코스모스

앤 드루안을 위하여

공간의 광막함과 시간의 영겁에서 행성 하나와 찰나의 순간을 엔과 공유할 수 있었음은 나에게는 하나의 기쁨이었다.

서문 칼 세이건의 빈 의자

코스모스는 과거에도 있었고 현재에도 있으며 미래에도 있을 그 모든 것이다.

칼이 앉아 있던 의자는 주인을 잃은 지 오래됐지만, 그가 우리에게 전한 이상과 가치관은 여기 그대로 있다. 그가 가꿔 오던 꿈들마저 인류 전체의 꿈으로 고스란히 남아 있지 않은가.

머리말

우리 먼 후손들은, 자신들에게는 아주 뻔한 것들조차 우리가 모르고 있었음을 의아해할 것이다…

한마디로 과학의 성공은 자정 능력에 있다. 과학은 스스로를 교정할 수 있다. 과학에서는 새로운 실험 결과와 참신한 아이디어가 나올 때마다 그 전에는 신비라는 이름으로 포장돼 있던 미지의 사실이 설명될 수 있는 합리적 현상으로 바뀌어 간다. 여기서 우리가 기억해 둬야 할 가장 중요한 점은, 과학이라는 이름의 대담한 기획에서는 이미 제시된 지혜에 대한 재평가가 끊임없이 이루어진다는 사실이다. 이것이야 말로 과학하기의 위력이며 과학하기의 요체인 것이다.

1. 코스모스의 바닷가에서

코스모스에서 일반적이라 할 만한 곳은 저 광대하고 냉랭하고 어디로 가나 텅 비어 있으며 끝없는 밤으로 채워진 은하 사이의 공간이다. 그 공간은 참으로 괴이하고 외로운 곳이라서 그곳에 있는 행성과 별과 은하들이 가슴 시리도록 귀하고 아름다워 보인다. 코스모스의 어느 한구석을 무작위로 찍는다고 했을 때 그곳이 운 좋게 행성 바로 위나 근처일 확률은 10^-33이다.

이처럼 은하를 멀리서 바라보면 은하가 아기자기한 것들을 모아 놓은 하나의 예술 작품으로 보인다. 그것은 조개껍데기나 산호 조각처럼 코스모스라는 바다에서 자연이 영겁의 세월에 걸쳐 조탁하여 만들어 낸 예술품이다.

돌이켜 보건데 인류는 별에서 태어났다. 그리고 잠시 지구라 불리는 세계에 몸을 담고 살고 있다. 그러나 이제 자신의 원초적 고향으로 돌아가고 싶어 감히 그 기나긴 여정의 첫발을 내딛고자 하는 것이다.

p.48 에라코스테너스가 보아하니 나올 수 있는 유일한 해답은 지구의 표면이 곡면이라는 것이었다. 뿐만 아니라, 그 곡면의 구부러지는 정도가 크면 클수록 그림자 길이의 차이도 클 것이었다.

제대로 나온 답이었다. 그때 에라토스토네스가 사용한 도구라고 할만한 것은 막대기, 눈, 발과 머리 그리고 실험으로 확인코자 하는 정신이 전부였다. 그 정도만 가지고 에라토스테네스는 지구의 둘레를 겨우 몇 펴센트의 오차로 정확하게 추정할 수 있었던 것이다.

무엇보다도 도서관의 생명은 모아 놓은 책들에 있다. 도서관 관계자들은 세상의 모든 문화와 모든 언어를 샅샅이 뒤졌다. 사람들을 해외로 보내서 책을 사들였고 장서를 확충해 나갔다. 알렉산드리아에 정박한 한 상선은 관리의 검문을 받았는데, 검문의 목적은 밀수품 적발이 아니라 책 찾기에 있었다. 책 두루마리가 발견되면 즉시 빌려다가 베낀 뒤, 사본은 도서관에 보관하고 원본은 주인에게 돌려주었다. 정확한 수치를 가늠하기 어렵지만, 알렉산드리아의 도서관에는 일일이 손으로 쓴 파피루스 두루마리 책이 50만여 권 있었을 것으로 추정된다. 그 많던 책들은 다 어떻게 됐는가? 알렉산드리아와 그 대도서관을 낳은 고전 문명이 붕괴되면서 도서관도 서서히 파괴되어 갔다. 장서의 극히 일부만이 후세로 전해졌고 그나마 남은 것도 사방으로 흩어져서, 고작 글 몇 줄, 종이 몇 조각이 현재까지 남아 있는 것들의 전부다. 한 예로 사모스의 아리스트르코스라는 천문학자가 쓴 책에는, 지구도 하나의 행성으로서 여타의 행성처럼 태양 주위를 공전한다고 주장했으며, 별들이 대단히 멀리 떨어져 있는 천제라는 사실을 알고 있었다고 한다.

