

천체 질량과 그 의인화 캐릭터의 질량 사이의 관계식

루트

요약

본 연구에서는 루트의 태양계 천체 의인화 프로젝트 <그래도 행성은 돈다> 내의 물리량 설정에 대해 다룬다. 여기에서 다루는 것은 오직 핵융합 반응을 통해 에너지를 만들지 않는 행성, 소행성, 위성들에 관한 설정이다. 항성에 관한 설정은 여기에서는 다루지 않는다. 우선적으로 각 천체의 질량을 캐릭터의 질량으로 변환하는 공식의 필요성과 근거, 그리고 그 유도 과정에 대해 서술하고, 공식을 통해 도출된 결과를 분석해 보기로 한다.

서론

I. 연구동기

일반인들에게 과학 지식을 효과적으로 전달하기 위해 진행하고 있는 천체 의인화 프로젝트 <그래도 행성은 돈다>에서는 각 캐릭터의 외형과 원안이 되는 천체의 물리량을 상호연관성이 드러나게끔 설정하였다. 또한 같은 주제의 다른 천체 의인화 콘텐츠와 차별성을 두고자 하였다.

따라서 <그래도 행성은 돈다>에 등장하는 캐릭터들의 신장과 질량 등의 물리적인 특성들의 유래를 원안이 되는 천체의 물리량에서 간단한 수식을 통해 유도할 수 있도록 하기로 하였다.

II. 관계식 유도의 필요성

각 특성을 유도할 수 있는 공식의 장점, 즉 필요성은 다음과 같다.

- 캐릭터와 그 모티브가 되는 천체 간의 연관성이 더 깊어지게 된다.
- <그래도 행성은 돈다>와 세계관을

공유하는 타 창작물이나, 이를 기반으로 하는 오리지널 캐릭터를 만드는 과정이 쉬워진다.

- 기준만 명확하게 설정된다면, 이후 새 천체가 발견되었을 때 그들이 <그래도 행성은 돈다>의 세계관에 쉽게 녹아들 수 있다.

모든 공식과 그 유도 과정을 실을 수 없기에, 여기에서는 행성과 소행성의 질량을 캐릭터의 질량으로 변환하는 공식에 대해서만을 다룬다.

선행 이론

I. 의인화 대상이 되는 천체

<그래도 행성은 돈다>에 등장하는 의인화 캐릭터는 유체정역학적 평형과 왜소행성의 정의 등을 고려하여 반지름 400킬로미터 이상이며 임시이름이 아닌 정식 명칭을 부여받은 33개의 천체를 대상으로 한다.

II. 체질량지수(BMI)

카우프지수, 체적지수라고도 하며, 비교적

정확하게 체지방의 정도를 반영할 수 있어 가장 많이 이용되는 비만 지표이다. 체질량지수의 공식은 다음과 같다.

$$\frac{\text{몸무게(kg)}}{\text{키(m)}^2}$$

20대의 경우 측정된 체질량지수가 18~23인 경우를 정상으로 본다.

III. 반지름 400킬로미터 이상인 천체의 질량 목록은 [표 1]과 같다. 반지름과 질량은 유효숫자 3자리를 기준으로 반올림하였다.

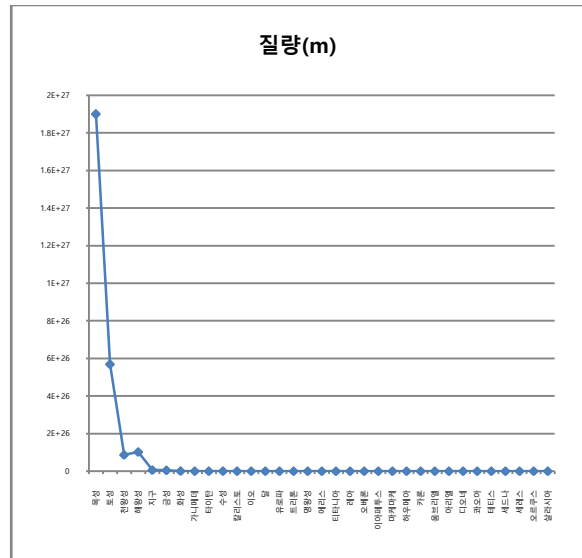
천체	반지름(km)	질량(m)
목성	69900	1.90E+27
토성	58200	5.69E+26
천왕성	25300	8.68E+25
해왕성	24600	1.02E+26
지구	6370	5.97E+24
금성	6050	4.87E+24
화성	3390	6.42E+23
가니메데	2630	1.48E+23
타이탄	2580	1.35E+23
수성	2440	3.30E+23
칼리스토	2410	1.08E+23
이오	1820	8.93E+22
달	1740	7.35E+22
유로파	1560	4.80E+22
트리톤	1350	2.15E+22
명왕성	1180	1.31E+22
에리스	1160	1.67E+22
티타니아	788	3.53E+21
레아	764	2.32E+21
오베론	761	3.01E+21
이아페투스	735	1.97E+21
마케마케	715	4.00E+21
하우메아	620	4.00E+21
카론	604	1.52E+21
움브리엘	585	1.20E+21
아리엘	579	1.35E+21
디오네	561	1.10E+21
콰오아	555	1.40E+21
테티스	531	6.17E+20
세드나	500	1.03E+21
세레스	482	9.39E+20
오르쿠스	458	6.41E+20
살라시아	425	4.50E+20

