

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DATOS INFORMATIVOS

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

Título del proyecto:
Regularidad L_p para los sistemas de Stokes, Navier-Stokes y Boussinesq con condiciones Navier con fricción en la frontera

Investigación básica Investigación aplicada Investigación pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Matemática - Escuela Politécnica Nacional
2. Departamento de Ingeniería Matemática - Universidad de Chile
3. Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications - Université de Pau et des Pays de L'Adour

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):

1. Análisis y Análisis Funcional

Resumen de información del director y colaboradores del proyecto		
<u>Director</u>		
Apellidos y nombres	Departamento	Título de mayor nivel (Ing., M.Sc., Ph.D)
Acevedo Tapia Paul Andrés	Departamento de Matemática - Escuela Politécnica Nacional	PhD
<u>Colaborador(es)</u>		
Apellidos y nombres	Departamento	Título de mayor nivel Ing., M.Sc., Ph.D)
Conca Rosende Carlos Eugenio	Departamento de Ingeniería Matemática - Universidad de Chile	PhD
Amrouche Chérif	Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications - Université de Pau et des Pays de L'Adour	PhD

HOJA DE VIDA DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Matemática - Escuela Politécnica Nacional
2. Departamento de Ingeniería Matemática - Universidad de Chile
3. Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications - Université de Pau et des Pays de L'Adour

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Análisis y Análisis Funcional

1 Proyecto de Investigación

Título:

Regularidad L_p para los sistemas de Stokes, Navier-Stokes y Boussinesq con condiciones Navier con fricción en la frontera

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Dado la importancia de las ecuaciones de Stokes como modelo para describir el movimiento de cierta clase de fluidos presentes en la naturaleza, estamos interesados en realizar un estudio de la regularidad en espacios L_p de las soluciones para las ecuaciones de Stokes con condiciones Navier con fricción en la frontera de un dominio acotado. Cabe mencionar que las condiciones de Navier sobre la frontera del dominio involucran al tensor de esfuerzos de la velocidad del fluido, así como las trazas normal y tangencial de la misma. Posteriormente, a partir de estos resultados iniciales, se pretende extender dichos resultados para los sistemas de Navier-Stokes (ecuaciones no lineales de las ecuaciones de Stokes) y Boussinesq (acoplamiento de las ecuaciones de Navier-Stokes con la ecuación de difusión convección).

Palabras clave (4-6): regularidad L_p , Stokes, Navier-Stokes, Boussinesq, condiciones Navier con fricción

2 Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación



<p>2.1 Objetivos</p> <p>2.1.1 Objetivo General</p> <ul style="list-style-type: none">• Estudiar la regularidad L_p de las soluciones para los sistemas de Stokes, Navier-Stokes y Boussinesq con condiciones Navier con fricción en la frontera de un dominio acotado. <p>2.1.2 Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none">a. Estudiar la existencia y unicidad de soluciones débiles para las ecuaciones de Stokes definidas en un dominio acotado con condiciones Navier con fricción en la frontera.b. Analizar la regularidad L_p de las soluciones débiles para las ecuaciones de Stokes.c. Estudiar la existencia y unicidad de soluciones muy débiles para las ecuaciones de Stokes.d. Estudiar la existencia de soluciones débiles para las ecuaciones de Navier-Stokes definidas en un dominio acotado bajo las mismas condiciones en la frontera anteriores.e. Analizar la regularidad L_p de las soluciones débiles para las ecuaciones de Navier-Stokes.f. Estudiar la existencia y regularidad L_p de soluciones débiles para el sistema de Boussinesq en un dominio acotado bajo las mismas condiciones en la frontera anteriores. <p>2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)</p> <p>Los resultados esperados al término de este proyecto son:</p> <ul style="list-style-type: none">a. Existencia y unicidad de soluciones débiles para las ecuaciones de Stokes, de Navier-Stokes y para el sistema de Boussinesq con condiciones Navier con fricción en la frontera.b. Posibilidad de tener regularidad L_p de las soluciones para los tres sistemas de ecuaciones planteados en función de la regularidad de los datos presentes en dichos sistemas.c. Existencia de soluciones muy débiles para las ecuaciones de Stokes con condiciones Navier con fricción en la frontera.

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
	La realización de este proyecto tiene un carácter relevante dentro de los campos de las ecuaciones diferenciales parciales, dinámica de fluidos y el análisis funcional. Además, este proyecto aportará a la comunidad científica resultados teóricos que permitan la comprensión de ciertos fenómenos naturales ligados a la dinámica de fluidos. Es importante destacar que este proyecto está dentro de las líneas de investigación del Departamento de Matemática, y que el Director del proyecto y sus colaboradores han trabajado fuertemente en esta temática.

