

반물질

| 프랭크 클로우스 | 강석기 옮김 |

우리가 보는 우주는 물질계로서 보이지 않는 반물질계의 반쪽 쌍입니다.
우주는 물질과 반물질로 되어 있으며 이 둘간의 보이지 않는 조화가
현상계를 이룹니다. 그 신비한 반물질계에 대해 이야기합니다(편집자 주).



우리는 반물질 덩어리를 보더라도 그것이 반물질인지 알아차리지 못할 것이다. 겉모습으로는 보통 물질과 구분할 수 없기 때문이다. 따라서 누가 건드리더라도 터져버리는 반물질이 구성원의 일원으로 완벽히 위장한다면 ‘내부의 적’으로서는 더할 나위 없다. 그렇다면 도대체 반물질이란 무엇인가? 물질의 반대라고 말하면 간단하지만, 뭐가 반대란 말인가? 어떤 물질이라도 닿기만 하면 없애버리는 무시무시한 힘을 반물질은 어떻게 가지게 되었을까?

반물질을 이해하려면 먼저 우리 자신 같은 보통 물질을 알아야 한다. 우리의 성격이나 외모는 복잡한 분자로 이뤄진 작은 나선인 DNA에 그 정보가 들어 있다. 분자는 원자로 이뤄져 있는데 원자는 탄소나 수소, 철 같은 원소의 특성을 지니는 가장 작은 단위다.

수소 원자는 가장 가볍기 때문에 대기 위로 떠올라 대기권을 빠져나간다. 우주에서는 가장 흔한 원소이지만 지구에서는 상대적으로 드문 이유다. 수소는 대부분 빅뱅 직후에 만들어졌으므로 140억 살에 가깝다.

태양 같은 별에서는 엄청난 양의 수소가 폭발하면서 빛을 내고, 별 내부에서는 여러 원소가 만들어진다. 우리가 숨 쉬는 산소 원자와 우리 피부와 이 글자에 쓰인 잉크를 이루는 탄소 원자는 대부분 약 50억 년 전 지구가 막 형성되던 시기에 별에서 만들어졌다. 따라서 우리는 모두 우주먼지이고, 조금 삭막한 표현을 쓰면 핵폐기물이다. 별은 수소를 연료로 쓰는 핵반응이라고 할 수 있어 별빛이라는 에너지를 내놓고 이 과정에서 재, 즉 폐기물인 원소들이 만들어지기 때문이다.

원자가 얼마나 작은가 하면 이 문장의 마침표에 쓰인 잉크에는 탄소 원자가 수천억 개 들어있다. 지구에 살고 있는 인구 70억 명보다 훨씬 큰 숫자다. 원자 하나하나를 맨눈으로 보려면 점을 지름 100미터가 될

때까지 확대해야 한다.

탄소 원자는 결합하는 방식에 따라 다이아몬드가 될 수도 있고 흑연이나 카본블랙(carbon black(검댕, 숯, 석탄))이 될 수도 있다. 반물질 역시 분자와 원자로 이뤄져 있다. 반탄소 원자가 모여 만든 반다이아몬드는 우리가 알고 있는 다이아몬드와 마찬가지로 아름답고 단단할 것이다. 반검댕은 검댕과 똑같아 보일 것이다. 반책에 찍힌 구두점도 이 책의 구두점처럼 맨눈으로 반탄소 원자를 보려면 100미터 크기로 확대해야 한다. 물론 확대했더라도 반탄소 알갱이와 탄소 알갱이를 구분할 수는 없을 것이다. 즉 원자 수준에서도 물질과 반물질은 똑같아 보인다. 둘 사이의 차이는 더 깊숙이 숨어 있다.

원자는 아주 작지만 가장 작은 건 아니다. 원자 안으로 들어가 원자를 이루는 기본 입자를 만나야 물질과 반물질 사이의 심오한 이중성을 깨달을 수 있다.

원자 안은 미로라고 할 만큼 복잡한 구조로 돼 있다. 원자 중심에는 밀도가 높은 원자핵이 있는데 원자 질량의 대부분을 차지한다. 원자를 보려면 구두점을 100미터로 확대하는 걸로 충분하지만, 원자핵을 보려면 지구 크기에 가까운 1만 킬로미터로 확대해야 한다. 반원자도 마찬가지다. 이런 수준은 왜야 물질이냐 반물질이냐 하는 차이가 드러나기 시작한다.

