

متسلسلة وتحويلات فورييه

FOURIER SERIES & TRANSFORMS

(١٥،١) أثبت أن الدوال $\sin(m\omega x)$ و $\cos(n\omega x)$ متعامدة في الفترة $0 \leq x \leq 2\pi/\omega$. استخدم ذلك لإيجاد صيغ لمعاملات متسلسلة فورييه.

الحل :

$$\begin{aligned} \int_0^{2\pi/\omega} \sin(m\omega x) \cos(n\omega x) dx &= \frac{1}{2} \int_0^{2\pi/\omega} [\sin[(m+n)\omega x] + \sin[(m-n)\omega x]] dx \\ &= -\frac{1}{2} \left[\frac{\sin[(m+n)\omega x]}{(m+n)\omega} + \frac{\cos[(m-n)\omega x]}{(m-n)\omega} \right]_0^{2\pi/\omega} \\ &= \frac{1 - \cos[2\pi(m+n)]}{2(m+n)\omega} + \frac{1 - \cos[2\pi(m-n)]}{2(m-n)\omega} \\ &= 0 \end{aligned}$$

لكل عددين صحيحين m و n .

لاحظ أننا افترضنا أن $m \neq n$ (لا يمكن القسمة على الصفر) ، ولكن النتيجة تبقى صحيحة عندما $m = n$ لأنه من الممكن تبسيط الحسابات بحيث يكون الحد $\sin[(m - n)\omega x]$ والحدود التي تلي ذلك أصفاراً.

إذا كان $m \neq n$ فإن :

$$\begin{aligned} & \int_0^{2\pi/\omega} \sin(m\omega x) \sin(n\omega x) dx \\ &= -\frac{1}{2} \int_0^{2\pi/\omega} [\cos[(m+n)\omega x] - \cos[(m-n)\omega x]] dx \\ &= -\frac{1}{2} \left[\frac{\sin[(m+n)\omega x]}{(m+n)\omega} - \frac{\sin[(m-n)\omega x]}{(m-n)\omega} \right]_0^{2\pi/\omega} \\ &= \frac{\sin[2\pi(m-n)]}{2(m-n)\omega} - \frac{\sin[2\pi(m+n)]}{2(m+n)\omega} \\ &= 0 \end{aligned}$$

أما إذا كان $m = n$ فإن :

$$\begin{aligned} \int_0^{2\pi/\omega} \sin^2(m\omega x) dx &= \frac{1}{2} \int_0^{2\pi/\omega} [1 - \cos(2m\omega x)] dx \\ &= \frac{1}{2} \left[x - \frac{\sin(2m\omega x)}{2m\omega} \right]_0^{2\pi/\omega} \\ &= \frac{\pi}{\omega} \end{aligned}$$

حيث إن m عدد صحيح.

$$\int_0^{2\pi/\omega} \sin(m\omega x) \sin(n\omega x) dx = \begin{cases} \frac{\pi}{\omega} & , m = n \\ 0 & , m \neq n \end{cases} \quad , \text{ إذن ،}$$

وبالمثل ،

$$\int_0^{2\pi/\omega} \cos(m\omega x) \cos(n\omega x) dx = \begin{cases} \frac{\pi}{\omega} & , m = n \\ 0 & , m \neq n \end{cases}$$

إذن ، $\sin(m\omega x)$ و $\cos(n\omega x)$ دوال متعامدة في الفترة $0 \leq x \leq 2\pi/\omega$ حيث إن m و n عدنان صحيحان.

الآن ، متسلسلة فورييه هي :

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos(\omega x) + a_2 \cos(2\omega x) + a_3 \cos(3\omega x) + \dots$$

$$+ b_1 \sin(\omega x) + b_2 \sin(2\omega x) + b_3 \sin(3\omega x) + \dots$$

بضرب الطرفين بالـ $\sin(m\omega x)$ والتكامل على الفترة $0 \leq x \leq 2\pi/\omega$ واستخدام التعامد الذي حصلنا عليه سابقاً نحصل على :

$$\int_0^{2\pi/\omega} f(x) \sin(m\omega x) dx = b_m \int_0^{2\pi/\omega} \sin^2(m\omega x) dx + 0 = \frac{\pi}{\omega} b_m$$

$$.b_m = \frac{\omega}{\pi} \int_0^{2\pi/\omega} f(x) \sin(m\omega x) dx \quad , \text{ إذن ،}$$

$$.a_m = \frac{\omega}{\pi} \int_0^{2\pi/\omega} f(x) \cos(m\omega x) dx \quad , \text{ وبالمثل}$$

وللحصول على a_0 لاحظ أن :

$$\int_0^{2\pi/\omega} f(x) dx = \frac{a_0}{2} \int_0^{2\pi/\omega} dx = \frac{a_0}{2} \left(\frac{2\pi}{\omega} - 0 \right) = \frac{\pi}{\omega} a_0$$

$$.a_0 = \frac{\omega}{\pi} \int_0^{2\pi/\omega} f(x) dx \quad , \text{ إذن}$$

إن الفكرة الأهم في هذا التمرين هي مفهوم التعامد ، ولهذا المفهوم تفسيراً هندسياً بسيطاً للمتجهات حيث يكون المتجهان متعامدين إذا كانت الزاوية بينهما تساوي 90° ، ولكن لا يوجد تفسير هندسي مقابل لتعامد الدوال. ومن الممكن إجراء مقارنة بين مفهوم التعامد في المتجهات ونظيره في الدوال جبرياً على النحو التالي :

