 곱한 값을 질량으로 갖는 질점으로 볼 수 있다.

 자 보라, 위의 지문에서 얘기 한 상황과 똑같지 않은가? 천체를 부피 요소로 나눠서 보고 그 밖의 질점과 비교해서 만유인력을 구한다고 했지 않나? 여기서 중요한 것은 구를 무한히 작은 부피 요소로 나눈다는 것은데 이 말은 즉슨 부피를 없앤다는 말과 같다. 질점과 실제 물체의 차이가 무엇이었는가? 바로 부피이다! 그렇다면 부피 요소는 이상적인 물체인 질점에 한 걸음 가까워졌다고 할 수 있다.

(1) 같은 밀도의 부피 요소들이 하나의 구 껍질을 구성하면,이 부피 요소들이 구 외부의 질점 P 를 당기는 만유인력 들의 총합은, 그 구 껍질과 동일한 질량을 갖는 질점이 그 구 껍질의 중심 O 에서 P 를 당기는 만유인력과 같다. 여기서는 우선 구성 요소의 단위 잘 이해해야 한다. 구는 부피요소->구 껍질->구의 순으로 이루어져 있다. 구 껍질은 부피 요소로 이루어져있고, 부피 요소는 질점과 마찬가지로 생각할 수 있으므로, 구 껍질도 역시 질점처럼 생각할 수 있다. 따라서 구 껍질은 동일한 질량을 갖는 질점이 구 껍질의 중심 O에서 외부의 질점 P를 당기는 만유인력과 같다.

(2) (1)에서의 구 껍질들이 구를 구성할 때, 그 동심의 구껍질들이 P 를 당기는 만유인력들의 총합은, 그 구와 동일한 질량을 갖는 질점이 그 구의 중심 O 에서 P 를당기는 만유인력과 같다.

구는 다시 구 껍질로 이루어져 있고, 앞서 구 껍질은 질점처럼 생각할 수 있기에 구 역시 질점처럼 생각할 수 있다. 따라서 구는 동일한 질량을 갖는 질점이 그 구의 중심 O에서 P를 당기는 만유인력과 같다.

지금 하부 구조에서부터 시작해서 논증을 해가는 논리가 있는데, 이를 잘 숙지하기 바란다. 이를 통해서 다음과 같은 결론이 나온다.

(1), (2)에 의하면, 밀도가 균질하거나 구 대칭인 구를 구성 하는 부피 요소들이 P 를 당기는 만유인력들의 총합은, 그 구와 동일한 질량을 갖는 질점이 그 구의 중심 O에서 P 를당기는 만유인력과 같다.

한번 더 정리해보자.

구는 부피요소->구껍질->구의 순으로 이루어져 있으며, 부피 요소는 무한히 작아 크기를 갖지 않는 것과 마찬가지이고 이는 질점으로 생각할 수 있다. 구껍질은 부피 요소의 합인데 부피 요소는 질점으로 대체할 수 있으므로 부피 요소는 질점의 합이라 볼 수 있다. 따라서 구 껍질과 질점의 만유인력을 구할 때 구 껍질을 구 껍질의 중심에 존재하는 같은 질량의 질점으로 대체해서 생각할 수 있다. 구는 구 껍질의 합과 마찬가지인데 구 껍질은 질점으로 대체해 생각할 수 있기에 구는 질점의 합이라 할 수 있다. 따라서 구와 질점의 만유인력을 구할 때 구를 구의 중심에 위치하는 다른 질량의 질점으로 대체해서 생각할 수 있다.

따라서 구가 외부의 질점을 당기는 만유인력은, 구를 구의 질량을 갖고 구의 중심에 위치하는 질점으로 대체해서 생각할 수 있기에 외부의 질점의 질량과 구의 질량에 비례하고 구의 중심과 외부의 질점 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.

① 밀도가 균질한 하나의 행성을 구성하는 동심의 구 껍질들이 같은 두께일 때, 하나의 구 껍질이 태양을 당기는 만유인력은 그 구 껍질의 반지름이 클수록 커지겠군.

구 껍질들은 각각 구의 중심에 위치하고 구 껍질의 질량의 크기와 같은 질량을 갖는 질점으로 대체된다. 따라서 하나의 구 속에서라면 구 껍질들을 대체한 질점들은 위치는 모두 구 껍질의 중심 즉 구의 중심으로 같을 것이다. 그렇다면 만유인력은 각 구 껍질의 질량에 비례하므로 이 선지는 구 껍질의 반지름이 클수록 구 껍질의 질량이 커지냐는 것과 같다. 구 껍질의 반지름이 커진다면 더 많은 수의 부피 요소가 구 껍질을 이룰 것이고 따라서 질량이 클 것이라 생각할 수 있다.

② 태양의 중심에 있는 질량이 m인 질점이 지구 전체를 당기는 만유인력은, 지구의 중심에 있는 질량이 m인 질점이 태양 전체를 당기는 만유인력과 크기가 같겠군.

지구나 태양이나 구이기 때문에 중심에 위치한 질점으로 생각할 수 있기에, 만유인력을 결정하는 요소 중 반지름은 똑같아 고려하지 않고 만유인력은 질량의 곱에 비례한다고 생각할 수 있다. 그렇다면 전자의 경우 만유인력은 m X 지구의 질량, 후자의 경우 만유인력은 m X 태양의 질량이다. 태양의 질량은 지구의 질량보다 훨씬 크다고 했으니 이 선지는 틀렸다.

③ 질량이 M인 지구와 질량이 m인 달은, 둘의 중심 사이의 거리 만큼 떨어져 있으면서 질량이 M , m인 두 질점 사이의 만유 인력과 동일한 크기의 힘으로 서로 당기겠군.

해설이 필요하지 않을 정도로 분명한 선지이고 명확한 만유인력의 정의이다.

④ 태양을 구성하는 하나의 부피 요소와 지구 사이에 작용하는 만유 인력은, 지구를 구성하는 모든 부피 요소들과 태양의 그 부피 요소 사이에 작용하는 만유인력들을 모두 더하면 구해지겠군.

태양을 구성하는 하나의 부피 요소는 태양을 중심으로 하고 그 부피 요소와 같은 질량을 갖는 질점 P로 생각할 수 있다. 이 상황은 <보기>와 같은 상황이다. 이 때, 이 질점과 지구(구) 사이에 작용하는 만유 인력은, 지구를 구성하는 모든 부피 요소들과 이 질점 사이에 작용하는 만유인력의 합이다.

⑤ 반지름이 R , 질량이 M 인 지구와 지구 표면에서 높이 h에중심이 있는 질량이 m인 구슬 사이의 만유인력은, R+h 의거리만큼 떨어져 있으면서 질량이 M , m인 두 질점 사이의 만유인력과 크기가 같겠군.

지구는 지구의 중심에 위치하고 질량이 M인 질점으로 대체해서 생각할 수 있다. 이 때 지구의 중심과 구슬 사이의 거리는 R+h, 지구와 구슬의 질량은 각각 M, m 이기에 이는 만유인력의 정의에 부합한다.