

일반인을 위한
물리 코딩

8주차. 축구공의 움직임 II

$$\vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{|r^2|}\hat{r}$$



마그누스 효과

$$\vec{F} = -\frac{Gm_1m_2}{|r|^2}\hat{r}$$





축구공을 찼을 때의 움직임



출처: pixabay

인천 대건고

경기 광문고



No.8 김현수

인천 대건고등학교(인천UTO U-18)

출처: 네이버 뉴스

배나나킥



출처 : 게티이미지뱅크



배나나킥



원하는 각도로 킥 가능

출처: pixabay





바람 없이 공을 휘게 하는
시뮬레이션

마그누스 효과



회전하는 방향으로 공이 휜

출처 : 게티이미지뱅크



마그누스 효과



출처: pixabay



마그누스 효과

마그누스 힘



물체 주변의 공기

물체의 회전

진공 상태에서는 절대로 공이 휘지 않는다!



마그누스 효과



모든 상황에서
공의 움직임을 구하는 것은 불가능

마그누스 효과



기체 분자가 축구공에 미치는 알짜힘 → 위쪽 방향으로의 힘



마그누스 공식

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} \overset{\text{저항계수}}{C_m} \rho A R \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$

마그누스 공식

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} c_m \rho A R \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$

공기의 밀도



마그누스 공식

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} C_m \rho \overset{\text{단면적}}{A} R \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$



마그누스 공식

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} C_m \rho A \mathbf{R} \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$

반지름



마그누스 공식

공의 회전을
나타내는 속도의 크기

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} C_m \rho A R \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$



마그누스 공식

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} C_m \rho A R \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$

$$1\text{초당 } 1\text{회전} = 2\pi$$

$$1\text{초당 } 2\text{회전} = 4\pi$$

⋮

마그누스 공식

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} C_m \rho A R \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$

마그누스 힘의
방향을 정함



마그누스 공식

회전축에 대한
단위벡터(길이:1)

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} C_m \rho A R \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$



마그누스 공식

회전축에 대한
단위벡터(길이:1)

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} C_m \rho A R \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$

속도의
단위벡터



마그누스 공식

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} C_m \rho A R \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$

외적



마그누스 공식

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} C_m \rho A R \omega (\hat{\omega} \times \hat{v})$$

위쪽 방향 \Rightarrow 위쪽으로 마그누스의 힘이 생성

아래쪽 방향 \Rightarrow 아래쪽으로 마그누스의 힘이 생성

임의의 방향 \Rightarrow 둘 다에 수직인 방향으로 힘이 작용



하인리히 구스타프 마그누스



마그누스보다 먼저 공의 궤적을 분석한 사람이 있었다?

출처: 위키피디아



아이작 뉴턴

출처: 위키피디아

[자료 출처]

* 네이버 뉴스

- <https://sports.news.naver.com/kfootball/vod/index.nhn?id=460623&category=kfootball&listType=total>

* 게티이미지뱅크

- 951937264

* 픽사베이(pixabay.com)

- <https://pixabay.com/ko/%EC%B6%95%EA%B5%AC%EA%B3%B5-%EC%B6%95%EA%B5%AC-%EB%B8%94%EB%9E%99-%ED%99%94%EC%9D%B4%ED%8A%B8-%EC%8A%A4%ED%8F%AC%EC%B8%A0-%EA%B3%B5-220205/>

[자료 출처]

* 위키피디아

- https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%95%98%EC%9D%B8%EB%A6%AC%ED%9E%88_%EA%B5%AC%EC%8A%A4%ED%83%80%ED%94%84_%EB%A7%88%EA%B7%B8%EB%88%84%EC%8A%A4#/media/File:Heinrich_Gustav_Magnus.jpg
- <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GodfreyKneller-IsaacNewton-1689.jpg>



세종대학교
SEJONG UNIVERSITY