يكون المتجهان e_i و e_j متعامدين إذا كان ضربهما القياسي يساوي صفراً. أي أن :

$$e_i \cdot e_j = 0 \quad \text{عندما } i \neq j$$

وبالمثل ، نقول إن الدالتين $g_i(x)$ و $g_j(x)$ متعامدتان إذا كان تكامل

حاصل ضربهما على الفترة $\alpha \leq x \leq \beta$ يساوي صفراً. أي أن :

$$i \neq j \text{ عندما } \int_{\alpha}^{\beta} g_i(x)g_j(x) dx = 0$$

ويمكن تعميم ذلك بضرب $g_i(x)g_j(x)$ بدالة وزن $\omega(x)$ فتصبح الدالة المكاملة هي $g_i(x)g_j(x)\omega(x)$. وبهذا عندما تكون $\omega(x) = 1$ فإننا نحصل على التعريف السابق.

إذا كان X متجهاً في فضاء متجهات بعده N فمن الممكن كتابة X كتركيب خطي لمتجهات أساس $e_1, e_2, e_3, \dots, e_N$. أي:

$$X = a_1e_1 + a_2e_2 + \dots + a_Ne_N$$

وبالمثل ، يمكن كتابة أي دالة $f(x)$ كتركيب خطي لدوال أساسية $g_1(x), g_2(x), g_3(x), \dots$ أي:

$$f(x) = a_1g_1(x) + a_2g_2(x) + a_3g_3(x), \dots$$

لإيجاد المعامل a_j نقوم بإيجاد الضرب القياسي $e_j \cdot X$ في حالة المتجهات وضرب $f(x)g_i(x)$ (مع $\omega(x)$ إذا دعت الحاجة) وحساب التكامل على الفترة $\alpha \leq x \leq \beta$ في حالة الدوال :

$$a_j = \int_{\alpha}^{\beta} f(x)g_j(x) dx \Big/ \int_{\alpha}^{\beta} [g_j(x)]^2 dx \quad \text{أو} \quad a_j = \frac{X \cdot e_j}{|e_j|^2}$$

وإذا كانت متجهات الأساس والدوال معيرة. أي أن:

$$\int [g_j(x)]^2 dx = 1 \quad \text{و} \quad |e_j|^2 = 1$$

فمن الممكن الاستغناء عن المقام.

مما سبق، يمكن اعتبار متسلسلة فورييه للدالة $f(x)$ كتركيب خطي لدوال أساسية متعامدة وهذه معالجة شائعة ومفيدة عند الدراسة النظرية لبعض الأنظمة وعلى الأخص في ميكانيكا الكم.

(١٥،٢) استخدم متسلسلة فورييه المقدمة في التمرين (١٥، ١) للحصول على

متطابقة بارسفال

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} [f(x)]^2 dx = \frac{a_0^2}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^2 + b_n^2)$$

الحل :

متسلسلة فورييه عندما $\omega = 1$ هي:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos x + a_2 \cos 2x + a_3 \cos 3x + \dots$$

$$+ b_1 \sin x + b_2 \sin 2x + b_3 \sin 3x + \dots$$

بترتيب طرفي المتسلسلة والتكامل على الفترة $0 \leq x \leq 2\pi$ واستخدام تعامد

دوال الجيب وجيب التمام نحصل على :

$$\begin{aligned} \int_0^{2\pi} [f(x)]^2 dx &= \int_0^{2\pi} \left(\frac{a_0^2}{4} + a_1^2 \cos^2 x + b_1^2 \sin^2 x + a_2^2 \cos^2 2x + b_2^2 \sin^2 2x \right. \\ &\quad \left. + \dots \right) dx \\ &= \frac{\pi a_0^2}{2} + \pi(a_1^2 + b_1^2 + a_2^2 + b_2^2 + \dots) \end{aligned}$$

وبهذا نرى أن:

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} [f(x)]^2 dx = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} [f(x)]^2 dx = \frac{a_0^2}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^2 + b_n^2)$$

لاحظ أن الصيغة صحيحة على كل من الفترتين $-\pi \leq x \leq \pi$ و $0 \leq x \leq 2\pi$ لأن تعامد دوال الجيب وجيب التمام وكونهما دوريتين يؤديان إلى القيمة نفسها لتكامل $f(x)$ على أي دورة.

(١٥،٣) لنفرض أن الدالة $f(x)$ تمثل موجة مثلثية حيث إن:

$$f(x) = \begin{cases} x & , 0 < x < \pi \\ -x & , -\pi < x < 0 \\ f(x + 2m\pi) & , m \end{cases}$$

لكل عدد صحيح

أثبت أن متسلسلة فورييه هي:

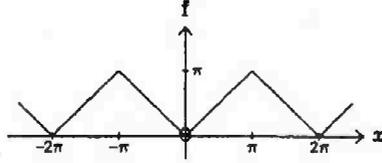
$$f(x) = \frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\cos[(2n+1)x]}{(2n+1)^2}$$

الحل:

بما أن الدورة $\frac{2\pi}{\omega} = 2\pi$ نجد أن $\omega = 1$. ولذا فإن متسلسلة فورييه هي:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos x + a_2 \cos 2x + a_3 \cos 3x + \dots$$

$$+ b_1 \sin x + b_2 \sin 2x + b_3 \sin 3x + \dots$$



$$a_m = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos mx dx$$

حيث إن :

$$= \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} x \cos mx dx$$

$$= \frac{2}{\pi} \left[x \frac{\sin mx}{m} \right]_0^{\pi} - \frac{2}{\pi m} \int_0^{\pi} \sin mx dx$$

$$= 0 - \frac{2}{\pi m} \left[\frac{-\cos mx}{m} \right]_0^{\pi}$$

$$= \frac{2[\cos mx - 1]}{\pi m^2}$$

$$= \begin{cases} 0 & , m \neq 0 \text{ عندما يكون } m \text{ زوجياً و} \\ -4 & \text{ عندما يكون } m \text{ فردياً,} \\ \pi m^2 \end{cases}$$

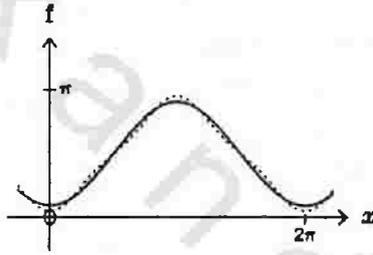
$$. a_0 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} x dx = \frac{2}{\pi} \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^{\pi} = \pi \quad \text{كما أن :}$$

$$b_m = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin mx dx = 0 \quad \text{وبالمثل،}$$

ونخلص إلى أن:

$$f(x) = \frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi} \left[\frac{\cos x}{1^2} + \frac{\cos 3x}{3^2} + \frac{\cos 5x}{5^2} + \frac{\cos 7x}{7^2} + \dots \right]$$

$$f(x) = \frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\cos[(2n+1)x]}{(2n+1)^2} \quad \text{أي أن:}$$



(١٥،٤) جد صيغاً لشدة أنماط انحراف الضوء باستخدام

- (أ) شريحة يونغ المضاعفة بمسافة d .
 (ب) شريحة عريضة واحدة بعرض D .

الحل:

نمط الانحراف (أو الشدة) $I(q)$ تساوي مربع مقياس تحويل فورييه لدالة

النفاذ $A(x)$.

$$I(q) = |\Psi(q)|^2 = \Psi(q)^* \Psi(q)$$

$$\Psi(q) = \Psi_0 \int_{-\infty}^{\infty} A(x) e^{iqx} dx \quad \text{حيث إن:}$$

(أ) في حالة شريحة يونغ المضاعفة بمسافة d لدينا $A(x) = \delta(x + d/2) + \delta(x - d/2)$ حيث إن $\delta(x - x_0)$ هي مساحة شريحة رفيعة غير منتهية عند $x = x_0$ ، (وتساوي صفرًا ما عدا ذلك). حيثُ:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(x - x_0) f(x) dx = f(x_0)$$

$$\Psi(q) = \Psi_0 \int_{-\infty}^{\infty} [\delta(x + d/2) + \delta(x - d/2)] e^{iqx} dx$$

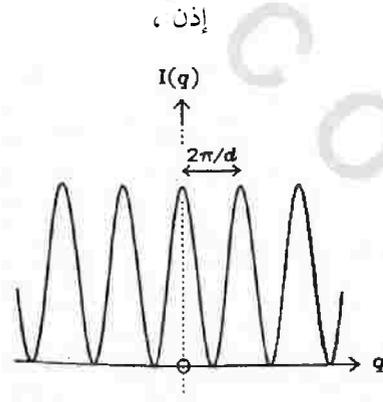
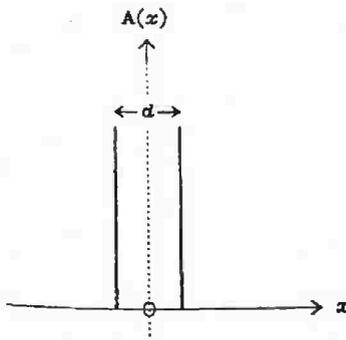
وبهذا يكون:

$$= \Psi_0 [e^{-iqd/2} + e^{iqd/2}]$$

$$= 2\Psi_0 \cos(qd/2)$$

$$.I(q) = 4|\Psi_0|^2 \cos^2(qd/2)$$

$$\propto 1 + \cos(qd)$$

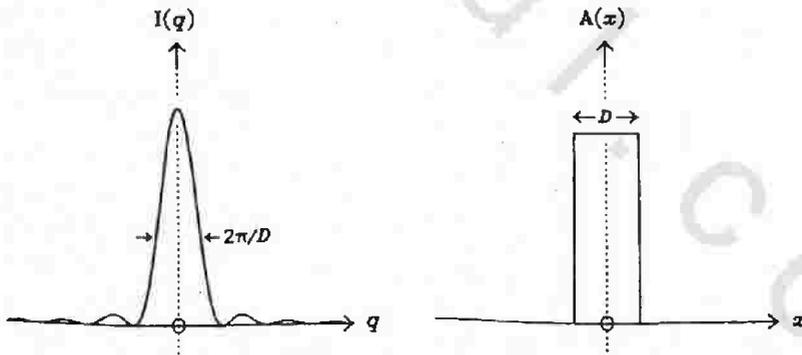


$$A(x) = \begin{cases} 1, & |x| < D/2 \\ 0, & \text{ماعدًا ذلك} \end{cases} \quad \text{ب) للشريحة العريضة لدينا}$$

