(각각의 코일 자속밀도 공식은 ‘비오 사바르 법칙’을 통해 유도할 수 있다.)

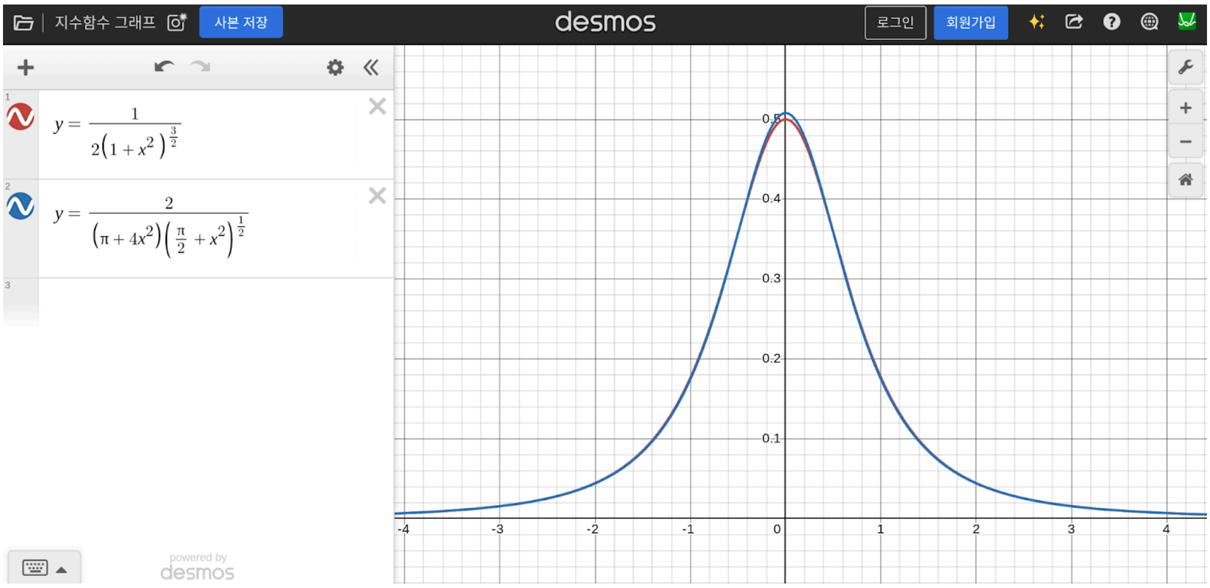
1. 원형 코일 (반지름 R)

$$B(x) = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

2. 정사각형 코일 (한 변의 길이 L)

$$B(x) = \frac{2\mu_0 L^2 I}{\pi(L^2 + 4x^2)\sqrt{\frac{L^2}{2} + x^2}}$$

해당 공식을 그래프로 그리면, 아래 그래프처럼 나오며, 붉은색이 원형, 푸른색이 정사각형 코일이다. x축은 코일의 중심으로부터 거리, y축은 자기장의 세기(B) 이다. 그래프를 적분하면 특정 부분의 자속을 구할 수 있다.



‘

[임의, I(전류)=1, μ_0(매질의 투자율)=1, R(원형 반지름)=1 , L(정사각형 변 길이)=√π]

우선 중심 (x=0)일 때 정사각형 그래프가 더 높을 걸 보아, 앞에서 구한 정사각형 코일의 자기장의 세기가 원형 코일의 세기보다 크다는 것을 알 수 있다.

두 그래프를 무한히 (-∞ ~ +∞) 적분하면,

- **원형 코일 ($R = 1$):**

$$y = \frac{1}{2(1+x^2)^{3/2}} \implies \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2(1+x^2)^{3/2}} dx = 1$$

- **정사각형 코일 ($L = \sqrt{\pi}$):**

$$y = \frac{2}{(\pi + 4x^2)(\frac{\pi}{2} + x^2)^{1/2}} \implies \int_{-\infty}^{\infty} \frac{2}{(\pi + 4x^2)(\frac{\pi}{2} + x^2)^{1/2}} dx = 1$$

신기하게도 둘다 자속이 같다.

하지만 현실에서 쓸 때, 무한한 거리에서 사용은 거의 불가능하므로 코일 간의 거리를 조절해보겠다. (적분 과정이 복잡해 gemini를 활용함)

구분 (구간 또는 지점)	원형 코일 (식 1)	정사각형 코일 (식 2)	비교 결과	비고
$x = 0$ **(중심 자장 세기)**	0.5000	**0.5079**	**정사각형 우세**	중심점 자체는 정사각형이 더 강함
$[-0.01, 0.01]$ **적분**	0.0099	**0.0101**	**정사각형 우세**	극소 구간까지는 정사각형 면적이 넓음
$[-0.5, 0.5]$ **적분**	**0.4472**	0.4455	**원형 우세**	이 지점 부근에서 역전 발생
$[-1, 1]$ **적분**	**0.7071**	0.7049	**원형 우세**	원형이 더 완만한 종 모양
$[-2, 2]$ **적분**	**0.8944**	0.8927	**원형 우세**	약 89% 지점
$[-10, 10]$ **적분**	**0.9950**	0.9945	**원형 우세**	99% 이상 수렴
$[-\infty, \infty]$ **적분**	**1.0000**	**1.0000**	**동일**	총 자기적 영향력(Flux 합)은 같음