

الناقلية، محرك كوني¹

بقلم : جوسلين إرهيل² Jocelyne Erhel

ترجمة : بوجلة نوال

أوريجان صبرينة

* كيف تنتقل حرارة الشاي في ملعقة مغموسة في الفنجان؟

- بالناقلية.

* وبالنسبة للتيار الكهربائي الذي يمر داخل المصباح؟

- بالناقلية.

* المياه الباطنية التي تتدفق في طبقات المياه الجوفية؟

- بالناقلية.

* النوع الغازي الذي ينتشر في الغابة؟

- بالناقلية والانتشار.

* رماد البركان الذي ينتقل في الهواء؟

- بالناقلية والانتشار.

* المادة الكيميائية التي تنتشر في بركة أو في كوب ماء؟

- بالناقلية والانتشار.

¹ العنوان الأصلي للمقالة : LA CONDUCTION, UN MOTEUR UNIVERSEL

رابطه الإلكتروني : <http://www.breves-de-maths.fr/la-conduction-un-moteur-universel>

² صفحتها الشخصية : <http://www.irisa.fr/sage/jocelyne>

مشروع "ساج" (SAGE)، موقعه : <http://www.irisa.fr/sage/> ، المعهد القومي للبحث في العلوم العددية، موقعه :

<https://www.inria.fr/centre/rennes>

أنا أؤكد لكم كل ذلك!



ظاهرة الناقلية هي التي تجعل ملعقة مغموسة في سائل ساخن تزداد، هي الأخرى، حرارة.

كل هذه الظواهر مرتبطة حقا بالناقلية أو الانتشار، أي بنقل الكتلة أو الطاقة. وهكذا، يتم نقل بعض

الكميات الفيزيائية من منطقة قوية القيمة إلى منطقة ضعيفة القيمة.

دعنا نوضح **ناقلية الحرارة** بالرجوع إلى عمل جوزيف فورييه³ Joseph Fourier. تتغير الحرارة بتغير

الزمن والمكان غير أن طاقة النظام تبقى محفوظة على العموم (وفقا لقانون الإنحفاظ). تعني خاصية

الإنحفاظ أن تدفقات الطاقة التي تدخل في مكان معين تعادل تدفقات الطاقة التي تخرج منه. زيادة على

هذا، ينص قانون فورييه على أمرين : أولاً، تنتقل الحرارة من نقطة ساخنة إلى نقطة باردة بسرعة تكون

أكبر كلما كان الفرق بين حرارتيهما كبيراً. ثانياً، تعتمد سرعة الانتقال على ناقلية النظام. لقد تم التعبير

³ انظر : <http://www.breves-de-maths.fr/fourier-et-la-temperature-de-la-terre>

عن هذين القانونين الفيزيائيين رياضياتيا بواسطة جملة معادلات تفاضلية جزئية مجهولها هو درجة الحرارة. النموذج الأساسي لهذه المعادلات هو معادلة الحرارة⁴.

وماذا عن ناقلية التيار الكهربائي؟ المجهول هو الجهد (الكمون) الكهربائي الذي يعتمد نمودجه على قانون أوم⁵ Ohm، إذ تتناسب شدة التيار مع فرق الجهد. تلك هي ناقلية التيار الكهربائي. أما بالنسبة لناقلية المياه الباطنية⁶ (قانون دارسي⁷ Darcy)، وناقلية الأنواع الغازية⁸، وناقلية رماد البراكين⁹، وناقلية المواد الكيميائية (قانون فيك¹⁰ Fick)، فالنموذج الرياضي هو نفسه: ثَقُوا أن الأمر يتعلق بالناقلية والانتشار!

وهكذا، يمكن أن ينطبق التحليل الرياضي لمعادلة الناقلية (المسماة أيضا معادلة الانتشار) على كل الظواهر التي تتم نمودجتها بحفظ التدفقات (تدفق الكتلة أو الطاقة) وبقانون من قبيل قانون فورييه حيث يكون التدفق متناسبا مع تغيرات الكمية المدروسة، مع تحوّل هذا التدفق من الأكبر إلى الأصغر. نلاحظ أن المشهد يشبه ما يحدث في التقاسيم الموسيقية، على أن نستكمله حسب الوضعيات التي نتناولها. ذلك أنه يتعين علينا تحديد ما يحدث على حافة النظام وما يحدث في بداية التجربة. كما يجب أيضا تعريف ناقلية النظام التي تتغير بتغيّر الزمان والمكان، ويتم ذلك باستعمال طرق رياضياتية متعلقة بقياسات فيزيائية.

⁴ انظر : https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_equation

⁵ انظر : https://en.wikipedia.org/wiki/Ohm%27s_law

⁶ انظر : <https://interstices.info/leau-sous-nos-pieds>

⁷ انظر : <http://www.breves-de-maths.fr/henry-darcy-et-sa-loi>

⁸ انظر : <http://images.math.cnrs.fr/La-dynamique-invasive-du-cerisier.html>

⁹ انظر : <http://images.math.cnrs.fr/Volcan-islandais-Eyjafjoll-mais-ou.html>

¹⁰ انظر : <https://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion>

بهذا يكتمل النموذج العام وتتضح خطواته : نطلق محاكاة على الحاسوب، ونتحصل على النتائج، ثم نوثّقها، ونحلّها، ونقارنها بالقياسات المتوفرة. نستفيد من هذه المحاكاة في رسم التوقعات، فهي تساعد على اتّخاذ القرارات، إلخ.

في كثير من الأحيان، فالناقلية ليست الظاهرة الفيزيائية الوحيدة التي يجب مراعاتها في رسم النموذج. ينبغي علينا أحيانا إضافة الحمل (حمل الحرارة، مثلا¹¹) أو التفاعلات (الكيميائية، مثلا). من الناحية الرياضية فإن النموذج العام يتمثّل في معادلة ناقلية-انتشار-تفاعل. هذا التدرّج في حل المسألة هو أشبه بسمفونية حقيقية!

للاستزادة :

محاضرة

J. Erhel (2012), Des modèles numériques pour analyser les nappes phréatiques.

<http://videos.rennes.inria.fr/conf-Descartes/Jocelyne-Erhel/index.html>

مصدر الصورة : جوسلين إرهيل

¹¹ انظر : <http://sagascience.cnrs.fr>