4	Productos esperados
	<ul style="list-style-type: none">a. Publicaciones científicas (obligatorio); <input checked="" type="checkbox"/>b. Disertación a la Comunidad Politécnica; <input checked="" type="checkbox"/>c. Proyecto de Titulación; <input type="checkbox"/>d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); <input type="checkbox"/>e. Aplicación tecnológica construida o implementada; <input type="checkbox"/>f. Patente presentada; <input type="checkbox"/>g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. <input checked="" type="checkbox"/>

5	Descripción y metodología y diseño del proyecto
----------	--



5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

La dinámica de fluidos es una rama de la física el cual es notablemente estudiada por la comunidad científica debido al sin número de fenómenos físicos presentes en la naturaleza ligados al movimiento de un fluido (líquido o gas), como por ejemplo, desde el movimiento de un fluido a través de un sistema de tuberías, la convección en el manto terrestre, flujos atmosféricos y oceánicos, hasta la dinámica del sistema circulatorio en el cuerpo humano, ver [10,11].

El estudio de estos fenómenos en su forma más general es una tarea complicada, es por eso que inicialmente se realiza una relajación (aproximación) del fenómeno inicial el cual pueda ser estudiado con mayor detalle. Posteriormente, al tener un estudio de dicha aproximación, el siguiente paso es incluir en nuestro modelo (algunas o todas) las condiciones que fueron excluidas en la aproximación inicial de tal manera que este nuevo modelo se acerque más al fenómeno original.

Es así como nuestro interés inicial radica en el estudio de fenómenos físicos estacionarios tales como flujo de un fluido donde la velocidad del fluido es suficientemente pequeña, o la viscosidad del fluido es alto, donde además tengamos una interacción de la velocidad del fluido con la frontera del dominio. En este caso, resulta que las ecuaciones que mejor describen este tipo de fenómenos son las ecuaciones estacionarias de Stokes bajo las condiciones Navier con fricción en la frontera (existen estudios para el sistema de Stokes considerando condiciones de Navier sin fricción en la frontera o de tipo Navier, consideración de la vorticidad como condición en la frontera, ver [1, 2, 4]). Este sistema de ecuaciones definido en un dominio tridimensional acotado está dado por:

$$\begin{cases} -\Delta \mathbf{u} + \nabla \pi = \mathbf{f} & \text{en } \Omega, \\ \operatorname{div} \mathbf{u} = \chi & \text{en } \Omega, \\ \mathbf{u} \cdot \mathbf{n} = g & \text{sobre } \partial\Omega, \\ 2 [\mathbb{D}(\mathbf{u})\mathbf{n}]_{\tau} + \alpha \mathbf{u}_{\tau} = \mathbf{h} & \text{sobre } \partial\Omega, \end{cases}$$

donde

$$\mathbb{D}(\mathbf{u}) = \frac{1}{2} (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)$$

es el tensor de esfuerzos asociado a la velocidad del fluido. Es importante notar que existe una relación entre el tensor de esfuerzos asociado a la velocidad del fluido y la vorticidad del mismo, que permite usar los resultados conocidos para el sistema de Stokes con condiciones tipo Navier (vorticidad del fluido) al sistema de Stokes con condiciones Navier (tensor de esfuerzos asociado a la velocidad del fluido), ver [5].

Estamos interesados en estudiar la existencia y unicidad de soluciones débiles para el sistema de Stokes descrito anteriormente, el cual podrá ser determinado si formulamos nuestro sistema a través de un problema variacional adecuado que nos permita finalmente usar el Teorema de Lax-Milgram. Para poder demostrar la regularidad L_p de las soluciones, la estrategia es usar adecuadas inclusiones de Sobolev y eventualmente argumentos de tipo bootstrap. Una vez realizado esto, un paso interesante es analizar la existencia de soluciones muy débiles para este problema, para lo cual es necesario definir ciertos espacios funcionales los cuales servirán como soporte para la correcta formulación variacional que me permita concluir la existencia de soluciones muy débiles (ver [3] para detalles de un trabajo con respecto a la existencia de soluciones muy débiles para Stokes y Navier-Stokes con condiciones Dirichlet en la frontera).

A continuación, la idea es realizar un estudio similar para el sistema estacionario de Navier-Stokes bajo las mismas condiciones de borde. Nuestro modelo estará determinado por:

$$\begin{cases} -\Delta \mathbf{u} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} + \nabla \pi = \mathbf{f} & \text{en } \Omega, \\ \operatorname{div} \mathbf{u} = 0 & \text{en } \Omega, \\ \mathbf{u} \cdot \mathbf{n} = 0, \quad 2 [\mathbb{D}(\mathbf{u})\mathbf{n}]_{\tau} + \alpha \mathbf{u}_{\tau} = \mathbf{h} & \text{sobre } \partial\Omega. \end{cases}$$

Nuestro primer acercamiento a la resolución de este modelo consistirá en considerar al fluido incompresible e impermeable (divergencia de la velocidad nula y traza normal de la velocidad nula en la frontera).



