

$e^{-x^2}$  Nasıl Entegre Edilir?

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx \quad (1)$$

ifadesi özellikle olasılık matematiginde cokca gorulen bir ifadedir. Bu hesabi yapmak icin kutupsal kordinatlar kullanacagiz.

Simdi ustteki ifadeyle alakali su ifadeye bakalim.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2-y^2} dx dy$$

Iddia ediyorum ki bu son ifade (1)'in sadece karesi, yani (1)'in kendisiyle carpimi. Niye boyle? Cunku  $e$  ifadelerini carpim olarak gosterirsek

$$\int_{-\infty}^{\infty} \underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} e^{-y^2} dx dy}$$

cift entegral icinde isaretlenen blokta yer alan  $e^{-y^2}$   $x$ 'ten bagimsiz, o zaman bloktaki entegralin disina alınabilir. Yani soyle olabilir

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-y^2} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx dy$$

Devam edelim: ustteki ic entegral (1) ifadesi degil mi? Evet. Simdi bir ilginç durum daha ortaya cikti,

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-y^2} \underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx dy}$$

simdi de isaretlenen blok  $y$  entegraline gore sabit, o da ikinci entegralin disina cikarilabilir! (1) yerine  $I$  kullanirsak

$$I \int_{-\infty}^{\infty} e^{-y^2} dy$$

Icinde  $y$  iceren entegral nedir? O da  $I$ 'dir! Niye, cunku bu ifade (1)'in icinde  $y$  olan versiyonundan ibaret. O zaman

$$I \cdot I = I^2$$

Tum bu taklalar niye attik peki? Cunku cift entegralli ifadenin entegralini almak daha kolay, eger onu hesaplarsak, sonucun karekokunu aldigimiz anda  $I$ 'yi bulmus olacagiz.

O zaman ifadeyi hesaplayalim,

$$I^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2-y^2} dx dy$$

Basta soyledigimiz gibi kullanacagimiz numara kutupsal forma gecmek. Entegralin sinirlarina bakalim, tum  $x$  ve tum  $y$  eksenini uzerinden entegral aliyoruz. Kutupsal

formda bu  $r$ 'nin 0'dan sonsuza ve  $\theta$ 'nin 0'dan  $2\pi$ 'a gitmesi anlamına geliyor.

$$r^2 = x^2 + y^2$$

Peki  $e^{-x^2-y^2}$  kutupsal formda nedir?

$$e^{-x^2-y^2} = e^{-(x^2+y^2)} = e^{-r^2}$$

Entegrali yazalım

$$\int_0^\infty \int_0^{2\pi} e^{-r^2} r d\theta dr \quad (2)$$

Niye integral sırasında  $\theta$ 'yi önce yazdım? Çünkü integral içindeki ifadede  $\theta$ 'ya bağlı hiçbir terim yok, o zaman iç integral bana sadece  $2\pi$  verir. Geriye kalanlar

$$= 2\pi \int_0^\infty e^{-r^2} r dr$$

Bu entegral çok daha kolay. Yerine koyma (substitution) tekniği ile bu problemi çözebiliriz.

$$u = -r^2$$

$$du = -2r dr$$

$$= 2\pi \int_0^\infty e^u \frac{-1}{2} du$$

$$= -\pi \int_0^\infty e^u du$$

$$= -\pi e^u \Big|_0^\infty = -\pi e^{-r^2} \Big|_0^\infty$$

$$= \pi$$

Bu sonuç  $I^2$ . Eğer  $I$  değerini istiyorsak, karekok almamız, yani aradığımız sonuç  $\sqrt{\pi}$ .

Tek değişkenli bir problemi aldık ve çift değişkenli problem haline getirdik. İşleri kolaylaştıran (2) denklemindeki  $r$  değişkeni oldu, onun sayesinde yerine geçirme işlemi çok kolaylaştı, ve sonuca ulaştık.

<http://www.youtube.com/watch?v=fWOGfzC3IeY>