

MATEMÁTICOS ACTUALES

Timothy John Pedley, Matemática aplicada, Mecánica de fluidos, flujo fisiológico

Timothy Pedley es conocido como Tim Pedley por todos sus amigos y colegas. Es hijo de Richard Rodman Pedley (1912-1973) y Jean Mary Mudie Evans. Richard Pedley se educó en Foster's School, Sherborne y Downing College, Cambridge, antes de convertirse en maestro asistente en *City of Leicester Boys' School* en 1934. Se casó con Jean MM Evans (conocida como Jeanie) en 1938. Estalló la Segunda Guerra Mundial. En 1939 y en 1940, Richard Pedley dejó la escuela de niños de la ciudad de Leicester para servir en las fuerzas armadas. Tim nació en 1942, en medio de la Segunda Guerra Mundial, mientras su padre servía en el ejército.

Los primeros años de Pedley transcurrieron en diferentes ciudades mientras su padre cambiaba de trabajo. Después de que terminó su servicio en la guerra en 1946, Richard Pedley regresó brevemente a Leicester, donde su familia había permanecido durante la guerra, y luego ocupó un puesto en *St Olave's School* en York. Permaneció en esta escuela secundaria desde 1946 hasta 1950 cuando regresó a la escuela de niños de la ciudad de Leicester como director. Después de cuatro años en Leicester, se convirtió en director de Chislehurst and Sidcup Grammar School. Tim Pedley se convirtió en interno en Rugby School, donde se destacó en todas las materias, especialmente en ciencias y matemáticas. Después de graduarse, ingresó al Trinity College de la Universidad de Cambridge. Se graduó con un primer título de Cambridge y luego, con el apoyo de una beca de investigación del Consejo de Investigación Científica de Gran Bretaña, emprendió una investigación sobre mecánica de fluidos. Había sido galardonado con el Premio Mayhew en 1963, un premio que otorga anualmente el Departamento de Matemáticas de Cambridge al mejor estudiante de matemáticas aplicadas. Después de tres años de investigación, obtuvo un doctorado en 1966 por su tesis *Plumas, burbujas y vórtices*. Su asesor de tesis en Cambridge fue George Batchelor. Después de graduarse, fue a la Universidad Johns Hopkins en los Estados Unidos en 1966 para trabajar con Owen Phillips como becario postdoctoral apoyado por la Oficina de Investigación Naval de los Estados Unidos.

Mientras realizaba investigaciones para su doctorado, Pedley se había casado con Avril Jennifer Martin Uden en 1965. Avril es la hija menor de Bernard Gilbert Uden (1910-1990) y Joyce Evelyn Bridgewater (1999-2000). Bernard Uden tomó el nombre de pila adicional de Grant después del apellido de su abuela y desde entonces fue conocido como Grant Uden. Era un coleccionista de hechos extraños y maravillosos, principalmente relacionados con el mundo literario, y escribió libros como *High Horses* (1976), *Anecdotes from History* (1968) y *Understanding Book Collecting* (1982). Tim y Avril Pedley tienen dos hijos, Jonathan Richard Pedley y Simon Grant Pedley.

Tim Pedley publicó *La estabilidad de los flujos giratorios con una superficie libre cilíndrica* (1967). Las primeras oraciones del Resumen dan una buena impresión del tema estudiado:

La estabilidad a pequeñas perturbaciones no viscosas de un flujo giratorio se investiga cuando un límite del flujo es una superficie libre bajo la acción de la tensión superficial y el otro está en el infinito, en un cilindro rígido o en el eje. La superficie libre puede ser el límite interior o exterior.

Pedley dio el siguiente reconocimiento en el documento:

El autor desea dejar constancia de su agradecimiento al profesor GK Batchelor del Departamento de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica de la Universidad de Cambridge, por su ayuda y aliento durante el curso de esta investigación, que se realizó mientras el autor recibía una beca de investigación del Consejo de Investigación Científica de Gran Bretaña. La preparación final y la revisión del manuscrito se llevaron a cabo con el apoyo de la Oficina de Investigación Naval de los Estados Unidos...