Para empezar con el análisis de este modelo, estamos interesados en probar existencia de soluciones para este sistema a través de un proceso de punto fijo usando, por ejemplo, el teorema de punto fijo de Leray-Schauder (es preciso notar que este teorema de punto fijo nos permite demostrar la existencia, pero no asegura la unicidad de la solución, ver [5]). Es conocido de la teoría para las ecuaciones de Navier-Stokes en un dominio tridimensional acotado, que la unicidad de dicha solución se obtiene si los datos son pequeños en norma, ver [6]. Para mayores detalles con respecto a las soluciones del sistema de Navier-Stokes con condiciones Navier en la frontera de un dominio acotado bidimensional, ver [7]. Posteriormente, el análisis de regularidad estaría dado a través de argumentos tipo bootstrap, para lo cual es indispensable tener los resultados para las ecuaciones de Stokes, que corresponden a la primera parte de nuestro estudio.

Finalmente, nuestro estudio estará enmarcado en la aplicación de los resultados previos para abordar el sistema de Boussinesq estacionario considerando condiciones en la frontera Navier para la velocidad y Dirichlet para la temperatura. Este sistema está dado por:

$$\begin{cases} -\nu\Delta\mathbf{u} + (\mathbf{u} \cdot \nabla)\mathbf{u} + \nabla\pi = \theta\mathbf{g} & \text{en } \Omega, \\ \operatorname{div} \mathbf{u} = 0 & \text{en } \Omega, \\ -\kappa\Delta\theta + \mathbf{u} \cdot \nabla\theta = h & \text{en } \Omega, \\ \mathbf{u} \cdot \mathbf{n} = 0, \quad 2[\mathbb{D}(\mathbf{u})\mathbf{n}]_{\tau} + \alpha \mathbf{u}_{\tau} = \mathbf{a}, \quad \theta = \theta_b & \text{sobre } \partial\Omega. \end{cases}$$

Puesto que el sistema de Boussinesq esencialmente consiste de un acoplamiento de las ecuaciones de Navier-Stokes con las ecuaciones de convección-difusión para la temperatura, las ideas utilizadas para estudiar el sistema de Navier-Stokes mencionadas anteriormente, podrán ser utilizadas de una forma similar para el sistema de Boussinesq. Para detalles de ciertos trabajos respecto a la existencia y unicidad de soluciones muy débiles para el sistema de Boussinesq con condiciones Dirichlet en la frontera en ciertos tipos de dominios, ver [8,9].

Este proyecto contará con la colaboración internacional de los profesores Dr. Carlos Conca, profesor principal del Departamento de Ingeniería Matemática de la Universidad de Chile (Santiago-Chile), y Dr. Chérif Amrouche, profesor principal en la Université de Pau et des Pays de l'Adour (Pau-Francia), cuyos datos se encuentran detallados en el anexo 1 adjunto.

Referencias bibliográficas

- [1] Al Baba, H. (2016). Maximal Lp-Lq regularity to the Stokes problem with Navier boundary conditions. **arXiv:1605.05318v1**.
- [2] Amrouche, Ch., Rejaiba, A. (2014). Lp-theory for Stokes and Navier-Stokes equations with Navier boundary conditions. *Journal of Differential Equations*, 256 (4), 1515-1547.
- [3] Amrouche, Ch., Rodríguez-Bellido, M.A. (2011). Stationary Stokes, Oseen and Navier-Stokes Equations with Singular Data. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 199 (2), 597-651.
- [4] Beirão da Veiga, H. (2004). Regularity for Stokes and generalized Stokes systems under non-homogeneous slip-type boundary conditions. *Advances in Differential Equations*, 9 (9-10), 1079-1114.
- [5] Ciarlet, P.G. (2013). *Linear and Nonlinear Functional Analysis with Applications*. (1st ed.). Philadelphia, USA: SIAM.
- [6] Galdi, G.P. (2011). *An Introduction to the Mathematical Theory of the Navier-Stokes Equations: Steady-State Problems*. (2nd ed.). New York, USA: Springer.
- [7] Kelliher, J.P. (2006). Navier-Stokes Equations with Navier Boundary Conditions for a Bounded Domain in the Plane. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 38 (1), 210-232.
- [8] Kim, H. (2012). The existence and uniqueness of very weak solutions of the stationary Boussinesq system. *Nonlinear Analysis*, 75 (1), 317-330. **doi: 10.1016/j.na.2011.08.035**
- [9] Morimoto, H. (2010). Heat convection equation with nonhomogeneous boundary condition. *Funkcialaj Ekvacioj*, 53 (2), 213-229.
- [10] Satoh, M. (2014). *Atmospheric Circulation Dynamics and General Circulation Models*. (2nd ed.). Heidelberg, Alemania: Springer-Verlag.
- [11] Weddell, J.C., Kwack, J., Imoukhuede, P.I., Masud, A. (2015). Hemodynamic Analysis in an Idealized Artery Tree: Differences in Wall Shear Stress between Newtonian and Non-Newtonian Blood Models. *PLoS One*, 10 (4): e0124575. **doi:10.1371/journal.pone.0124575**



6 Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.
 El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:

Proyecto	Director	Colaboradores
PII y PIS	16 HSS	8 HSS
PIJ y PIMI	20 HSS	10 HSS

Nombre	Rol (director o colaborador)	Horas de dedicación	Departamento
Paul Acevedo Tapia	Director	16 HSS	Matemática
Carlos Conca Rosende	Colaborador	8 HSS	DIM – Chile *
Chérif Amrouche	Colaborador	8 HSS	LMAP – Francia **

*: Departamento de Ingeniería Matemática. Universidad de Chile. Santiago – Chile

** : Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications. Université de Pau et des Pays de L'Adour. Pau – Francia


6.2 Infraestructura y equipos
 - N/A

6.3 Breve justificación del equipo requerido
 - N/A

6.4 Fondos Adicionales
 - N/A

7 Declaración del Director del Proyecto

Declaro que la presente propuesta es de mi autoría y de los colaboradores mencionados y que no ha sido presentada en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del proyecto.