우주의 나이: 빅뱅 이루 137억년

인류는 대폭발의 아득히 먼 후손이다. 우리는 코스모스에서 나왔다. 그리고 코스모스를 알고자, 더불어 코스모스를 변화시키고자 태어난 존재다.

2. 우주 생명의 푸가

사무라이와 더 많이 닮을수록 생존의 확률은 그만큼 더 높아졌다. 마침내 단노우라에는 엄청나게 많은 사무라이 게들이 살게 됐다. 이 과정을 우리는 인위 도태 혹은 인위 선택이라고 부른다.

인간은 자신이 바람직하다고 여기는 특정 형질의 품종만들을 선택적으로 번식시켰다. 예를 들어 목양견이 필요하면 똑똑하고 충성스러우며 양떼를 잘 지킬 줄 아는 개를 골라 양치기에 필요한 유전 형질을 조장하는 쪽으로 키웠다.

헤이케게, 목양견, 젖소, 옥수수 등에서 볼 수 있는 인위 도태의 핵심은 식물과 동물의 외형적 특성과 행동 형질들이 그대로 유전된다는 점이다. 이유가 무엇이든 간에 인간은 특정 변종의 번식을 조장하고 다른 변종의 번식을 억제해 왔다. 자연적으로 유전 형질이 변하는 과정을 우리는 자연 선택이라고 한다.

화석에 남겨진 생명 진화의 기록에서 우리는 한때 번성했던 종들이 지금은 흔적도 없이 사라진 경우를 허다하게 보게 된다. 지구 역사에서 현존하는 종보다 훨씬 더 많은 수의 종들이 과거에 이미 멸종되어 버렸다. 그들은 진화라는 실험의 실패한 결과물이었다.

진화는 이론이 아니라 현실이다.

다산성이야말로 자연 생물계의 특성이다. 자연은 살아남을 수 있는 개체 수보다 훨씬 많은 후손을 낳게 만든다. 그 많은 후손들 중에서 우연히 자연에 더 적합한 형질을 가진 개체들만 살아남게 되므로, 그러한 형질을 갖고 태어난 종이 선택적으로 번성하게 된다. 유전 형질의 급격한 변화를 가져오는 돌연변이는 순종을 낳는다. 수많은 돌연변이들 중에서 생존율을 증대시킬 수 있는 소수만이 선택되므로, 오랜 기간에 걸쳐 생물은 하나의 형태에서 다른 형태로 서서히 변화하게 된다. 그 결과 우리는 새로운 종의 탄생을 보게 되는 것이다. 이것이 바로 종의 기원이요 진화의 실현이다.

지구는 대략 46억 년 전에 성간 기체와 티끌이 응축된 구름 속에서 만들어졌다. 화석 기록을 통해서 우리는 최초의 생명이 대략 40억년 전 원시 지구의 바다나 연못에서 태어났다고 알고 있다.

이렇게 해서 앞으로 모든 지상 생명 현상의 주인공 구실을 하게 될 디옥시리보핵산 분자 다시 말해, DNA의 원형이 탄생하게 된 것이다. 사다리의 가로대를 뉴클레오티드라고 부르며 그 가로대들이 모여서 주어진 생물을 만드는 데 필요한 설계도, 즉 유전 설계도를 이룬다. 지구상 모든 형태의 생물들은 각각 그 형태에 맞는 설계도를 갖고 있다. 그러나 설계도들은 모두 앞에서 이야기한 네 개의 문자만으로 구성되어 있다. 다시 말해 같은 언어로 씌어 있다. 유기체의 종류마다 유전 형질이 다른 이유는, 유전 설계도가 비록 같은 언어로 씌어 있지만 그 내용이 각기 다르기 때문이다.