Su siguiente artículo, *The toroidal bubble* (1968), volvió a informar sobre una investigación realizada en Cambridge, pero redactada mientras estaba en la Universidad Johns Hopkins. El resumen comienza:

Se ha observado por Walters & Davidson (1963) que la liberación de una masa de gas en el agua a veces produce una burbuja toroidal ascendente. Este artículo se ocupa de la historia de tal burbuja, dado que en el instante inicial el movimiento es irrotacional en todas partes del agua. La variación de su radio total a con el tiempo se puede predecir a partir de la ecuación del impulso vertical, y debería ser posible hacer la misma predicción igualando la tasa de pérdida de energía cinética y potencial combinada con la tasa de disipación viscosa. De hecho, se ve que este es el caso, pero no antes de que se reconozca que en un fluido viscoso, la vorticidad se difundirá continuamente desde la superficie de la burbuja, destruyendo la irrotacionalidad del movimiento y necesitando un examen de la distribución de la vorticidad.

El reconocimiento dice:

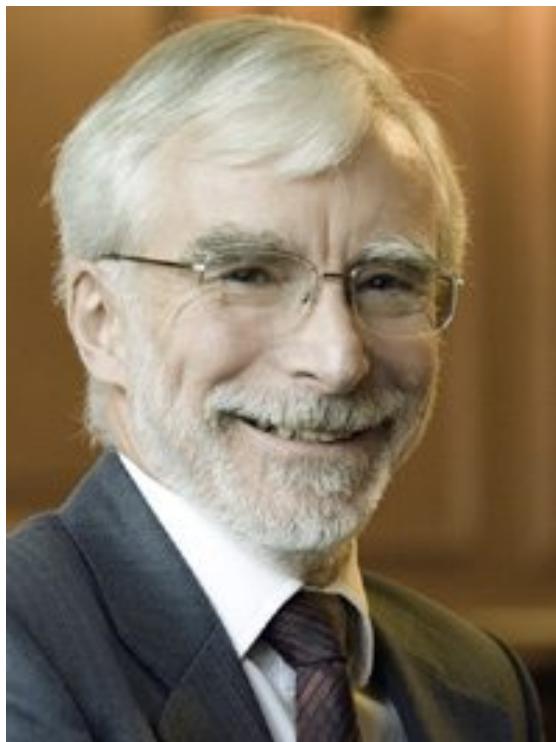
Quisiera expresar mi agradecimiento al Prof. GK Batchelor y al Dr. FP Bretherton del Departamento de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica de la Universidad de Cambridge, por varios debates estimulantes durante el curso de este trabajo, que se llevó a cabo mientras recibía una Licenciatura en Investigación. Beca del Consejo de Investigación Científica de Gran Bretaña. La preparación final y la revisión del manuscrito se llevaron a cabo en la Universidad Johns Hopkins con el apoyo parcial de la Oficina de Investigación Naval de los Estados Unidos...

Otros dos artículos que aparecieron en el mismo año fueron *Sobre la inestabilidad de los flujos de cizallamiento de rotación rápida a perturbaciones no aximétricas* (1968) y *Soluciones de similitud para chorros turbulentos y plumas en un fluido giratorio* (1968).

En 1968, Pedley regresó a Inglaterra cuando fue nombrado profesor en la Unidad de Estudios de Flujo Fisiológico y el Departamento de Matemáticas del Imperial College de Londres [7]:

La Unidad de Estudios de Flujo Fisiológico pionera se estableció en 1966 bajo el liderazgo del profesor Colin Caro, con formación médica, y fue asesorado por su amigo de muchos años y colaborador de investigación, el profesor (más tarde Sir) James Lighthill, entonces profesor de investigación de la Royal Society en el Imperial College. Fue poco después de esto en 1968, gracias al apoyo de James

Lighthill, que Tim se unió a la Unidad de Estudios de Flujo Fisiológico, con un nombramiento simultáneo en el Departamento de Matemáticas de Imperial. ... Siguieron cinco influyentes años de investigación dentro de la Unidad de Estudios de Flujo Fisiológico que ayudaron a dar forma a su futura dirección académica.