 DIRECTOR DEL PROYECTO
 Nombre: Paul Andrés Acevedo Tapia
 CC: 1712622164

Quito, 18 de julio de 2016
 (lugar y fecha)

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Matemática, en sesión del día 18 de julio de 2016 mediante resolución No. 072. Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.


 JEFE DEL DEPARTAMENTO
 Nombre:
 CC:

Quito, 18 de julio de 2016
 (lugar y fecha)



Título del Proyecto:

Regularidad L_p para los sistemas de Stokes, Navier-Stokes y Boussinesq con condiciones Navier con fricción en la frontera

AÑO 1

Nº	Actividad	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		Mes 5		Mes 6		Mes 7		Mes 8		Mes 9		Mes 10		Mes 11		Mes 12						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Recopilación de información relacionada con el sistema de Stokes	x	x	x	x	x																								
2	Análisis y resolución del sistema de Stokes con condiciones Navier con fricción en la frontera					x	x	x	x	x	x	x	x																	
3	Recopilación de información referente al sistema de Navier-Stokes																													
4	Análisis y resolución del sistema de Navier-Stokes con condiciones Navier con fricción en la frontera																													
5	Recopilación de información referente al sistema de Boussinesq																													
6	Análisis y resolución del sistema de Boussinesq con condiciones Navier con fricción en la frontera																													

AÑO 2

Nº	Actividad	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		Mes 5		Mes 6	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Recopilación de información referente al sistema de Boussinesq	x	x	x									
2	Análisis y resolución del sistema de Boussinesq con condiciones Navier con fricción en la frontera			x	x	x	x	x					
3	Escritura de los resultados obtenidos								x	x	x	x	x

Firma del Director del Proyecto
 Nombre del Director del Proyecto

Paul Acevedo Tapia



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

Dirección de Investigación y Proyección Social

Anexo 5. Verificación de la documentación de la propuesta de investigación presentada



#	Item sujeto a revisión	Proponente (Marque con una X)	VIPS	Observaciones VIPS
1	Anexos 1 al 5	X	X	
2	CD		X	
#	Anexo 1. Datos informativos del director y colaboradores de la propuesta de proyecto			
3	Nombre del (los) departamento(s)	X	X	
4	Línea(s) de investigación (verificables en el SAEW)	X	X	Se verifica Análisis y Análisis Integral
5	Cuadro de resumen con datos del director y colaborador(es) del proyecto completo	X	X	
6	Hoja de vida del director completa	X	X	
7	Hoja(s) de vida del (los) colaborador(es) completa(s)	X	X	
8	Número de colaboradores acorde a los normativos según tipo de proyecto		X	2 Colaboradores
#	Anexo 2. Detalle de la propuesta del proyecto			
9	Nombre del (los) departamento(s)	X	X	
10	Línea(s) de investigación (verificables en el SAEW)	X	X	
11	Sección 1. proyecto de investigación completa	X	X	
12	Sección 2. objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación completa	X	X	
13	Sección 3. relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación completa	X	X	
14	Sección 4. productos esperados	X	X	
15	Selección de publicación científica (obligatorio)	X	X	
16	Selección de al menos 1 de los otros 6 productos esperados	X	X	
17	Sección 5. descripción y metodología y diseño del proyecto con una extensión máxima de 2 carillas	X	X	
18	Sección 6.1. Tiempo máximo de dedicación semestral del director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores acorde a los normativos según tipo de proyecto	X	X	
19	Sección 6.2. Infraestructura y equipos requeridos para el proyecto completa		X	No requiere equipos
20	Sección 6.3. Breve justificación de los equipos e infraestructura completa		X	N/A
21	Sección 7. Declaración del Director del proyecto completa y firmado	X	X	
22	Declaración del Jefe de Departamento completa y firmada		X	
#	Anexo 3. Cronograma			
23	Cronograma acorde al tipo de proyecto completo y firmado	X	X	