파란 하늘은 생물이 만든 것

그러나 생물은 30억 년이나 되는 긴긴 세월을 녹조류 수준에 그대로 머물러 있어야만 했다. 지구 생명이 특화된 기관들을 갖추고 체구가 큰 유기체로 진화하기가 생명의 출현 그 자체보다 훨씬 더 어려웠던 모양이다. 그러므로 우리가 외계 행성을 탐사하다 보면 동물이나 식물이 서식하는 곳보다 미생물의 세상을 더 흔하게 발견하게 될 것이다.

우리는 식물을 먹음으로써 탄수화물을 섭취한 다음 호흡으로 혈액 속에 불러들인 산소와 결합시켜 움직이는 데 필요한 에너지를 뽑아낸다. 그리고 우리가 호흡 과정에서 뱉은 이산화탄소는 다시 식물에게 흡수돼 탄수화물 합성이 재활용된다. 동물과 식물이 각각 상대가 토해 내는 것을 다시 들이마신다니, 이것이야말로 환상적인 협력이 아니고 또 무엇이겠는가?

지구에서 볼 수 있는 모든 생명 현상의 뿌리에는 세포의 화학 반응을 조절하는 단백질 분자와 유전 설계도를 간직한 핵산이 있다. 더욱 놀라운 사실은 본질적으로 같은 단백질 분자와 핵산 분자가 모든 동물과 식물에 공통적으로 관여한다는 점이다. 그러므로 생명 기능이라는 관점에서 볼 때 참나무와 나는 동일한 재료로 만들어졌다고 해고 무리가 없다. 좀 더 먼 과거로 거슬러 올라간다면 동물인 나와 식물인 참나무의 조상은 같다.

핵산의 가능한 조합들 중에서 지금까지 지상에 살았던 그 어떤 인간을 통해서도 구현되지 않은 조합들이 아직 무수히 많이 남아있다니! 우리는 여기서 인간이라는 종이 가진 잠재력이 어마어마하다는 결론을 내릴 수 있다. **그렇다면 앞으로는 지금까지 지상에 살았던 그 어떤 인간보다 뛰어난 인간을 설계할 수 있을지도 모른다.** 토론 주제 rr! P. 91

핵산 정보를 단백질 정보로 바꾸는 데 나무와 사람이 동일한 설계도를 사용한다는 사실이다. 생명현상이 보여주는 분자 수준의 동질성으로부터 우리는 지상의 모든 생물이 단 하나의 기원에서 비롯되었음을 알 수 있다**. 나무, 사람, 아귀, 심지어 변형균과 짚신벌레 같은 지구의 모든 생물이 과거로 올라가면 단 하나의 조상으로 수렴한다는 결론이다. 그렇다면 생명의 기원인 바로 그 물질은 지구 생성 초기에 과연 어떻게 만들어질 수 있었을까?**

생물학은 물리학보다 역사학에 더 가깝다. 현재를 이해하려면 과거를 잘 알아야 하고, 그것도 아주 세세한 부분까지 알아야만 한다. 역사학에 예견론이 없는 것처럼 생물학에도 확립된 예견론이 없다. 이유는 양쪽 모두 같다. 연구 대상들이 너무 복잡한 존재이기 때문이다. 그러나 생물학과 역사학이 주는 교훈에는 공통점이 있다. 그것은 타자를 이해함으로써 자신을 더 잘 이해하게 된다는 것이다. 외계 생명에 관한 단 하나의 예만 연구할 수 있게 된다고 하더라도, 그리고 그 하나가 아무리 미미한 수준의 것이라고 하더라도 우리의 생물학은 상상할 수 없을 정도로 확장될 것이다. 외계의 생명은 우리가 추구할 궁극적인 목표이다. 왜냐하면 그것이 우리 자신을 더 잘 이해할 수 있게 해줄 것임이 틀림없기 때문이다.

3. 지상과 천상의 하모니

모든 국기 중 거의 절반 정도에 천문학적 상징물이 들어 있는 셈이다. 이것은 문화권을 초월하고 사상을 넘어서 전 세계적으로 볼 수 있는 공통적인 현상이다. 인간은 코스모스에 연줄을 대고자 안달을 하며 산다. 우리도 그 큰 그림의 틀 속에 끼고 싶은 것이다.