아인슈타인의 상대성이론에서 나오는 시간과 공간의 심오한 얽힘이 원자 내부의 세계를 지배하는 불확실성의 세계와 만나면 놀라운 의미가 드러난다. 즉 자연은 우리가 익숙한 물질을 이루는 기본 입자만으로는 작동할 수 없다는 사실이다. 모든 아원자 입자(亞原子 粒子, subatomic particle)에게는 거울에 비친 음화인 반입자가 있어야 하고, 이 반입자는 보통 입자에 적용되는 엄격한 법칙을 똑같이 따른다. 보통

입자가 원자와 물질을 만들 듯 반입자는 얼핏 보통 물질과 똑같아 보이지만, 근본적으로는 다른 존재인 반원자와 반물질을 만든다.

물질과 반물질

원자 안에는 전류가 흐르고 강한 자기장이 걸려 있다. 또 전기적 힘으로 구성 입자들이 서로 끌어당기거나 밀어낸다. 반물질 원자 내부에도 이런 전류와 자기장, 전기적 힘이 존재하지만 그 방향은 반대다. 자기장 북극이 남극이 되고 양전하가 음전하가 된다. 개별 원자나 반원자를 볼 수 있게 100미터 크기로 확대한 구두점과 반구두점을 상상해보자. 그리고 작은 자석을 원자 쪽으로 들이밀 때와 반원자 쪽으로 들이밀 때 일어나는 현상을 비교해보자. 한쪽이 왼쪽으로 약간 휘어진다면 다른 쪽은 그 거울 이미지인 오른쪽으로 약간 휘어질 것이다. 한쪽이 끌어당긴다면 다른 쪽은 밀어낼 것이고, 한쪽이 떨어진다면 다른 쪽은 달라붙을 것이다. 또한 한쪽이 살아남는다면 다른 쪽은 소멸할 것이다.

이런 힘은 전하를 띠는 원자핵에서 나온다. 자석에 N극과 S극이 있어 같은 극이 만나면 밀어내고 다른 극이 만나면 끌어당기듯, 전하의 법칙도 같은 전하는 밀어내고 반대 전하는 당긴다. 보통 물질에서 원자핵은 양전하를 띠고 원자 주변을 맴도는 작고 가벼운 입자인 전자는 음전하를 띤다. 가장 단순한 원소인 수소의 원자는 양성자 하나로 된 중심 원자핵을 전자 하나가 거리를 둔 채 맴돌고 있는 구조다.

음전하인 전자가 양전하인 원자핵 주위를 선회하는 건 반대 전하가 서로 끌어당기기 때문이다. 원자 내부에 이런 전자기력이 작동하기 때문에 분자와 결정, 생체조직, 바위, 생물체 같은 구조가 만들어지고 유

지될 수 있다.

한편 중력은 은하와 행성, 떨어지는 사과를 지배하는 힘으로 우리가 땅을 딛고 서 있는 것도 중력 때문이다. 하지만 사물 모양과 구조를 유지하는 것은 전자기력 덕분이다. 사실 전자기력은 중력과는 비교할 수 없을 정도로 강력하지만 물체를 이루는 양전하와 음전하의 당김과 밀어냄이 상쇄되기 때문에, 결과적으로 중력이 두드러지는 것뿐이다. 따라서 우리 몸에 있는 원자 안에서는 강력한 전기력이 작용하지만 우리는 이 힘을 별로 느끼지 못할 뿐 아니라 우리 자신이 전하를 띠고 있지도 않다.

그럼에도 이런 내부 구조가 있음을 보여주는 현상이 꽤 있는데, 바로 양전하와 음전하가 정확히 상쇄되지 않을 때다. 전하가 치우쳐 있으면 번개처럼 스파크를 내고, 자석은 중력을 거슬러 금속 덩어리를 끌어당긴다. 지구 내부를 돌아다니는 전하는 지구를 하나의 거대한 자석으로 만들었다. 작은 나침반 바늘이 흔들리다 결국에는 자북과 자남을 가리키는 방향으로 정렬하는 이유다.

반물질 이야기가 시작되는 1928년 물리학자들이 알고 있던 건 이 정도였다. 반물질 개념을 생각한 폴 디랙 Paul Dirac과 반물질을 발견한 칼 앤더슨 Carl Anderson, 로버트 밀리칸 Robert Millikan이 이해하고 있었던 원자는 질량이 집중된 양성자의 양전하에 음전하인 가벼운 전자가 붙잡혀 춤추고 있는 상태였다. 우리에게 이정도 지식만 있어도 반물질 아이디어를 이해할 준비가 돼 있다고 할 수 있다.

