

# Derivacion e integracion

**Question 1**

[Top 1](#) [Bottom](#) [Focus](#) [Help](#)

Obtener el valor proporcionado por Gauss-Legendre de la integral de la función  $f(x) = \sin(3x)$  en el intervalo  $[0,1]$  utilizando 7 puntos.  
 You have not attempted this yet

The teacher's answer was:

0.663

**Solution:**

La fórmula de integración de Gauss-Legendre usando  $n$  puntos es:

$$\int_{-1}^1 f(x) dx = \sum_{k=1}^n w_k f(x_k) + R_n$$

donde  $x_k$  es la  $k$ -ésima raíz del polinomio de Legendre de orden  $n$ ,  $P_n(x)$ , y  $w_k$  el peso correspondiente a  $x_k$ , que se puede calcular por las fórmulas:

$$w_k = \frac{2}{(1-x_k^2) [P'_n(x_k)]^2} = \frac{2(1-x_k^2)}{(n+1)^2 [P_{n+1}(x_k)]^2} = \frac{2}{n P_{n-1}(x_k) P'_n(x_k)}$$

ya que  $(1-x^2) P'_n(x) = n [x P_n(x) - P_{n-1}(x)]$  [\*]. El error que se comete es del orden de:

$$R_n = \frac{2^{2n+1} (n!)^4}{(2n+1) [(2n)!]^3} f^{(2n)}(\xi) \quad (-1 < \xi < 1)$$

Para un intervalo arbitrario  $[a,b]$  en lugar de  $[-1,1]$ , debemos hacer el cambio de variable (dif. divididas):

$$\begin{aligned} x = -1 \rightarrow z = a \\ \frac{(b-a)}{(1+1)} = z = a + \frac{b-a}{2} (x+1) = \frac{b-a}{2} x + \frac{b+a}{2} \Rightarrow dz = \frac{b-a}{2} dx \\ x = 1 \rightarrow z = b \end{aligned}$$

Por tanto, la fórmula para un intervalo arbitrario  $[a,b]$  usando  $n$  puntos es:

$$\int_a^b f(z) dz = \frac{b-a}{2} \int_{-1}^1 f\left(\frac{(b-a)}{2} x + \frac{b+a}{2}\right) dx = \frac{b-a}{2} \sum_{k=1}^n w_k f\left(\frac{(b-a)}{2} x_k + \frac{b+a}{2}\right) + R_n$$

donde  $x_k$  es la  $k$ -ésima raíz de  $P_n(x)$ , y  $w_k$  el peso correspondiente a  $x_k$ , siendo el error que se comete del orden de

$$R_n = \frac{(b-a)^{2n+1} (n!)^4}{(2n+1) [(2n)!]^3} f^{(2n)}(\xi), \quad (a < \xi < b)$$

El polinomio de Legendre de orden 7 es

$$P_7(x) = \frac{429}{16} x^7 - \frac{693}{16} x^5 + \frac{315}{16} x^3 - \frac{35}{16} x$$

que tiene por raíces y pesos asociados a las raíces:

GAUSS-LEGENDRE, 7 puntos		
k	$x_k$	$w_k$
1	-0.9491079123427585	0.1294849661688697
2	-0.7415311855993944	0.2797053914892767
3	-0.4058451513773972	0.3818300505051189
4	0.0000000000000000	0.4179591836734694
5	0.4058451513773972	0.3818300505051189
6	0.7415311855993944	0.2797053914892767
7	0.9491079123427585	0.1294849661688697

Para obtener estos valores se pueden consultar las tablas preferidas (p.e. del Abramowitz-Stegun) o también usar Newton-Raphson para obtener las raíces  $x_k$  y alguna de las fórmulas anteriores para calcular los pesos, tal como se hace en la subrutina/procedimiento `gauleg` del libro *Numerical Recipes*. La aproximación inicial que utiliza la subrutina para calcular  $x_k$  es  $\cos((\pi(k-0.25))/(n+0.5))$ . Para calcular  $P'_n(x)$  se usa la fórmula [\*].

Por tanto, la estimación de la integral con este número de puntos es:

$$\int_0^1 \sin(3x) dx \approx \frac{1-0}{2} \sum_{k=1}^7 w_k f\left(\frac{1-0}{2} x_k + \frac{1+0}{2}\right) = 1/2 \sum_{k=1}^7 w_k \sin(3/2 x_k + 3/2) = 0.6633308322$$

siendo  $f(x) = \sin(3x)$ . (  $I = 0.6633308322004476$  )

Como el valor máximo de la derivada 2n-ésima es

$$\max_{x \in [a,b]} |f^{(2n)}(x)| = \max_{x \in [0,1]} |f^{(14)}(x)| = \max_{x \in [0,1]} |-4782969 \sin(3x)| = 4782969$$

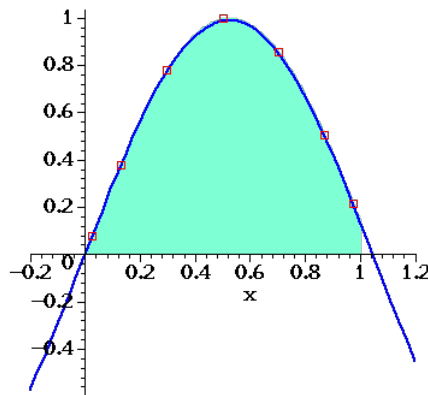
ya que su valor máximo se presenta en el punto  $x = .52359877559829887309$ , una cota superior del error cometido con 7 puntos es entonces:

$$|R_n| = \left| \frac{(b-a)^{2n+1} (n!)^4}{(2n+1) [(2n)!]^3} f^{(2n)}(\xi) \right| \leq \frac{729}{2347600166912000} = 3.105298808 \times 10^{-13}$$

Y el error real cometido con 7 puntos al número de decimales considerado es:

$$|E_n| = |0.6633308322 - (0.6633308322)| = 0.0$$

Sigue una gráfica de la función, y el área determinada por la curva en el intervalo pedido. Aparecen con un cuadrado los diferentes puntos sobre la curva de  $f$ . Estos valores son los que se multiplican por sus pesos correspondientes, para realizar el cálculo de la integral.



(cc) Jesus Garcia Quesada 2011

**Mark summary:**

Question	Value	Your mark
<a href="#">1</a>	3.00	-
Total	3.00	0.00

[New Version](#) Click here to see a new version of this quiz.

[New Quiz](#) Click here to select a new quiz.

If you have technical problems, you can send email to the [administrator](#).  
 Mathematical questions can be sent to the [teacher](#).