[표 1] <반지름 순 태양계 천체 목록>을 바탕으로 한 태양계 천체-반지름-질량 표

공식의 접근과 유도

I. 로그함수의 적용

앞의 반지름과는 달리 각 천체의 밀도가 일관적이지 않아 관계식을 만드는 데에 어려움이 있을 것이라는 예상이 들어, [표1]을 그래프로 나타내 보았다. 이 그래프가 지수함수 형태의 개형을 보이면 이전의 공식과 마찬가지로 로그함수를 적용할 수 있다.



[그림 1] 태양계 천체 - 질량 그래프

여기에서 알 수 있는 것처럼, 이 그래프는 완전히 지수함수 형태의 개형을 보이지는 않는다. 그러나 천체 밀도 역시 중요한 물리적 성질의 하나이므로 이 밀도의 높고 낮음으로 생기는 차이 역시 중요한 역할을 한다고 보았다. 또 이 공식에 로그함수를 적용하기로 하였다.

II. 체질량지수의 범위

인간의 경우 20대 중반에 신체가 완성된다. 또 이 연령대는 노화가 본격적으로 진행되기 전의 연령이라고 할 수 있다. 따라서 20대 초~중반의 연령대를 의인화된 캐릭터의 외형 표준으로 삼는다. 이 때 체질량지수가 18~23인 경우를 정상으로 보며, 중간값인 20을 기준점으로 사용하기로 한다.

III. 공식 유도 기준점

천체 반지름과 그 의인화 캐릭터의 신장 사이의 관계식을 유도했을 때와 마찬가지로, 공식 유도의 기준점을 목적과 지구로 잡을 수 있다. 그러나 지구의 경우 밀도가 높은 암석행성 가운데에서 가장 밀도가 높다는 점을 고려하여 밀도가 높지 않은 다른 천체를 기준으로 제시하는 것이 더 이상적인 공식을 유도할 수 있다고 보았다.

따라서 여기에서는 기준이 되는 천체를 목적과 달로, 기준 BMI를 20으로 하고 로그를 이용하여 질량과 질량 사이의 관계식을 유도한다.

천체 (캐릭터)	신장 (m)	20* (신장) ²	반올림 (간략화)	질량 (kg)
목적	1.919	73.7	74	1.90E+27
달	1.598	51.1	51	7.35E+22

[표 2] BMI 20을 기준으로 한 질량계산

IV. 공식 유도

기준이 되는 천체인 목적과 달의 질량에 각각 상용로그를 취하면

천체 (캐릭터)	질량 (kg)	log(질량)
목적	1.90E+27	27.2788
달	7.35E+22	22.8663

[표 3] 각 천체의 질량에 상용로그를 씌운 값

위와 같은 값을 얻을 수 있다. 이제 아래와 같은 연립방정식을 풀어 상수 a와 b를 구한다.

$$\begin{pmatrix} 27.2788 & 1 \\ 22.8663 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 74 \\ 51 \end{pmatrix}$$

$$a = 5.21246, b = -68.1898$$

이라는 값이 나오게 된다. 이전과 같이 외우거나 사용하기 편리하도록 a와 b의 값의 소수 부분을 버리면

$$a = 5, b = -68$$

이라는 값을 얻을 수 있고, 앞에서 이용했던 로그를 사용해 천체 질량-캐릭터 질량 공식을 완성시키면 다음과 같다.

$$m(\text{kg}) = 5 \log_{10} M(\text{kg}) - 68$$

여기에서 m은 캐릭터의 질량이며, M은 천체의 질량이다. 하지만 이 경우 원래의 a값과 간략화한 a값의 차이가 크기 때문에 목표했던 질량 값과 실제 공식을 통해 도출한 질량 값의

차이가 크게 나오게 되었다.

천체 (캐릭터)	목표 질량 (kg)	공식을 통해 도출한 질량(kg)	차이
목적	74	68.394	5.606
달	51	46.3315	4.6685

[표 4] 목표 질량과 공식을 통해 도출한 질량의 차이

이 차이를 보정하기 위해 또 다른 상수인 b를 조정해야 한다. 차이의 값의 평균인 5를 더하는 것이 바람직해 보이나, 달이 내행성계 행성의 위성으로서 역시 밀도가 높다는 점을 고려하여 b의 원래 값 -68에 평균보다 높은 6을 더하기로 한다.