Anexo 4. Presupuesto					
#	Monto total del presupuesto igual o inferior al monto máximo permitido según tipo de proyecto		X		
24	Constatación de las 6 partidas presupuestarias establecidas			X	
25	Desglose del tipo de contrataciones requeridas			X	No requiere contrataciones
26	Desglose de los items requeridos en la partida maquinaria y equipo con 1 proforma de respaldo/item			X	No requiere equipos
27	Desglose de los items requeridos en la partida reactivos y materiales de laboratorio con 1 proforma de respaldo/item			X	" " reactivos
28	Desglose de los items requeridos en la partida literatura especializada de laboratorio con 1 proforma de respaldo/item		X		Proformas de amazon
29	Proformas a nombre de la Escuela Politécnica Nacional			X	Proformas de amazon sin nombres
30	Subtotal de la partida presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones		X		
31	igual o menor al monto máximo establecido según tipo de proyecto		X		
32	Presupuesto completo y firmado		X		

Precios literatura especializada (Consulta realizada en Amazon.com)

1. Linear and Nonlinear Functional Analysis with Applications - Philippe G. Ciarlet (\$80.80)

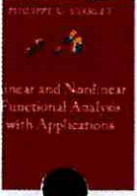
amazon.com: Buying Che... x

https://www.amazon.com/gp/offer-listing/1611972582/ref=sr_1_1_twi_har_1_olp?ie=UTF8&qid=1468631706&sr=8-1&keywords=Linear+and+Nonlinear

Imported From Fire... Bookmarks Cambridge American Google Translate Open Dictionary from Diccionario de la leng Otros marc

Go to product information Have one to sell? Every purchase on Amazon.com is protected by an A-to-z guarantee Feedback on this page? Tell us what you think


Linear and Nonlinear Functional Analysis with Applications (Hardcover)
by Philippe G. Ciarlet
★★★★★ 4 customer reviews Share [Email] [Facebook] [Twitter]
Access codes and supplements are not guaranteed with used items.



Price + Shipping

- \$76.79** + \$3.99 shipping
- \$78.63** + \$3.99 shipping
- \$80.80** + \$3.99 shipping

Condition (Learn more)

- Used - Like New**
Please see pictures. This book is not used, has 4 dots on the edge... » Read more

- Used - Like New**
Unread copy in perfect condition.
- New**
Brand New, Perfect Condition.


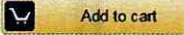
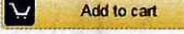
Delivery

- Arrives between July 22 - Aug. 8.
- Want it delivered Wednesday, July 27? Choose **Expedited Shipping** at checkout.
- Domestic shipping rates and return policy.
- Arrives between July 22 - Aug. 8.
- Ships from IL, United States.
- Domestic shipping rates and return policy.
- Arrives between July 22 - Aug. 8.
- Ships from IL, United States.
- Domestic shipping rates and return policy.

Seller Information

- Flotig2**
★★★★★ 90% positive over the past 12 months. (177 total ratings)
- SuperBookDeals-**
★★★★★ 90% positive over the past 12 months. (321,041 total ratings)
- SuperBookDeals-**
★★★★★ 90% positive over the past 12 months. (321,041 total ratings)

Buying Options

-  Add to cart
or
Sign in to turn on 1-Click ordering.
-  Add to cart
or
Sign in to turn on 1-Click ordering.
-  Add to cart
or
Sign in to turn on 1-Click ordering.

by Clear all
ing
Prime
ee shipping
ition
w
ed
Like New
Very Good
Good
Acceptable

2. An Introduction to the Mathematical Theory of the Navier-Stokes Equations: Steady-State Problems - Giovanni P. Galdi (\$103.30)

amazon.com: Buying Ch... x PAU

https://www.amazon.com/gp/offer-listing/0387096191/ref=sr_1_1_tw_i_har_1_olp?ie=UTF8&qid=1468632212&sr=8-1&keywords=An+Introduction+to+1... ☆ ?

Imported From Fire... ★ Bookmarks Cambridge American Google Translate Open Dictionary from Diccionario de la leng... Otros man...

Advanced Search New Releases Best Sellers The New York Times Best Sellers Children's Books Textbooks Textbook Rentals Sell Us Your Books Best Books of the Month Deals in Books

EAST DANE
FREE EXPRESS SHIPPING WORLDWIDE



LIGHTEN UP. IT'S SUMMER. New styles just in **SHOP NOW**

Ad feeb...
Have one to sell? Every purchase on Amazon.com is protected by an A-to-z guarantee. Feedback on this page? Tell us what you think

An Introduction to the Mathematical Theory of the Navier-Stokes Equations: Steady-State Problems (Springer Monographs Mathematics) (Hardcover)

by Giovanni P. Galdi
Be the first to review this item Share   
Access codes and supplements are not guaranteed with used items.