وبهذا نرى أن :

$$\begin{aligned} \Psi(q) &= \Psi_0 \int_{-D/2}^{D/2} e^{iqx} dx = \Psi_0 \left[\frac{e^{iqx}}{iq} \right]_{-D/2}^{D/2} \\ &= \Psi_0 \frac{(e^{iqD/2} - e^{-iqD/2})}{iq} \\ &= \frac{2\Psi_0}{q} \sin(qD/2) \end{aligned}$$

$$.I(q) = \frac{4|\Psi_0|^2}{q^2} \sin^2(qD/2) \propto \frac{1}{q^2} [1 - \cos(qD)] \quad \text{، إذن}$$



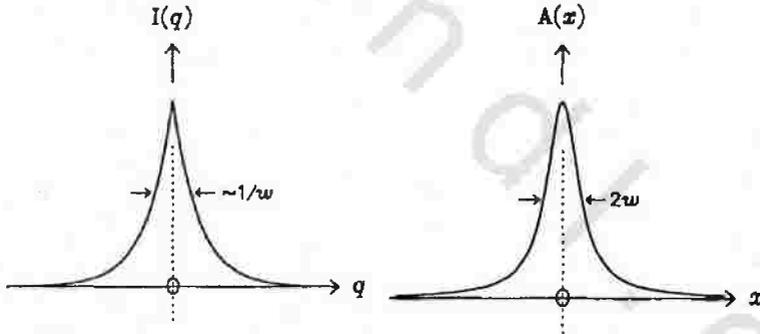
هناك بعض الدوال البسيطة الأخرى التي غالباً ما نحتاج إلى تحويل فورييه

لها، منها :

١- دالة المشط ، أو شعاع غير منته من الرزات الحادة بمسافة ثابتة d بين رأسين متجاورين. إن تحويل فورييه لهذه الدالة هو دالة مشط بمسافة بين رأسين متجاورين تساوي مقلوب المسافة d (أي $\frac{1}{d}$).

٢- دالة جاوس المقدمة في التمرين (٢، ١٤) وتأخذ الشكل $exp(-x^2/\sigma^2)$ وعرضها يتناسب مع σ . يحتاج إيجاد تحويل فورييه إلى رياضيات متقدمة وهو دالة جاوس بعرض $\frac{1}{\sigma}$.

٣- دالة لورينز وتأخذ الشكل $\frac{1}{x^2+w^2}$ وهي متماثلة وتأخذ قيمة عظمى عند $x = 0$ وجانبيها أعلى من جانبي دالة جاوس (انظر الشكل التالي).



عرض هذه الدالة يتناسب مع w . نحتاج رياضيات متقدمة لإيجاد تحويل فورييه لهذه الدالة أيضاً وهو دالة تحلل أسية متماثلة (تشبه $e^{-|x|}$) بنصف حياة يتناسب مع $\frac{1}{w}$.

إذا كان بُعد الفضاء أكبر أو يساوي 2 فيفضل استخدام الإحداثيات القطبية لحساب تحويل فورييه وهذا يؤدي إلى استخدام دوال بيسل.

(١٥,٥) جد تحويل فورييه لدالة σ (أورزة ضيقة لوحدة مساحة) عند:

(أ) نقطة الأصل $x = 0$ (ب) $x = d$

ما هو وجه الخلاف بينهما؟ وما الذي يمكن استنتاجه بقياس الشدة فقط؟

الحل :

$$\Psi(q) = \Psi_0 \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x) e^{iqx} dx = \Psi_0 \quad (\text{أ})$$

$$\Psi(q) = \Psi_0 \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x - d) e^{iqx} dx = \Psi_0 e^{iqd} \quad (\text{ب})$$

للحالتين السعة (المقياس) نفسها وتساوي $|\Psi_0|$ وأما الإزاحة الزاوية فتختلف بمقدار qd . وفي حالة قياس الشدة $|\Psi(q)|^2$ فقط فإن الحالتين تؤديان إلى أنماط انحراف متطابقة. ومن ذلك نستطيع الاستنتاج أن العناصر التي تؤثر على أنماط الانحراف تتكون من رزة واحدة معزولة دون أن يكون بمقدورنا تحديد موقعها.

نحذر القارئ أنه على الرغم من استطاعتنا تفسير التأثيرات في غياب معلومات

عن الإزاحة الزاوية لحالة بسيطة جداً، إلا أن هذه مسألة مهمة في الحياة العملية.

oboeikanai.com

ثبت المصطلحات

أولاً: عربي - إنجليزي

أ

Stability	استقرار
commutivity	إبدالية
direction	اتجاه
probability	احتمال
coordinates	إحداثيات
Cartesian coordinates	إحداثيات ديكارتية
polar coordinates	إحداثيات قطبية
spherical polar coordinates	إحداثيات قطبية كروية
statistics	إحصاء
argument	إزاحة زاوية
linear independence	استقلال خطي
projection of vectors	إسقاط متجهات

differentiation	اشتقاق
partial differentiation	اشتقاق جزئي
implicit differentiation	اشتقاق ضمني
logarithmic differentiation	اشتقاق لوغاريتمي
first principal differentiation	اشتقاق من المبادئ الأساسية
degeneracy	اضمحلال
cylindrical polar coordinates	الإحداثيات القطبية الأسطوانية
abscissa	الإحداثي السيني
proportionality	التناسبية
inflexion	التواء
inverse hyperbolic functions	الدوال الزائدية العكسية
inverse trigonometric function	الدوال المثلثية العكسية
cross product	الضرب المتجه
maxima and minima	القيم العظمى والصغرى
kinematics	الكاينماتيكا (علم الحركة المجردة)
diffraction	انحراف
phase	إزاحة زاوية
completing the square	إكمال المربع
exponential	أسّي
trace of a matrix	أثر مصفوفة
imaginary numbers	أعداد تخيلية

scalars	أعداد قياسية
complex numbers	أعداد مركبة
constrained optimization	أمثلية مشروطة