Desde el momento de este nombramiento, se interesó en la dinámica biológica de fluidos y comenzó a colaborar con Robert C Schroter y MF Sudlow. Robert Schroter tiene un doctorado en ingeniería química y se convirtió en miembro de la nueva Unidad de Estudios de Flujo Fisiológico en el Imperial College en 1966. MF Sudlow también fue miembro de la Unidad de Estudios de Flujo Fisiológico en el Imperial College. Estos tres autores publicaron La predicción de la caída de presión y la variación de la resistencia dentro de las vías respiratorias bronquiales humanas (1970), Pérdidas de energía y caída de presión en modelos de vías respiratorias humanas (1970) y Caída de flujo y presión en sistemas de tubos que se ramifican repetidamente (1971). Como ejemplo del contenido de estos artículos damos el Resumen del artículo de 1971:

Las vías respiratorias del pulmón forman un sistema rápidamente divergente de tubos ramificados, y cualquier análisis de su mecánica requiere una comprensión de los efectos de las bifurcaciones en el flujo aguas abajo de ellas. Los experimentos se han llevado a cabo en modelos que contienen hasta dos generaciones de uniones simétricas con ángulo de ramificación y relación de diámetro fijos, típicos del pulmón humano. Los estudios de visualización de flujo y las mediciones de velocidad en los tubos secundarios de la primera unión verificaron que se establecen movimientos secundarios, con velocidades axiales máximas justo fuera de la capa límite en la pared interna de la unión, y que decaen lentamente aguas abajo. Los perfiles de velocidad axial se midieron aguas abajo de todas las uniones en un rango de números de Reynolds para los cuales el flujo era laminar.

Pedley dejó el Imperial College de Londres en 1973 cuando fue nombrado profesor en el Departamento de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica de la Universidad de Cambridge. Al mismo tiempo, fue elegido miembro del Gonville & Caius College de la Universidad de Cambridge. En 1976, la Universidad de Cambridge tenía "Aplicaciones de las Matemáticas a la Biología" como el tema de su Premio Adams. Este premio, llamado así por John Couch Adams, fue otorgado por miembros de St John's College y otorgado por primera vez en 1850. Pedley recibió el premio Adams de 1976 por "La mecánica de fluidos de los vasos sanguíneos grandes y de las vías respiratorias bronquiales".

Pedley editó el libro *Scale Effects in Animal Locomotion* (1977) y fue coautor del libro *The Mechanics of Circulation* (1978). Damos algunos extractos de las reseñas al final de esta biografía.

En 1980 asistió al XV Congreso Internacional de Mecánica Teórica y Aplicada realizado en la Universidad de Toronto en Canadá. Dio la conferencia Mecánica de fluidos fisiológica y publicó un artículo sobre ese tema en las Actas de la Conferencia. El contenido de esta conferencia da una buena indicación de las áreas de investigación en las que Pedley estaba trabajando en ese momento. Aquí está el resumen del autor:

Después de un breve estudio de todo el campo, se seleccionan tres problemas para una consideración más detallada: el flujo de sangre cerca de la desembocadura de una rama lateral arterial, en un intento de predecir el esfuerzo cortante de la pared en la arteria principal; flujo de fluidos en tubos colapsables como venas; transporte acoplado de sal y agua de los epitelios de bombeo. Se concluye que los problemas de mayor importancia biológica son generalmente de escala microscópica, y la investigación en mecánica de fluidos debe realizarse en estrecha conjunción con la experimentación fisiológica.