<p>by Clear all</p> <p>ing Prime</p> <p>ee shipping</p> <p>dition</p> <p>ew</p> <p>ied</p> <p>Like New</p> <p>Very Good</p> <p>Good</p> <p>Acceptable</p>	<p>Price + Shipping</p> <p>\$79.20 + \$3.99 shipping</p> <p>\$103.30  & FREE Shipping on eligible orders. Details</p>	<p>Condition (Learn more)</p> <p>Used - Very Good</p> <p>1994 edition. Sunned spine and top edge foxed. Inscription to inne... » Read more</p> <p>New</p>	<p>Delivery</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arrives between August 11-24. • Ships from United Kingdom. Learn more about import fees and international shipping time. • International & domestic shipping rates and return policy. <p>Want it delivered Monday, July 18? Order it in the next 15 hours and 51 minutes, and choose One-Day Shipping at checkout. See details</p> <ul style="list-style-type: none"> • Domestic shipping rates and return policy. 	<p>Seller Information</p> <p>Haybooks ★★★★★ 96% positive over the past 12 months. (136 total ratings)</p> <p>amazon.com.</p>	<p>Buying Options</p> <p> Add to cart</p> <p>or</p> <p>Sign in to turn on 1-Click ordering.</p> <p> Add to cart</p> <p>or</p> <p>Sign in to turn on 1-Click ordering.</p>
--	---	--	---	---	--

3. Navier-Stokes Equations and Nonlinear Functional Analysis - Roger Temam (\$22.19)

amazon.com: Buying Ch... x

https://www.amazon.com/gp/offer-listing/0898713404/ref=sr_1_1_twi_pap_1_olp?ie=UTF8&qid=1468632394&sr=8-1&keywords=Navier-Stokes+Equati...

Imported From Firefox | Bookmarks | Cambridge American | Google Translate | Open Dictionary from | Diccionario de la leng... | Otros marc...

amazon **Navier-Stokes Equations and Nonlinear Functional Analysis - Roger Temam** style code LIVE WATCH LIVE NOW


Departments - Your Amazon.com Today's Deals Gift Cards & Registry Sell Help Hello Sign in Your Account - Try Prime - Lists - Cart

Books Advanced Search New Releases Best Sellers The New York Times Best Sellers Children's Books Textbooks Textbook Rentals Sell Us Your Books Best Books of the Month Deals in Books

EAST DANE FREE EXPRESS SHIPPING WORLDWIDE **NEW SNEAKERS** Right this way SHOP NOW


Ad feedback

Learn more about product information Have one to sell? Every purchase on Amazon.com is protected by an **A-to-z guarantee**. Feedback on this page? [Tell us what you think](#)

 **Navier-Stokes Equations and Nonlinear Functional Analysis (CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics) (Paperback)**
by Roger Temam

Be the first to review this item [Share](#) [Email](#) [Facebook](#) [Twitter](#)

Access codes and supplements are not guaranteed with used items.

Price + Shipping	Condition (Learn more)	Delivery	Seller Information	Buying Options
\$22.19 + \$3.99 shipping	New *SAVE 10% @ checkout until Monday, July 18* (sale item) 2nd editi... » Read more	<ul style="list-style-type: none">• Arrives between July 22 - Aug. 8• Want it delivered Wednesday, July 27? Choose Expedited Shipping at checkout.• International & domestic shipping rates and return policy. 10% off. Discount taken at checkout.	zubal-book ★★★★★ 97% positive over the past 12 months. (46,790 total ratings)	 Add to cart or Sign in to turn on 1-Click ordering

by [Clear all](#)

ing
be shipping

ition
w
.ed
Like New
Very Good

4. Navier-Stokes Equations: Theory and Numerical Analysis - Roger Temam (\$61.00)

amazon.com: Buying Ch... X Pay

https://www.amazon.com/gp/offer-listing/0821827375/ref=sr_1_1_twi_har_1_olp?ie=UTF8&qid=1468632551&sr=8-1&keywords=Navier-Stokes+Equations

Imported From Firefox | Bookmarks | Cambridge American | Google Translate | Open Dictionary from | Diccionario de la lengua | Otros mar

Advanced Search | New Releases | Best Sellers | The New York Times Best Sellers | Children's Books | Textbooks | Textbook Rentals | Sell Us Your Books | Best Books of the Month | Deals in Books

EAST DANE
FREE EXPRESS SHIPPING WORLDWIDE

NEW SNEAKERS Right this way **SHOP NOW**

Ad feedback


Go to product information | Have one to sell? | Every purchase on Amazon.com is protected by an A-to-z guarantee. | Feedback on this page? Tell us what you think

LOOK INSIDE

Navier-Stokes Equations: Theory and Numerical Analysis (AMS Chelsea Publishing) (Hardcover)

by Roger Temam

Be the first to review this item | Share



by Clear all

Shipping
Prime
Free shipping

Condition
New
Like New
Very Good
Good
Acceptable

Price + Shipping

\$61.20 Prime
& FREE Shipping on eligible orders. [Details](#)

\$61.00
+ \$3.99 shipping

Condition (Learn more)

Used - Very Good
Fast shipping from Amazon! Qualifies for Prime Shipping and FREE ... » [Read more](#)

New
Brand new. We distribute directly for the publisher. This book wa... » [Read more](#)

Delivery

FULFILLMENT BY AMAZON

- Want it delivered Monday, July 18? Order it in the next 15 hours and 45 minutes, and choose **One-Day Shipping** at checkout. [See details](#)
- Domestic shipping rates and return policy.

Arrives between July 22 - Aug. 8.

- Ships from MD, United States.
- International & domestic shipping rates and return policy.