ت

factorization	تحليل
transformation	تحويل
similarity transform	تحويل التشابه
Fourier transformation	تحويل فورييه
superposition	تراكب
order of integration	ترتيب التكامل
suffix notation	ترميز بعدي
matrix-vector notion	ترميز مصفوفي للمتجهات
mapping	تطبيق (دالة)
change of variables	تغيير المتغيرات
exact differentials	تفاضلات تامة
convergence	تقارب
intercept	تقاطع
small-angle approximations	تقريبات زوايا صغيرة
integration	تكامل

triple integral	تكامل ثلاثي
particular integral	تكامل خاص
line integral	تكامل خطي
surface integrals	تكامل سطحي
multiple integrals	تكاملات متعددة
definite integrals	تكاملات محدودة
double integrals	تكاملات مضاعفة
convolution	تلاف
equilibria	توازن
spherical harmonics	توافقيات كروية



constant of integration	ثابت التكامل
-------------------------	--------------



gravitational potential	جاذبية كامنة
Jacobian	جاكوبي
Gaussian	جاوسي

algebra of vectors	جبر المتجهات
algebra of matrices	جبر المصفوفات
linear algebra	جبر خطي
roots of a number	جذور عدد
roots of an equation	جذور معادلة
sines	جيوب
cosines	جيوب التمام

٢٠

volume	حجم
limits of integral	حدود تكاملات
simple harmonic motion	حركة توافقية بسيطة
arithmetic	حساب
trigonometry	حساب مثلثات
conservative field	حقل محافظ
general solution	حل عام

٢٠

contour map	خارطة محيطية
-------------	--------------

straight line

خط مستقيم

linearity

خطية

Newton-Raphson algorithm

خوارزمية نيوتن ورافسون



error function

دالة الخطأ

Gamma function

دالة جاما

sine function

دالة جيبية

real symmetric function

دالة حقيقية متماثلة

delta-function

دالة دلتا

auto-correlation function

دالة ذاتية الارتباط

even function

دالة زوجية

complimentary function

دالة متممة

eignfunction

دالة مميزة

circle

دائرة

degrees

درجات

degree of polynomial

درجة كثيرة الحدود

Bessel function

دوال بسل

anti-symmetric functions

دوال تخالفية

periodic function

دوال دورية

hyperbolic function	دوال زائدية
odd functions	دوال فردية
orthogonal functions	دوال متعامدة
multi-valued functions	دوال متعددة المتغيرات
symmetric functions	دوال متماثلة
del-squared	ديل تربيع
thermodynamics	ديناميكا الحرارة

ذ

damped harmonic oscillator	ذبذبة توافقية خامدة
driven harmonic oscillator	ذبذبة توافقية مشتقة

ر

radian	راديان
graphs	رسومات

ز

angle	زاوية
-------	-------

increment

زيادة

س

amplitude

سعة

ش

boundary conditions

شروط حدية (مقيدة)

quadratic form

شكل تربيعي

ص

reduction formulae

صيغ اختزال

factor formulae

صيغ التحليل

double-angle formulae

صيغ ضعف الزاوية

parametric form

صيغة وسيطية

ض

triple scalar product

ضرب ثلاثي قياسي

scalar product

ضرب قياسي

Lagrange multipliers

ضوارب لاجرانج

optics

ضوئيات (بصريات)

ط

potential energy

طاقة كامنة

ظ

tangent

ظل

ع

exponential imaginary number

عدد تخيلي أُسي

real numbers

عدد حقيقي

orthogonal

عمودي

co-factors

عوامل مصاحبة

ف

Young's double slit
separation of variables

فتحتا يونغ
فصل المتغيرات

ق

parabola
cover up rule
sine rule
product rule
Osborn's rule
cosine rule
quotient rule
L'Hospital's rule
division of complex numbers
division of vectors
division of matrices
long division
hyperbola
ellipse

قطع مكافئ
قاعدة التغطية
قاعدة الجيب
قاعدة الضرب
قاعدة أوسبورن
قاعدة جيب التمام
قاعدة خارج القسمة
قاعدة لوبيتال
قسمة أعداد مركبة
قسمة متجهات
قسمة مصفوفات
قسمة مطولة
قطع زائد
قطع ناقص

conic section	قطوع مخروطية
chain rules	قواعد السلسلة
powers	قوى
eigenvalues	قيم مميزة (ذاتية)
modulus	قيمة مطلقة (قياسية)