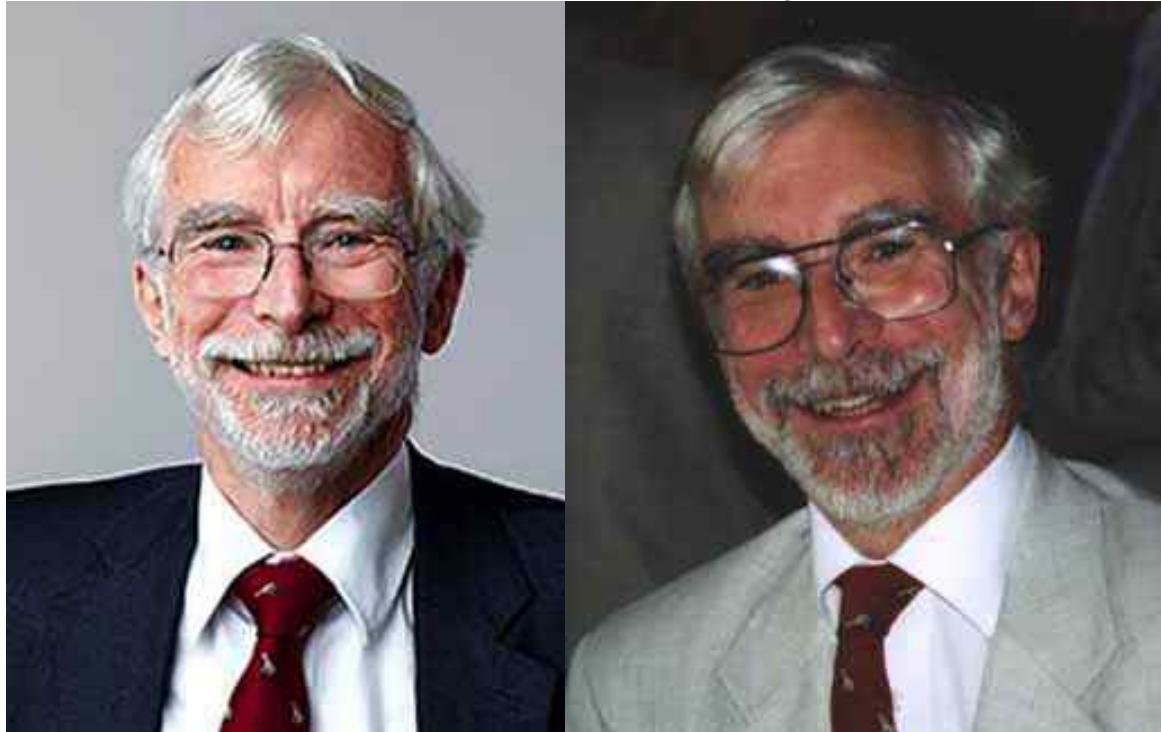
En 1984, publicó el estudio de los fenómenos de onda en los flujos fisiológicos y nuevamente el resumen del autor brinda una buena guía para el pensamiento de Pedley en ese momento:

La mayor parte de este estudio se ocupa de los fenómenos ondulatorios en tubos elásticos a través de los cuales fluye un fluido incompresible. Esto es aplicable a muchos fenómenos fisiológicos, de los cuales el más obvio se refiere al flujo sanguíneo en arterias y venas. La Sección 2 describe la teoría unidimensional simple de la propagación de pulsos en vasos distendidos, basada en una "ley de tubo" para describir las propiedades elásticas, y señala que hay una serie de características (que involucran (a) atenuación de onda y (b) restricciones localizadas) que la teoría simple aún no puede explicar. En la Sección 3, el análisis de la reflexión de ondas se ilustra con un modelo no lineal reciente de reflexión en una constrictión severa. La Sección 4 considera el flujo en tubos colapsables, mostrando que el flujo constante debe romperse en muchos casos y resumiendo un nuevo modelo para las oscilaciones de gran amplitud que se observan en los experimentos de laboratorio. La Sección 5 presenta experimentos y teorías que demuestran la existencia de ondas en un canal que es rígido aparte de una hendidura oscilatoria en una pared.