케플러는 지구에 적용되는 측정 가능한 물리 법칙이 천체들에게도 똑같이 적용된다는 점을 간파했던 것이다. 그의 생각으로 말미암아 인류사에서 최초로 천체의 운동을 설명하는 데에서 신비주의가 배제되었다.

수학 계산의 쳇바퀴에 저를 온종일 매어두지는 마시오. 철학적 사색은 제가 온종일 누릴 수 있는 유일한 기쁨이오니, 제게 사색할 여유를 허락해 주십시오.

그는 마음에 드는 환상보다 냉혹한 현실의 진리를 선택한 사람이었다.

케플러와 뉴턴은 인류 역사의 중대한 전환을 대표하는 인물이다. **이 두 사람은 비교적 단순한 수학 법칙이 천상에서도 똑같이 적용되며, 인간의 사고방식과 세계가 돌아가는 방식이 서로 공명함을 밝혔다.** 그들은 관측 자료의 정확성을 인정하고 두려움없이 받아들였다. 그리고 그들은 행성들의 움직임을 정확하게 예측함으로써 인간이 코스모스를 대단히 깊은 수준까지 이해할 수 있다는 확고한 증거를 제시했다. 오늘날 세계화된 우리의 문명, 우리의 세계관 그리고 현대의 우주 탐험은 전적으로 그들의 예지에 힘입은 것이다.

뉴턴의 마지막 유언

“세상이 나를 어떤 눈으로 볼지 모른다. 그러나 내 눈이 비친 나는 어린아이와 같다. 나는 바닷가 모래밭에서 더 매끈하게 닦인 조약돌이나 더 예쁜 조개껍데기를 찾아 주우며 놀지만 거대한 진리의 바다는 온전한 미지로 내 앞에 그대로 펼쳐져 있다.”

4. 천국과 지옥

지구와 근접한 천체의 충돌을 지속적으로 감시하고 철저하게 연구하지 않는다면, 현대 지구 문명이 엉뚱한 이유 때문에 핵전쟁에 휘말릴 수도 있다는 것이었다.

그러므로 1908년 6월 30일 통구스카의 대폭발은 앵케 혜성에서 떨어져 나온 혜성 한 조각이 지구와 충돌했기 때문에 생긴 사건으로 추정할 수 있다.

태양계의 형성 초기에는 생성 중이던 행성들이 꽤 많았을 것이다. 그것들 중에서 긴 타원형 궤도를 그리며 서로 엇갈리는 궤도를 돌던 행성들은 충돌하여 붕괴할 수밖에 없었다. 반면에 원형 궤도를 돌던 원시 행성들은 살아남아 점점 크게 자랄 수 있었다. 현재의 행성들은 충돌이라는 자연 선택의 과정에서 살아남은 것들이다.

과학자가 아닌 사람들이 제시한 것만이 아니라, 과학자들이 제시한 가설들 중에도 훗날 틀렸다고 밝혀지는 게 많다. 그러나 과학은 자기 검증을 생명으로 한다. 과학의 세계에서 새로운 생각이 인정을 받으려면 증거 제시라는 엄격한 관문을 통과해야 한다.

과학은 자유로운 탐구 정신에서 자생적으로 성장했으며 자유로운 탐구가 곧 과학의 목적이다. 어떤 가설이든 그것이 아무리 이상하더라도 그 가설이 지니는 장점을 잘 따져 봐 주어야 한다. 마음에 들지 않는 생각을 억압하는 일은 종교나 정치에서는 흔히 있을지 모르겠지만, 진리를 추구하는 이들이 취할 태도는 결코 아니다. 우리는 누가 근본적이고 혁신적인 사고를 할지 미리 알지 못하기 때문에 누구나 열린 마음으로 자기 검증을 철저히 해야 한다.

5. 붉은 행성을 위한 블루스

우리는 화성에 갈 수 있을까? p.270

훨씬 기술이 진보된 미래에는 화성의 대기압을 증가시키고 물을 액체 상태로 존재하도록 할 뿐 아니라 극관에서 녹아 내리는 물을 따뜻한 적도 지대로 운송하게 될지도 모른다. 물론 그렇게 할 방법이 있다. 그것은 바로 운하망 건설이다.

운하들의 거대한 연결망을 통하여 지표면과 그 아래에서 녹은 얼음을 적도 지방으로 수송할 수 있을 것이다.