Seller Information

RentU
★★★★★ 91% positive over the past 12 months. (133,466 total ratings)

sequiturbooks
★★★★★ 97% positive over the past 12 months. (11,485 total ratings)

Buying Options

Add to cart
or
Sign in to turn on 1-Click ordering

Add to cart
or
Sign in to turn on 1-Click ordering

5. The Mathematical Theory of Viscous Incompressible Flow - O. A. Ladyzhenskaya (\$12.95)

amazon.com: Buying Che... X

https://www.amazon.com/gp/offer-listing/1614276714/ref=sr_1_1_twi_pap_1_olp?ie=UTF8&qid=1468632714&sr=8-1&keywords=The+Mathematical+T...

Imported From Firefox Bookmarks Cambridge American Google Translate Open Dictionary from Diccionario de la len...

amazon **Prime**

All The Mathematical Theory of Viscous Incompressible Flow - O. A. Ladyzhenskaya

style code LIVE WATCH LIVE NOW


partments Your Amazon.com Today's Deals Gift Cards & Registry Sell Help Hello Sign in Your Account Try Prime Lists Cart

Advanced Search New Releases Best Sellers The New York Times Best Sellers Children's Books Textbooks Textbook Rentals Sell Us Your Books Best Books of the Month Deals in Books

EAST DANE FREE EXPRESS SHIPPING WORLDWIDE **NEW SNEAKERS** Right this way **SHOP NOW**

Ad feedback

Go to product information Have one to sell? Every purchase on Amazon.com is protected by an A-to-z guarantee Feedback on this page? Tell us what you think

 **The Mathematical Theory of Viscous Incompressible Flow (Paperback)**
by O. A. Ladyzhenskaia (Author) et al.
★★★★☆ 1 customer review Share

by Clear all

ing Prime

se shipping

ition

W

Price + Shipping
\$12.95 Prime & FREE Shipping on eligible orders. [Details](#)

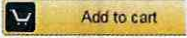
Condition (Learn more)
New

Delivery

- Want it delivered Sunday, July 17? Order it in the next 3 hours and 21 minutes, and choose **Two-Day Shipping** at checkout. [See details](#)
- Domestic shipping rates and return policy.

Seller Information
amazon.com.

Buying Options

 Add to cart
or
Sign in to turn on 1-Click ordering.

6. Finite Element Approximation of the Navier-Stokes Equations - V. Girault and P. Raviart (\$51.48)

amazon.com: Buying Che... x

https://www.amazon.com/gp/offer-listing/3540095578/ref=sr_1_fkmr0_1_olp?ie=UTF8&qid=1468633166&sr=8-1-fkmr0&keywords=Finite+Element+Ap...

Imported From Firefo... Bookmarks Cambridge American... Google Translate Open Dictionary from... Diccionario de la leng... Otros man...

amazon **Try Prime**

All Finite Element Approximation of the Navier-Stokes Equations - V. Girault and P. Raviart

stylecode **LIVE** WATCH LIVE NOW

partments - Your Amazon.com Today's Deals Gift Cards & Registry Sell Help

Hello Sign in Your Account Try Prime Lists Cart

Books Advanced Search New Releases Best Sellers The New York Times Best Sellers Children's Books Textbooks Textbook Rentals Sell Us Your Books Best Books of the Month Deals in Books

SHOPBOP STYLE. IT'S IN THE BAG. SHOP NOW

Ad feeb...

Product information Have one to sell? Every purchase on Amazon.com is protected by an A-to-z guarantee. Feedback on this page? Tell us what you think

Finite Element Approximation of the Navier-Stokes Equations (Lecture Notes in Mathematics) (Paperback)
by Pierre-Arnaud Raviart, Vivette Girault

Be the first to review this item Share

Access codes and supplements are not guaranteed with used items.

by Clear all

ing **Prime**

ee shipping

ition

Price + Shipping **\$51.48**
+ \$3.99 shipping

Condition (Learn more) **New**
BRAND NEW. International Shipping available.

Delivery

- Arrives between July 22 - Aug. 8.
- Ships from NJ, United States.
- International & domestic shipping rates and return policy.

Seller Information **affordable2016**
★★★★★ 92% positive
over the past 12 months.
(37,526 total ratings)

Buying Options **Add to cart**
or
Sign in to turn on 1-Click ordering.

7. Inequalities in Mechanics & Physics - G. Duvaut and J. L. Lions (\$95.51)

amazon.com: Buying Cho x País

https://www.amazon.com/gp/offer-listing/364266167X/ref=sr_1_1_twi_pap_2_olp?ie=UTF8&qid=1468633227&sr=8-1&keywords=Inequalities+in+Mechanics

Imported From Firefox | Bookmarks | Cambridge American | Google Translate | Open Dictionary from | Diccionario de la lengua | Otros ma

amazon style code LIVE WATCH LIVE NO

partments | Your Amazon.com | Today's Deals | Gift Cards & Registry | Sell | Help Hello, Sign in Your Account | Try Prime | Lists | Cart

Books | Advanced Search | New Releases | Best Sellers | The New York Times Best Sellers | Children's Books | Textbooks | Textbook Rentals | Sell Us Your Books | Best Books of the Month | Deals in Books



Learn more about product information | Have one to sell? | Every purchase on Amazon.com is protected by an A-to-z guarantee. | Feedback on this page? Tell us what you think

LOOK INSIDE! **Inequalities in Mechanics and Physics (Grundlehren der mathematischen Wissenschaften) (Paperback)**
 by G. Duvaut, J.-L. Lions

Be the first to review this item | Share | Access codes and supplements are not guaranteed with used items.