En 1989, Pedley fue ascendido a lector en Cambridge, pero poco después lo dejó para ocupar el puesto de profesor de matemáticas aplicadas en la Universidad de Leeds en 1990. La investigación de la que hemos dado detalles anteriormente se ocupa de la mecánica de fluidos fisiológica interna, es decir, el estudio de flujo de fluidos dentro de los organismos vivos. Su investigación posterior involucró la mecánica de fluidos externos, es decir, la interacción de los organismos vivos con su entorno fluido. Los ejemplos particulares que estudió son la natación de peces y, especialmente, el comportamiento colectivo de los microorganismos nadadores. Un ejemplo de su trabajo en esta última área se presenta en su artículo *The growth of bioconvection patterns in a uniform suspension of gyrotactic micro-organisms* (1988), escrito conjuntamente con Nick A Hill y John O Kessler. Tanto Nick Hill como John Kessler trabajaron con Pedley en el Departamento de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica de la Universidad de Cambridge en la segunda mitad de la década de 1980, pero Hill y Pedley se reunieron nuevamente en Leeds, donde Hill fue nombrado profesor en noviembre de 1989.

Pedley fue elegido miembro de la Royal Society de Londres en 1995 y, al año siguiente, regresó a Cambridge cuando fue nombrado Profesor GI Taylor de Mecánica de Fluidos en el Departamento de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica

de la Universidad de Cambridge. Fue Jefe del Departamento de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica en Cambridge de 2000 a 2005. Se jubiló en 2009 y fue nombrado Profesor Emérito de la Universidad de Cambridge.



Anotemos ahora los intereses de investigación de Pedley, tal como figuran en su sitio web [6].

Flujo sanguíneo y esfuerzo cortante de la pared en las arterias: flujo dependiente del tiempo en tubos de geometría tridimensional compleja. Aplicación médica del flujo sanguíneo en la aterosclerosis; el fracaso de los injertos de derivación femoral. Mecánica de las células endoteliales individuales.

Flujo y mezcla de gases en las vías respiratorias pulmonares: pérdida de energía durante el flujo oscilatorio; Dispersión de gases aumentada por cizalla. Aplicación médica: ventilación de alta frecuencia de bebés prematuros; suministro de gases anestésicos o contaminantes; Suministro de medicamentos por aerosol.

Flujo y oscilaciones autoexcitadas en tubos colapsables. Aplicaciones biológicas y médicas: flujo sanguíneo en la vena yugular (jirafa), limitación del flujo y sibilancias en la inspiración forzada, hidrodinámica en presencia de hipertrofia prostática.

Bombeo peristáltico en el uréter: el acoplamiento de la hidrodinámica a la mecánica del músculo (liso).

Modelado del transporte de sal y agua a través de las membranas celulares y epitelios de bombeo.

Natación de peces: el acoplamiento de la hidrodinámica a la mecánica del músculo (esquelético) y la mecánica de sólidos tisulares.

Aerodinámica de insectos: (cf. experimentos recientes de CP Ellington Zoology).

Alimentación por filtración acuática.

Formación de patrones bioconvectivos en suspensiones de microorganismos nadadores (a) algas girotáticas, (b) bacterias quimiotácticas.

Desarrollo de modelos macroscópicos o continuos de poblaciones de organismos biológicos cuyo comportamiento microscópico individual es aleatorio y cuyo entorno también puede serlo. Ejemplos: interacción del plancton en un océano turbulento; bacterias quimiotácticas en fluidos en movimiento; captación o producción de productos químicos por las células en un biorreactor.