언젠가 화성의 지구화가 실현된다면 화성에 영구 정착해서 화성인이 된 인간들이 거대한 운하망을 건설하게 될 것이기 때문이다. 이 경우 우리가 로웰의 화성인인 것이다.

6. 여행자가 들려준 이야기

새로운 발견이 과학의 연구, 성과, 성장의 동기가 된다는 사실을 그들은 망각하고 있는 듯합니다.

미지의 세계로 향하는 탐험의 정신과 낯선 사회와의 잦은 접촉은 자기만족의 타성을 송두리째 흔들어 사상가들로 하여금 사회 전반에 걸쳐 유효한 통념들을 다시 한 번 더 생각하게 하는 동인으로 작용했다. 그 결과 수천 년 동안 의심 없이 받아들여졌던 주장들조차 근본적인 오류가 있음이 지적되고 과감하게 수정됐다.

사회 전반에 퍼져 있던 개방적 사고와 생활양식 그리고 물질적 풍요와 새로운 세계에 대한 탐험과 개척의 정신은, 네덜란드를 진취성과 활력이 넘치는 공동체로 만드는 데 훌륭한 밑거름으로 작용했다.

콘스탄틴 하위어스: 전 세계가 나의 고향이며, 과학이 바로 나의 종교이다.

7. 밤하늘의 등뼈

그러므로 어떠한 현상의 결과를 신의 탓으로 돌리기만 한다면 그것은 우리 자신의 무지를 신으로 대처하는 것과 무엇이 다르다고 하겠는가? 이제 ‘신’은, 인간이 경외심 가득한 마음으로 듣는 데 익숙해져 버린, 하나의 공허한 소리일 뿐이다.

- 폴 하인리히 디트리히 홀바흐 남작, <자연계>, 1770년 –

생물학에는 반복설이라는 것이 있다. 반복설의 핵심 내용은 개체 하나의 발생 과정이 해당 종이 겪어 온 진화의 전 과정을 되풀이한다는 것이다. 나는 개개인의 지적 성숙 과정에서도 반복설이 성립한다고 믿는다. 우리는 자기도 모르는 사이에 우리의 조상들이 해 온 사고의 과정들을 되풀이하면서 하나의 개인으로 성장 해간다.

예를 들어, 보츠와나 공화국 칼리하리 사막에 사는 !쿵 족도 은하수를 그들 나름대로 설명할 줄 안다. 그들이 사는 위도에서는 은하수가 사람의 머리 위에 떠 있다. 그들은 하늘이 거대한 짐승이고 우리는 그 짐승 뱃속에서 산다고 생각한다. 그러고 머리 위의 은하수는 그 짐승의 등뼈이다. 그래서 그들은 은하수를 “밤의 등뼈”라고 부른다. !쿵 족 사람들은 은하수가 밤을 지탱하고 있다고 믿는다. 은하수가 아니었다면 어둠이 산산조각이 나면서 우리 머리 위로 우수수 떨어질 것이라고 생각한다. 멋지고 재미있는 상상이며 설명이다.

고대 이오니아 인들은 우주에 내재적 질서가 있으므로 우주도 이해의 대상이 될 수 있다고 주장하기 시작했다. 자연 현상에서 볼 수 있는 모종의 규칙성을 통해 자연의 비밀을 밝혀낼 수 있을 것이라고 생각했다. 자연이 완전히 예측 불가능한 것이 아니며, 자연에게도 반드시 따라야 할 규칙이 있다는 것이다. 그들은 우주의 이렇게 훌륭하게 정돈된 질서를 ‘코스모스’라고 불렀다.

과학은 이오니아에서 태어났다.

물론, 탈레스는 물이 모든 물질의 근본을 이루는 공통의 원리라고 생각했다. 오늘날 우리가 양성자, 중성자, 전자, 쿼크에 근거하여 만물을 설명하듯이 말이다. 탈레스가 내린 결론의 옳고 그름은 큰 문제가 아니다. 정말 중요한 점은 문제 해결을 위해 그가 택한 접근 방식에 있다. 신들이 세상을 만든 것이 아니고, 자연 속에서 서로 영향을 주고받는 물리적 힘의 결과로 만물이 만들어졌다는 생각이야말로, 당시 사고의 근본을 흔드는 발상의 대전환이었다.