물질 덩어리가 존재하는 데 기반이 되는 전자기 법칙은 물질 구성 성분 가운데 어느 것이 음전하를 띠고 어느 것이 양전하를 띠건 상관없이 작용한다. 양전하 성분을 음전하로, 음전하 성분을 양전하로 바뀌어도 나타나는 힘은 그대로이고 구조도 변화가 없을 것이다. 전자가 양

전하를 띠고 양성자가 음전하를 띠어도 겹보기에는 다를 게 없다는 말이다.

물질에서 이런 전하 바뀌치기가 일어난 게 바로 반물질이다. 반원자인 반수소에서는 음전하인 ‘반양성자^{antiproton}’ 주위를 양전하인 ‘양전자’가 돌고 있다. 이런 물질의 거울상이 존재해야 한다고 처음 예측한 폴 디랙은 1933년 노벨상을 받는 자리에서 이렇게 말했다.

“지구와 태양계에 음전하인 전자와 양전하인 양성자가 많이 있다는 건 우연이라고 봐야 한다. 우주 어딘가에는 양전하인 전자와 음전하인 양성자로 이뤄진 별이 있을지도 모른다.”

음과 양 사이의 대칭성을 예감하고 그 심오한 뜻을 깨달았던 디랙은 별들 가운데 반은 물질로 이뤄졌고 나머지 반은 반물질로 이뤄졌을 거라고 말하기도 했다. 사실 밤하늘에 보이는 별들 중 어느 게 물질별이고 어느 게 반물질별인지 우리로서는 알 도리가 없다.(끝) 

- 이 글은 『반물질』에서 발췌하였습니다.
- 이 글은 미래사의 허락 없이 무단 전재나 재배포를 할 수 없습니다.

저자 | **프랭크 클로우스** Frank Close | 영국 옥스퍼드대학의 물리학 교수이자 엑시터칼리지의 선임연구원으로 대영제국 4등 훈장 수훈자(OBE)다. 영국 과학진흥협회 부회장, 러더퍼드애플턴연구소 이론물리학분과 책임자, CERN의 커뮤니케이션 대중교육 책임자를 지냈다. 물리학 대중화에 기여한 공로로 1996년 물리학연구소가 수여하는 켈빈메달을 받았다. 2007년에는 영국 미디어에서 비전문가를 위한 탁월한 과학 글쓰기 공로로 신젠타상을 수상했다. 클로우스 교수는 책을 여러 권 집 했는데, 『Lucifer's Legacy』(2000), 『The New Cosmic Onion』(2007), 『The Particle Odyssey』(2002), 『The Void』(2007), 『Neutrino』(2010), 『The Infinity Puzzle』(2011) 등이 있다.

역자 | **강석기** | 서울대학교에서 화학을, 동 대학원에서 분자생물학을 공부했다. LG생활건강연구소에서 연구원으로 근무했고, 2000년부터 2012년까지 <동아사이언스> 과학전문 기자로 일했다. 저서로 『과학 한잔 하실래요?』(2012)와 『사이언스 소믈리에』(2013)가 있다.

반물질 : 세상에서 가장 비싼 물질 이야기

저자 프랭크 클로우스 | 역자 강석기 | 출판사 MID | 정가 15,000원

세상에서 가장 비싼 물질이자, 단 1그램만 있어도 도시 하나를 통째로 날려 버릴 폭탄의 재료로 알려진 반물질에 대한 흔한 오해와 불이해를 차근차근 깨우쳐주며, 그를 통해 우주의 놀라운 신비를 깨닫게 해 주는 책이다.

CERN의 커뮤니케이션/대중교육 책임자를 지낸 옥스퍼드대 물리학 교수 프랭크 클로우스 박사가 반물질에 대한 현대 물리학의 여러 부분을 종합하여, 인물과 시간의 흐름에 따라 독자가 알기 쉽도록 잘 풀어 설명해주어 과학과 과학소설을 좋아하는 독자라면 꼭 읽어봐야 할 책이다. 물리학 서적에 익숙한 독자들조차 저자의 간결하고 맛깔스런 문장과 근사한 서술에 경외감을 느끼게 될 것이다.