ك

polynomial	كثيرة حدود
sphere	كرة
partial fractions	كسور جزئية

د

Parseval's theorem	مبرهنة بارسفال
De Moivre's theorem	مبرهنة ديموفير
Pythagoras's theorem	مبرهنة فيثاغورس
Leibnitz theorem	مبرهنة لايبنيز
arithmetic progression	متتالية حسابية
geometric progression	متتالية هندسية
slope vector	متجه الميل

normal vector	متجه عمودي (ناظمي)
normalized vector	متجه مُعَيَّر
unit vector	متجه وحدة
vectors	متجهات
basis vector	متجهات أساس
orthogonal vectors	متجهات متعامدة
parallel vectors	متجهات متوازية
eigenvectors	متجهات مميزة (ذاتية)
Taylor series	متسلسلة تايلور
Fourier series	متسلسلة فورييه
Maclaurin's series	متسلسلة ماكلورين
identities	متطابقات
dummy variable	متغير اعتباري
average	متوسط
mean	متوسط
Pascal's triangle	مثلث باسكال
principle axis	محاور رئيسة
determinants	محددات
Argand diagram	مخطط أرجاند
conjugate	مرافق
area	مساحة

total derivative	مشتقة تامة
adjoint	مصاحب
matrices	مصفوفات
real symmetric matrix	مصفوفة حقيقية متماثلة
rotation matrix	مصفوفة دوران
singular matrix	مصفوفة شاذة (ليس لها معكوس)
row matrix	مصفوفة صف (صفية)
column matrix	مصفوفة عمود (عمودية)
orthogonal matrix	مصفوفة متعامدة
diagonal matrix	مصفوفة قطرية
symmetric matrix	مصفوفة متماثلة
identity matrix	مصفوفة محايدة
square matrix	مصفوفة مربعة
grad-grad matrix	مصفوفة ميل الميل
Hermitian matrix	مصفوفة هيرميتية
unit matrix	مصفوفة وحدة
factorial	مضروب
simultaneous equations	معادلات آنية
differential equations	معادلات تفاضلية
partial differential equations	معادلات تفاضلية جزئية
ordinary differential equations	معادلات تفاضلية عادية

separable differential equation	معادلات تفاضلية قابلة للفصل
homogenous equations	معادلات متجانسة
quadratic equation	معادلة الدرجة الثانية
vector equation of a line	معادلة المستقيم المتجهة
diffusion equation	معادلة انتشار
Bernoulli equation	معادلة برنولي
Poisson's equation	معادلة بواسون
linear equation	معادلة خطية
inhomogeneous equation	معادلة غير متجانسة
eignvalue equation	معادلة قيم مميزة
Laplace's equation	معادلة لابلاس
auxiliary equation	معادلة مساعدة
characteristic equation	معادلة مميزة
wave equation	معادلة موج
integrating factor	معامل التكامل
inverse	معكوس
inverse Fourier transform	معكوس تحويل فورييه
inverse matrix	معكوس مصفوفة
magnitude	معيار (طول)
binomial expansion	مفكوك ذو الحدين
reciprocal vectors	مقلوب متجهات

transpose	منقول
normal modes	منوال ناظمي
differential operator	مؤثر تفاضلي
Laplacian operator	مؤثر لابلاس
operators	مؤثرات
quantum mechanics	ميكانيكا الكم
gradient	ميل
slope	ميل

ن

half-life	نصف حياة
radius of conversion	نصف قطر التقارب
oscillating system	نظام تذبذبي
stationary points	نقاط حرجة
origin	نقطة الأصل
turning point	نقطة انقلاب
saddle point	نقطة سرجية
exponential decay and growth	نمو وانحلال أُسي
limit	نهاية

ثانياً: إنجليزي - عربي

A

abscissa	الإحداثى السيني
adjoint	مصاحب
algebra of matrices	جبر المصفوفات
algebra of vectors	جبر المتجهات
amplitude	سعة
angle	زاوية
anti-symmetric functions	دوال تخالفية
area	مساحة
Argand diagram	مخطط أرجاند
argument	إزاحة زاوية
arithmetic	حساب
arithmetic progression	متتالية حسابية
auto-correlation function	دالة ذاتية الارتباط
auxiliary equation	معادلة مساعدة
average	متوسط

B

basis vector	متجهات أساس
Bernoulli equation	معادلة برنولي
Bessel function	دوال بسل
binomial expansion	مفكوك ذو الحدين
boundary conditions	شروط حدية (مقيدة)

C

Cartesian coordinates	إحداثيات ديكارتية
chain rules	قواعد السلسلة
change of variables	تغيير المتغيرات
characteristic equation	معادلة مميزة
circle	دائرة
co-factors	عوامل مصاحبة
column matrix	مصفوفة عمود (عمودية)
commutivity	إبدالية
completing the square	إكمال المربع
complex numbers	أعداد مركبة
complimentary function	دالة متممة

conic section	قطوع مخروطية
conjugate	مرافق
conservative field	حقل محافظ
constant of integration	ثابت التكامل
constrained optimization	أمثلية مشروطة
contour map	خارطة محيطية
convergence	تقارب
convolution	تلاف
coordinates	إحداثيات
cosine rule	قاعدة جيب التمام
cosines	جيوب التمام
cover up rule	قاعدة التغطية
cross product	الضرب المتجه
cylindrical polar coordinates	الإحداثيات القطبية الأسطوانية

C

damped harmonic oscillator	ذبذبة توافقية خامدة
De Moivre's theorem	مبرهنة ديموفير
definite integrals	تكاملات محدودة
degeneracy	اضمحلال
degree of polynomial	درجة كثيرة الحدود

degrees	درجات
del-squared	ديل تربيع
delta-function	دالة دلتا
determinants	محددات
diagonal matrix	مصفوفة قطرية
differential equations	معادلات تفاضلية
differential operator	مؤثر تفاضلي
differentiation	اشتقاق
diffraction	انحراف
diffusion equation	معادلة انتشار
direction	اتجاه
division of complex numbers	قسمة أعداد مركبة
division of matrices	قسمة مصفوفات
division of vectors	قسمة متجهات
double integrals	تكاملات مضاعفة
double-angle formulae	صيغ ضعف الزاوية
driven harmonic oscillator	ذبذبة توافقية مشتقة
dummy variable	متغير اعتباري