사람들이 간질을 신이 내린 것으로 여기는 이유는 그 병의 정체를 이해하지 못하기 때문이다. 그러나 이해하지 못하는 것들을 모두 신이 내렸다 여긴다면, 그 목록에 어디 끝이 있겠는가?

- 히포크라테스 <고대 의술에 관하여> -

데모크리토스에게 있어서 삶은 세상을 즐기고 온 세상을 이해하는 것이었다. 그에게 이해는 곧 즐거움이었다. 그는 “축제 없는 인생은 여관이 없는 긴 여정과 같다.”라고 이야기한 적이 있다.

데모크리토스는 독재 아래의 부유한 삶보다 민주주의 사회에서의 가난한 삶을 택하겠노라고 했다. 그는 자신의 시대를 지배하던 종교들을 모두 악이라고 판단했으며, 불멸의 영혼이나 불멸의 신 따위는 존재하지 않는다고 확신했다. “원자와 빈 공간을 제외하면 아무것도 없다.”

그리고 ‘코스모스’라는 단어를 처음 사용한 이도 피타고라스였다. 그는 우주를 “아름다운 조화가 있는 천체”, 즉 코스모스로 봄으로써 우주를 인간의 이해 범주 안으로 끌어들였던 것이다.

피타고라스학파는 수학적 논증의 객관성 및 확실성에 매료돼 있으며, 수학적 논증이야말로 인간 지성이 도달할 수 있는 순수하고 더러움이 없는 최상의 인지 세계라고 받아들였다. 그리고 이러한 논증 체계야말로 코스모스였다.

이오니아에서 과학이 쇠퇴한 이유: 과학 실험은 노예들이나 하는 것이라는 인식이 퍼져서

현대 제3세계의 커다란 문제는 고등 교육의 기회가 주로 부유층의 자녀들에게만 주어진다는 것이다. 부유층 출신은 당연히 현상 유지에만 관심이 있다. 뿐만 아니라 자신의 손으로 직접 일을 하여 무엇을 만든다든가, 또는 기존의 지식 체계에 도전하든가 하는 일을 매우 어려워한다. 사정이 이러하니 이런 나라들에서 과학이 뿌리 내리기는 지극히 어려울 수밖에 없다.

플라톤과 아리스토텔레스는 노예 사회에서 편히 살던 인물이었다. 그들은 노예 제도의 부당성에 괴로워하기보다 오히려 억압을 정당화하는 논지를 폈으며, 전제 독재 군주를 섬겼고 육체와 정신의 분리를 가르쳤다. 그들은 또 사상과 물질을 별개의 것이라고 가르쳤다. 어디 그것뿐인가. 그들은 하늘에서 지구를 분리시켰다. 이것이 서양의 정신세계를 2,000년 이상 지배해 온 분리의 사상이다.

아리스타르코스의 이와 같은 생각은 우리가 ‘코페르니쿠스’ 하면 떠올리게 되는 생각과 그대로 일치한다. 그렇기 때문에 갈릴레오는 코페르니쿠스를 태양 중심 우주관을 “복귀시킨 사람이며 입증한 사람”이라고 기술했지 태양 중심 우주관의 창시자라고 부르지는 않았다.

별이란 무엇인가? 별이란 광막한 우주 공간에 흩어져 있는 막강한 힘을 가진 태양이었다.

아리스타르코스가 우리에게 남겨준 우리에게 남겨 준 위대한 유산은 지구와 지구인을 올바르게 자리 매김한 것이다. 지구와 지구인이 자연에서 그리 대단한 존재가 아니라는 통찰은 위로는 하늘에 떠 있는 별들의 보편성으로 확장됐고 옆으로는 인종 차별의 철폐로까지 이어졌다. 그러나 이러한 통찰이 성공을 거두기까지 인류의 역사는 반대쪽으로 흐르는 물결을 끊임없이 거슬러 가며 저항해야 했다.

이제 우리는 태양계가 은하의 중심핵으로부터 약 3만 광년 정도 떨어진 곳에 자리한다고 확실하게 알고 있다. 은하수 은하 내부에서 우리가 살고 있는 태양계의 현주소는 나선팔의 가장자리이다. 별들의 밀도가 주위보다 좀 낮고 외지고 후미진 곳이다.