	<p>\$95.51 + \$3.99 shipping</p>	<p>New BRAND NEW. International Shipping available.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Arrives between July 22 - Aug. 8. • Ships from NJ, United States. • International & domestic shipping rates and return policy. 	<p>affordable2015 ★★★★★ 92% positive over the past 12 months. (37,526 total ratings)</p>	<p>Add to cart or Sign in to turn on 1-Click ordering.</p>
	<p>\$95.56 + \$3.99 shipping</p>	<p>New BRAND NEW</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Arrives between July 22 - Aug. 8. • Ships from NJ, United States. • Domestic shipping rates and return policy. 	<p>allnewbooks ★★★★★ 91% positive over the past 12 months. (237,655 total ratings)</p>	<p>Add to cart or Sign in to turn on 1-Click ordering.</p>
	<p>\$95.65 + \$3.99 shipping</p>	<p>New Delivery is usually 5 - 8 working days from order. Please check P... » Read more</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Arrives between July 22 - Aug. 8. • International & domestic shipping rates and return policy. 	<p>Book Depository US ★★★★★ 95% positive over the past 12 months. (743,563 total ratings)</p>	<p>Add to cart or Sign in to turn on 1-Click ordering.</p>

8. An Introduction to Semilinear Evolution Equations - Thierry Cazenave (\$144.22)

amazon.com: Buying Che... X

https://www.amazon.com/gp/offer-listing/019850277X/ref=sr_1_1_twi_har_1_olp?ie=UTF8&qid=1468633415&sr=8-1&keywords=An+Introduction+to+...

Imported From Firefox Bookmarks Cambridge American Google Translate Open Dictionary from Diccionario de la leng...

amazon All An Introduction to Semilinear Evolution Equations - Thierry Cazenave

style code LIVE WATCH LIVE NOW

partments Your Amazon.com Today's Deals Gift Cards & Registry Sell Help Hello Sign in Your Account Try Prime Lists Cart

Advanced Search New Releases Best Sellers The New York Times Best Sellers Children's Books Textbooks Textbook Rentals Sell Us Your Books Best Books of the Month Deals in Books

Celebrate with Amazon Gift Cards Shop now

Ad feedback

Go to product information Have one to sell? Every purchase on Amazon.com is protected by an A-to-z guarantee Feedback on this page? Tell us what you think

An Introduction to Semilinear Evolution Equations (Oxford Lecture Series in Mathematics and Its Applications) (Hardcover)
by Thierry Cazenave

Be the first to review this item Share [Email] [Facebook] [Twitter]

Access codes and supplements are not guaranteed with used items.

<p>\$144.22 + \$3.99 shipping</p>	<p>New Shiny and new! Expect delivery in 2-3 weeks.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Arrives between August 11-24. Ships from United Kingdom. Learn more about import fees and international shipping time. International & domestic shipping rates and return policy. 	<p>_nearfine_ ★★★★★ 98% positive over the past 12 months. (44,530 total ratings)</p>	<p>Add to cart</p> <p>or</p> <p>Sign in to turn on 1-Click ordering.</p>
<p>\$144.23 + \$3.99 shipping</p>	<p>New Customer oriented seller. Shipped promptly and packaged carefully... » Read more</p>	<ul style="list-style-type: none"> Arrives between July 22 - Aug. 8. Ships from OR, United States. International & domestic shipping rates and return policy. 	<p>the_book_community ★★★★★ 95% positive over the past 12 months. (57,503 total ratings)</p>	<p>Add to cart</p> <p>or</p> <p>Sign in to turn on 1-Click ordering.</p>
<p>\$144.28 + \$3.99 shipping</p>	<p>New Quick dispatch from UK.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Arrives between August 10-26. Ships from Hong Kong. Learn more about import fees and international shipping time. International & domestic shipping rates and return policy. 	<p>Vita books ★★★★★ 96% positive over the past 12 months. (189 total ratings)</p>	<p>Add to cart</p> <p>or</p> <p>Sign in to turn on 1-Click ordering.</p>
<p>\$144.30 + \$3.99 shipping</p>	<p>New BRAND NEW. International Shipping available.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Arrives between July 22 - Aug. 8. Ships from NJ, United States. International & domestic shipping rates and return policy. 	<p>affordable2015 ★★★★★ 92% positive over the past 12 months. (37,526 total ratings)</p>	<p>Add to cart</p> <p>or</p> <p>Sign in to turn on 1-Click ordering.</p>