E

eignfunction	دالة مميزة
--------------	------------

eignvalue equation	معادلة قيم مميزة
eignvalues	قيم مميزة (ذاتية)
eignvectors	متجهات مميزة (ذاتية)
ellipse	قطع ناقص
equilibria	توازن
error function	دالة الخطأ
even function	دالة زوجية
exact differentials	تفاضلات تامة
exponential	أسي
exponential decay and growth	نمو وانحلال أسي
exponential imaginary number	عدد تخيلي أسي

F

factor formulae	صيغ التحليل
factorial	مضروب
factorization	تحليل
first principle differentiation	اشتقاق من المبادئ الأساسية
Fourier series	متسلسلة فورييه
Fourier transformation	تحويل فورييه

G

Gamma function	دالة جاما
Gaussian	جاوسى
general solution	حل عام
geometric progression	متتالية هندسية
grad-grad matrix	مصفوفة ميل الميل
gradient	ميل
graphs	رسومات
gravitational potential	جاذبية كامنة

H

half-life	نصف حياة
Hermitian matrix	مصفوفة هيرميتية
homogenous equations	معادلات متجانسة
hyperbola	قطع زائد
hyperbolic function	دوال زائدية

I

identities	متطابقات
------------	----------

identity matrix	مصفوفة محايدة
imaginary numbers	أعداد تخيلية
implicit differentiation	اشتقاق ضمني
increment	زيادة
inflexion	التواء
inhomogeneous equation	معادلة غير متجانسة
integrating factor	معامل التكامل
integration	تكامل
intercept	تقاطع
inverse	معكوس
inverse Fourier transform	معكوس تحويل فورييه
inverse hyperbolic functions	الدوال الزائدية العكسية
inverse matrix	معكوس مصفوفة
inverse trigonometric function	الدوال المثلثية العكسية

J

Jacobian

جاكوبي

K

kinematics

الكاينماتيكا (علم الحركة المجردة)

L

Lagrange multipliers	ضوآرب لآجرآنج
Laplace's equation	معآدلة لآبلآس
Laplacian operator	مؤثر لآبلآس
Leibnitz theorem	مبرهنة لآبينز
L'Hospital's rule	قآعدة لوبيتآل
limit	نهآية
limits of integral	حدود تكآملآت
line integral	تكآمل خطي
linear algebra	آبر خطي
linear equation	معآدلة خطية
linear independence	آستقلآل خطي
linearity	خطية
logarithmic differentiation	آشتقآق لوآرآيتمي
logarithms	لوآرآيتمآت
long division	قسمة مطولة

M

Maclaurin's series	متسلسلة مآكلورين
magnitude	معيار (طول)

mapping	تطبيق (دالة)
matrices	مصفوفات
matrix-vector notion	ترميز مصفوفي للمتجهات
maxima and minima	القيم العظمى والصغرى
mean	متوسط
modulus	قيمة مطلقة (قياسية)
multiple integrals	تكاملات متعددة
multi-valued functions	دوال متعددة المتغيرات

N

Newton-Raphson algorithm	خوارزمية نيوتن ورافسون
normal modes	منوال ناظمي
normal vector	متجه عمودي (ناظمي)
normalized vector	متجه مُعَيَّر

O

odd functions	دوال فردية
operators	مؤثرات
optics	ضوئيات (بصريات)
order of integration	ترتيب التكامل
ordinary differential equations	معادلات تفاضلية عادية
origin	نقطة الأصل

orthogonal	عمودي
orthogonal functions	دوال متعامدة
orthogonal matrix	مصنوفة متعامدة
orthogonal vectors	متجهات متعامدة
Osborn's rule	قاعدة أوسبورن
oscillating system	نظام تذبذبي

P

parabola	قطع مكافئ
parallel vectors	متجهات متوازية
parametric form	صيغة وسيطية
Parseval's theorem	مبرهنة بارسفال
partial differential equations	معادلات تفاضلية جزئية
partial differentiation	اشتقاق جزئي
partial fractions	كسور جزئية
particular integral	تكامل خاص
Pascal's triangle	مثلث باسكال
periodic function	دوال دورية
phase	إزاحة زاوية
Poisson's equation	معادلة بواسون
polar coordinates	إحداثيات قطبية

polynomial	كثيرة حدود
potential energy	طاقة كامنة
powers	قوى
principal axis	محاور رئيسة
probability	احتمال
product rule	قاعدة الضرب
projection of vectors	إسقاط متجهات
proportionality	التناسبية
Pythagoras's theorem	مبرهنة فيثاغورس

Q

quadratic equation	معادلة الدرجة الثانية
quadratic form	شكل تربيعي
quantum mechanics	ميكانيكا الكم
quotient rule	قاعدة خارج القسمة

R

radian	راديان
radius of conversion	نصف قطر التقارب
real numbers	عدد حقيقي
real symmetric function	دالة حقيقية متماثلة

real symmetric matrix	مصفوفة حقيقية متماثلة
reciprocal vectors	مقلوب متجهات
reduction formulae	صيغ اختزال
roots of a number	جذور عدد
roots of an equation	جذور معادلة
rotation matrix	مصفوفة دوران
row matrix	مصفوفة صف (صفية)