Ya hemos dado algunos detalles arriba de los honores otorgados a Pedley por sus destacadas contribuciones a la investigación. Permítanos dar aquí detalles de algunos otros honores que ha recibido. Fue elegido asociado extranjero de la Academia Nacional de Ingeniería de EE. UU. en 1999, miembro del Instituto Estadounidense de Ingeniería Médica y Biológica en 2001, miembro de la Sociedad Estadounidense de Física en 2005, miembro de la Academia Nacional de Ciencias de la India en 2007, y Miembro de la Sección de Ciencias Físicas e Ingeniería de la Academia Europea. Fue invitado a dictar la Conferencia GI Taylor en la Universidad de Cambridge en 1998. Fue invitado a dictar la Conferencia Clifford en la Universidad de Tulane en 2003. Ese mismo año pronunció la Conferencia Rutherford de la Royal Society de Londres. Esta conferencia se creó en 1950 y se imparte en varios países de la Commonwealth. Pedley dio la Conferencia Rutherford en Nueva Zelanda. En 2004 fue invitado a dar la Conferencia Talbot en la Universidad de Illinois. En 2008, Pedley y J D Murray recibieron conjuntamente la Medalla de Oro del Instituto de Matemáticas y sus Aplicaciones en reconocimiento a sus:

... destacadas contribuciones a las matemáticas y sus aplicaciones durante un período de años.

Terminemos esta biografía registrando que los pasatiempos de Pedley incluyen la observación de aves, correr y leer.

Basado en el artículo de JJ O'Connor y EF Robertson
<http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Pedley.html>
casanchi.org

Referencias

1. S J Gould, Review: Scale Effects in Animal Locomotion, by T J Pedley (ed.), *The Quarterly Review of Biology* **53** (4) (1978), 473-474.
2. C T Kappagoda, Review: The Mechanics Of Circulation by C G Caro, T J Pedley, R C Schroter and W A Seed, *The British Medical Journal* **1** (6118) (1978), 979.
3. J D Murray, Review: Scale Effects in Animal Locomotion, by T J Pedley (ed.), *Biometrics* **34** (2) (1978), 331-332.
4. Pedley, Prof. Timothy John, Who's Who. <https://doi.org/10.1093/ww/9780199540884.013.U30439>

5. Pedley, Richard Rodman, *Who's Who*. <https://doi.org/10.1093/ww/9780199540884.013.U158374>
6. Professor Timothy J Pedley, F.R.S. G.I. Taylor Professor of Fluid Mechanics, *Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge*. <http://www.damtp.cam.ac.uk/user/tjp3/>
7. R C Schroter, R D Kamm and J O Kessler, Life's flows - reflections on T J Pedley's career in biological fluid mechanics, *Journal of Fluid Mechanics* **705** (2012), 2-6.
8. R A Suthers, Review: Scale Effects in Animal Locomotion, by T J Pedley (ed.), *American Scientist* **66** (4) (1978), 499-500.
9. Timothy Pedley. Biography, *The Royal Society*. <https://royalsociety.org/people/timothy-pedley-12069/>

Reviews of two books by Tim Pedley

Tim Pedley edited the book *Scale Effects in Animal Locomotion* (1977) and was a co-author of the book *The Mechanics of Circulation* (1978). We give some extracts from reviews below.

Scale Effects in Animal Locomotion (1977), by T J Pedley (ed).

1.1. Review by: J D Murray.

Biometrics **34** (2) (1978), 331-332.

This book is the well edited proceedings of an International Symposium, held in 1975 at the University of Cambridge, where experimentalists and theoreticians in a variety of disciplines and all working in the field of animal locomotion described their research in mutually understandable terms. The work is divided into four parts, General Considerations, Terrestrial, Aquatic and Aerial Locomotion, with introductory survey papers on each. The almost complete lack of biological relevance of much of the so-called application of mathematics to the biosciences is well known (catastrophe theory is a prime example). In contrast this book is one of the most practical and relevant interdisciplinary books I have read for some time. From the point of view of an applied mathematician reading it, however, the overall impression of the modelling is one of empiricism, dimensional analysis and curve fitting. This to a large extent is a consequence of the brief given to the participants. Although much of the subject is necessarily empirical at this stage it is an unfortunate impression, since a lot of the work particularly in aquatic and aerial locomotion involves interesting and challenging mathematical modelling and analysis of the traditional deterministic applied mechanics kind. Adequate references, however, are given to the mathematical work.