따라서 유도된 공식은 다음과 같다.

$$m(\text{kg}) = 5 \log_{10} M(\text{kg}) - 62$$

결론 및 제언

태양계 천체에 관한 이론, 신체 치수에 관한 자료, 그리고 간단한 수학 지식을 활용하여 천체 질량-캐릭터 질량 관계식을 유도하였다.

유도된 관계식을 사용하여 앞의 표에 나열된 각 캐릭터의 질량을 구해 보기로 하자.

그 결과는 복잡하므로, 캐릭터 프로필에 반영하기 위해서 적절한 반올림이 필요하다. 이 공식을 사용할 때, 공학용 계산기와 같은 도구 없이 상용로그표만을 가지고 손으로 계산한다면 총 세 번의 반올림을 하게 된다.

- A. 먼저 각 천체들의 질량을 구할 때, 상용로그표를 사용하기 편하도록 유효숫자 세 자리만 남기고 반올림한다.
- B. 두번째로 상용로그표를 사용해 로그를 취할 때 상용로그표에 의해 소수 다섯째 자리에서 반올림된다.
- C. 마지막으로 공식에 대입해 구해진 질량을 표기하기 쉽도록 소수 둘째 자리에서 반올림한다.

이에 따라 각 캐릭터의 질량을 구해 보면 [표 5]와 같은 결과가 나온다.

천체	천체 질량(kg)	캐릭터 질량(kg)
목성	1.90E+27	74.4
토성	5.69E+26	71.8
천왕성	8.68E+25	67.7
해왕성	1.02E+26	68.0
지구	5.97E+24	61.9
금성	4.87E+24	61.4
화성	6.42E+23	57.0
가니메데	1.48E+23	53.9
타이탄	1.35E+23	53.7
수성	3.30E+23	55.6
칼리스토	1.08E+23	53.2
이오	8.93E+22	52.8
달	7.35E+22	52.3
유로파	4.80E+22	51.4
트리톤	2.15E+22	49.7
명왕성	1.31E+22	48.6
에리스	1.67E+22	49.1
티타니아	3.53E+21	45.7
레아	2.32E+21	44.8
오베론	3.01E+21	45.4
이아페투스	1.97E+21	44.5
마케마케	4.00E+21	46.0
하우메아	4.00E+21	46.0
카론	1.52E+21	43.9
움브리엘	1.20E+21	43.4
아리엘	1.35E+21	43.7
디오네	1.10E+21	43.2
콰오아	1.40E+21	43.7
테티스	6.17E+20	42.0
세드나	1.03E+21	43.1
세레스	9.39E+20	42.9
오르쿠스	6.41E+20	42.0
살라시아	4.50E+20	41.3

[표 4] 공식을 사용하여 구한 캐릭터의 질량

만들어진 공식은 고른 분포를 보이고 단순해, 각 천체들의 특성을 표현하는 데에 효과적이지만, 공식 유도 과정과 완성된 관계식에서 다음과 같은 한계들이 있었다.

I. 천체의 반지름을 구할 때 사용했던 자료의 문제

직접 관련자료를 찾지 않고 다소 신뢰도가 떨어지는 영문판 위키백과의 자료를 사용하였다. 관련 문서였던 '반지름 순 태양계 천체 목록'의 경우 한국어판, 일본어판 등 다른 언어

로 된 문서와의 차이가 심하기도 하고, 같은 언어판이라고 해도 각 천체에 관한 문서와의 질량 차이가 있어 문제가 될 수 있었다. 또 일부 천체의 질량이 누락되어 있는 자료였기에 공식으로 도출된 결과의 신빙성 역시 부족하다.

II. BMI와 밀도의 상관관계 의미 결여

BMI나 밀도가 일정하다고 할 때, BMI는 일차 곡선을 그리고, 밀도는 일차 곡선을 그리기 때문에 의미가 결여될 수 있었다. 그것은 밀도가 1이 되지 않는 토성과 밀도 1 이상인 다른 작은 천체들에 대응되는 의인화 캐릭터의 BMI를 대조하는 것으로 쉽게 알 수 있었다.

또 앞으로 진행해야 할 연구는 다음과 같다.

I. 천체들의 궤도적 성질 변환 공식 유도

지금까지는 물리적 성질에 관한 공식만을 다루었지만, 각 천체들의 궤도적 성질을 반영할 수 있는 관계식이나 캐릭터들의 특징을 생각해 볼 예정이다.

II. 항성의 물리적 성질 변환 공식 유도

항성이 아닌 천체와는 별개로, 항성들의 반지름, 질량 등에 적용할 수 있는 새로운 공식을 유도해야 한다.

참고 문헌

- Wikipedia, List of Solar System objects by size, https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Solar_System_objects_by_size
- 체질량지수, 시사상식사전, <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=932129&cid=50370&categoryId=50370>
- 행성 반지름과 그 의인화 캐릭터의 신장 사이의 관계 수식, 루트, <http://iapetus08.cafe24.com/doc/phy01.pdf>