코스모스의 광막한 어둠 속에는 1000억 개가 넘는 엄청난 수의 은하들이 널리 흩어져 있는 것이다.

우리의 행성 지구가 우주에서 중요한 존재로 남기를 간절히 바란다면 지구를 위해 우리가 할 수 있는 일들이 분명히 있을 것이다. 질문을 던질 수 있는 용기와 던져진 질문에 대한 깊이 있는 답변만이 우주에서 지구의 위상을 높일 수 있는 밑거름이 되는 것이다.

별들은 도대체 어떤 존재인가? 탐험의 욕구는 인간의 본성이다. 우리는 나그네로 시작했으며 나그네로 남아 있다. 인류는 우주의 해안에서 충분히 긴 시간을 꾸물대며 꿈을 키워 왔다. 이제야 비로소 별들을 향해 돛을 올릴 준비가 끝난 셈이다.

8. 시간과 공간을 가르는 여행

맑은 날 밤하늘에서 우리 눈에 보이는 별들은 가장 가까운 것들 중에서도 극히 일부에 불과하다. 그렇지만 우주에는 별들이 셀 수 없을 정도로 많고 또 많다. 지구 상의 해변이란 주변 모두에 깔려 있는 모래알들보다 우주에 있는 별들이 훨씬 많다.

빛의 속도는 모든 관성 좌표계에서 일정하다.

입자 가속기 속의 입자는 속도가 빨라지면 빨라질수록 무거워지고, 빛의 속도에 가깝게 움직이는 원자 시계는 느리게 간다. 우리는 이런 이상한 현상의 효과를 특수 상대성 이론으로 아주 정밀하게 예측하고 측정할 수 있다.

별들의 일생에 비한다면 사람의 일생은 하루살이에 불과하다. 단 하루의 무상한 삶을 영위하는 하루살이들의 눈에는, 우리 인간들이 아무것도 하지 않으면서 그저 지겹게 시간이 가기만을 기다리는 한심한 존재로 보일 것이다. 한 편 별의 눈에 비친 인간의 삶은 어떤 것일까? 아주 이상할 정도로 차갑고 지극히 단단한 규산염과 철로 만들어진 작은 공 모양의 땅덩어리에서 10억 분의 1도 안 되는 짧은 시간 동안만 반짝하고 사라지는 매우 하찮은 존재로 여겨질 것이다.

9. 별들의 삶과 죽음

우리는 모두 별의 아이다.

우주 어디를 보든 존재하는 물질의 99%가 수소와 헬륨이다. 가장 간단한 두 가지 원소가 우주에 가장 흔하다는 말이다. 그런데 헬륨은 사실 지구에서 발견되기 전에 태양에서 먼저 검출됐다.

간단한 핵에서 복잡한 핵을 만들려면 양성자와 중성자를 첨가하면 된다. 이때 방해의 요인인 전기적 척력을 어떻게 적절히 상쇄시킬 수 있느냐가 문제의 핵심이다. 역시 그 임무는 핵력의 몫이다. 핵력의 발동은 핵자들이 매우 가까이 접근해야 가능한데, 극도로 고온인 상황에서는 핵자들의 근거리 접근을 기대할 수 있다. 온도가 대략 1000만 도 이상의 상황에서는 핵자들이 전기적 척력이 위력을 발휘할 수 없을 정도로 매우 빠르게 충돌하기 때문이다. 이 고온의 조건은 별의 중심부에서 쉽게 구현된다.

별의 운명, 별의 최후는 그 별이 얼마나 큰 질량을 갖고 태어났느냐에 따라 결정된다.

10. 영원의 벼랑 끝

11. 미래도 띄운 편지

12. 은하 대백과사전

13. 누가 우리 지구를 대변해 줄까?

1. 우리는 생각하는 별 먼지이다.

2. 우주 생명의 푸가

3. 이오니아에서 태어난 과학

4. 알렉산드리아 도서관

5. 창백한 푸른 점

-> 우리는 모두 X밥이다.

토론 주제: 1. 우리는 모두 X밥인가?

인간의 유한성

2. 영원한 삶을 살고 싶은가?

3. 맞춤형 아기에 대해 어떻게 생각하는가?

**여러분은 왜 지식을 얻는가?**