1.2. Review by: Stephen Jay Gould.

The Quarterly Review of Biology **53** (4) (1978), 473-474.

Scaling has been an important subject in the literature of biology ever since Galileo followed his discussion of cylinders with an illustration of increasing relative thickness in the leg bones of large terrestrial vertebrates. This interdisciplinary tradition, so auspiciously begun by a paragon, now requires a committee for its further advance. This book displays all the strengths and some of the weaknesses inherent in joint effort. It includes the contributions of nearly all leaders in the biology and engineering of scaling. It suffers less than most compendia from incoherence or triviality, probably because its subject - the effect of size upon shape and performance - is sufficiently circumscribed to impose the same concerns upon all participants, yet sufficiently broad in its implications to interest nearly any thinking biologist

1.3. Review by: Roderick A Suthers.
American Scientist **66** (4) (1978), 499-500.

If one compares large and small animals that have a similar shape, it quickly becomes apparent that their bodies are differently proportioned. The skeletal elements in the legs of large mammals, for example, are larger relative to their body size than the corresponding bones in small mammals. The fact that the mass of an animal increases as the cube of its linear dimensions has far-reaching implications which are reflected in the organism's structural design, metabolic requirements, and behaviour. Since the anatomical and physiological stresses are often most severe during strenuous locomotion, it is especially instructive to examine the functional and structural aspects of scaling in relation to various types of animal locomotion. This excellent book, which contains the proceedings of an international symposium held at Cambridge University in September 1975, presents an interdisciplinary approach to the problems of scaling and locomotion in animals. The authors include biologists, biophysicists, physiologists, engineers, and mathematicians. The book's coverage is surprisingly complete when one considers that it is a collection of individual papers. Almost all kinds of locomotion are discussed, in animals ranging from unicellular organisms through mammals.

1. The Mechanics of Circulation (1978), by C G Caro, T J Pedley, R C Schroter and W A Seed.

2.1. Review by: C T Kappagoda.

The British Medical Journal **1** (6118) (1978), 979.

Although some entertain the occasional doubt about the attitude of the British public towards the "technological revolution" of the last 20 years they should concede that clinical cardiology has endeavoured to stay close to its glow, if not exactly to its "white heat." Consequently, that most "clinical" branch of medicine has altered out of all recognition. One of the major reasons for this change has been the fact that during this time physical scientists of various persuasions - mathematicians, physicists, chemists, and computer technologists, for example - have expressed increasing interest in the cardiovascular system and have contributed appreciably to understanding its problems. Thus, while clinical cardiologists and "traditional physiologists" have had much to be grateful for from these developments, they have also been faced with the added problem of coming to terms with this new technology.

The authors have clearly appreciated this, and have attempted to fill the void with this creation which attempts to explain certain aspects of the circulatory system in terms of physical principles. I can almost hear the anguished cries, "But there are already dozens of such books." But are there? The authors have deliberately considered the cardiovascular system as being composed of various tissues that respond to physical forces according to known physical principles. While this approach to understanding the circulation has self-evident failings, it nevertheless emphasises overwhelmingly that this system can function in both health and disease within this framework. The book is in two separate sections. The first is devoted to considering physical principles - particularly those governing motion - and here it's necessary to comment on the prospective readership of this book. With due respect, most clinical cardiologists in training (who are probably more than a decade away from their "A" level physics) will find this section somewhat difficult. It is easy to suggest that for some readers the book would be more attractive if it assumed they possessed even less knowledge. Nevertheless, I believe that, in the main the authors have achieved their stated objective of presenting the physical principles while keeping mathematical considerations to a minimum. All this and SI units too (even it is with mm Hg in Parenthesis).