S

saddle point	نقطة سرجية
scalar product	ضرب قياسي
scalars	أعداد قياسية
separable differential equation	معادلات تفاضلية قابلة للفصل
separation of variables	فصل المتغيرات
similarity transform	تحويل التشابه
simple harmonic motion	حركة توافقية بسيطة
simultaneous equations	معادلات آنية
sine function	دالة الجيب
sine rule	قاعدة الجيب
sines	جيوب
singular matrix	مصفوفة شاذة (ليس لها معكوس)

slope	ميل
slope vector	متجه الميل
small-angle approximations	تقريبات زوايا صغيرة
sphere	كرة
spherical harmonics	توافقيات كروية
spherical polar coordinates	إحداثيات قطبية كروية
square matrix	مصفوفة مربعة
stationary points	نقاط حرجة
statistics	إحصاء
straight line	خط مستقيم
suffix notation	ترميز بعدي
superposition	تراكب
surface integrals	تكامل سطحي
symmetric functions	دوال متماثلة
symmetric matrix	مصفوفة متماثلة

T

tangent	ظل
Taylor series	متسلسلة تايلور
thermodynamics	ديناميكا الحرارة
total derivative	مشتقة تامة

trace of a matrix	أثر مصفوفة
transformation	تحويل
transpose	منقول
trigonometry	حساب مثلثات
triple integral	تكامل ثلاثي
triple scalar product	ضرب ثلاثي قياسي
turning point	نقطة انقلاب

U

unit matrix	مصفوفة وحدة
unit vector	متجه وحدة

V

vector equation of a line	معادلة المستقيم المتجهة
vectors	متجهات
volume	حجم

W

wave equation	معادلة موج
---------------	------------



Young's double slit

فتحتا يونغ

obaidkhanal.com

كشاف الموضوعات



- تحليل ٢٩، ١١٧
- تحويل فورييه ١٧١
- تذبذب توافقى بسيط ١٥١
- تعبير ١٧٦
- تفاضل تام ١٢٨
- تقريبات بزواوية صغيرة ٦٥
- تكامل ٤٧
- تكامل بالأجزاء ٥٤
- تكامل خطي ١٢٣
- تكامل متعدد ١٢٩
- تكاملات متعددة ١٢٩
- تمائل ١٩، ١٣٥



- إحداثيات قطبية ١٣٠، ١٣٤
- إحداثيات قطبية أسطوانية ١٣٢
- إحداثيات قطبية كروية ١٣٠
- استقطار ١٠١
- اشتقاق جزئي ١٠٧
- اشتقاق عادي ٣١
- اشتقاق من المبادئ الأساسية ٣١
- إكمال المربع ١٤
- الضرب الاتجاهي ٨٦، ٨٧
- الضرب القياسي ٨٥، ٩٠
- القيم والمتجهات المميزة ١٠١
- أعداد مركبة ٦٧

س

سلسلة فورييه ١٧٤

ص

صيغة التحليل ٢٩

ض

ضارب لاجرانج ١١٨

ضرب ثلاثي ٨٥، ٩٠

ضرب ثلاثي متجهي ٩١

ع

عدة متغيرات ١١٣

ق

قاعدة الجيب ٣٠، ٨٧

قاعدة جيب التمام ٣٠

قاعدة ضعف الزاوية ٢٤

قاعدة لوبيتال ٦٤

ج

جذور عدد ٤

جذور معادلة ٤

ح

حجم الدوران ١٢٣

حساب مثلثات ٢٣

خ

خط مستقيم ٨٣

د

دالة أسية ١٦

دالة جاوس ١٨٢

دالة دلتا ١٥٢

دائرة ١٩

دوال زائدية ٧٥

دوال قياسية ٧٣

دوال متجه ٨٠، ٩٢

- متسلسلة ماكلورين ٦٢
 متعامدة ١٠٠، ١٠٦، ١٧٤
 محددات ٩٧
 مخطط أرجاند ٦٩
 مربع ديل ١١١، ١٥٢
 مستويات ٨٥-٨٧
 مصفوفات ٩٥
 معادلات الدرجة الثانية ٤
 معادلات آنية ٥
 معادلات تفاضلية جزئية ١٥٩
 معادلات تفاضلية عادية ١٢٨، ١٣٩
 معادلة الانتشار ١٦١
 معادلة الدرجة الثالثة ٦٥
 معادلة الموج ١١٣
 معادلة برنولي ١٤٥
 معادلة شرودينغر ١٦٣
 معادلة لابلاس ١٦٦
 معامل التكامل ١٤٣
 معيار ١٧٦
 مفكوك ذو الحدين ٨٩
 مقلوب متجهات ٩٢
 مؤثر تفاضلي ٣٤، ١٥٥
- قطع زائد ٢٢
 قطع مكافئ ١٤
 قطع ناقص ١٩
 قوى ٣-١
- ك
- كرة ١٢٥، ١٣٢
 كسور جزئية ٩، ١١
- ج
- لوغاريتمات ٢
- هـ
- مبرهنة ديموفوار ٧٤
 متتالية حسابية ٧
 متتالية هندسية ٧
 متجه الميل ٨٠، ١١٠، ١٢١
 متجهات ٧٩
 متسلسلة تايلور ٥٩، ١٢٠



نصف الحياة ١٣٢

نقاط حرجة ٤٠، ١١٠

نقط الانحلال ١٦٣ - ١٦٥

نهایات ٦٣

نیوتن ورافسون ٦٥، ١١٩