

**Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS
A.M. Prokhorov Institute of General Physics of RAS
University of Montenegro
Forum of University Professors and Researches of Montenegro
Scientific Journal "Mathematica Montisnigri"**

XV International Seminar

**MATHEMATICAL MODELS & MODELING IN
LASER PLASMA PROCESSES & ADVANCED SCIENCE
TECHNOLOGIES**

PROGRAM and ABSTRACTS

LPpM3.ru

September 26 — October 1, 2016

Petrovac, Montenegro

***Computer processing of the press Olga Koroleva, Moscow, Russia.
Press: "AP PRINT", Podgorica, Montenegro***

SCIENTIFIC COMMITTEE



Chairman - Prof. Dr. sc. Nat. Vladimir I. Mazhukin (Russia)

Председатель - проф., д.ф.-м.н. Владимир Иванович Мажукин (Россия)



Vice-Chairman - Prof. Dr. sc. Nat. Serge V. Garnov (Russia)

Вице-председатель - проф., д.ф.-м.н. Сергей Владимирович Гарнов (Россия)



Vice-Chairman - Prof. Dr. sc. Nat. Zarko Pavičević (Montenegro)

Вице-председатель - проф., д.ф.-м.н. Жарко Павичевич (Черногория)



Academician of RAS Prof. Dr. sc. Nat. Yuri I. Zhuravlev (Russia)

Академик РАН проф., д.ф.-м.н. Юрий Иванович Журавлев



Academician of RAS, Prof. Dr. sc. Nat. Boris N. Chetverushkin (Russia)

Академик РАН проф., д.ф.-м.н. Борис Николаевич Четверушкин



Corresponding Member of RAS, Prof. Dr. sc. Nat. Vitaly I. Konov (Russia)

Член-корреспондент РАН проф., д.ф.-м.н. Виталий Иванович Конов



Prof. Dr. sc. Nat. Boris N. Chichkov (Germany)

Проф., д.ф.-м.н. Борис Николаевич Чичков (Германия)



Prof. Dr. sc. Nat. Hranislav Milosevic (Serbia)

Проф., д.ф.-м.н. Хранислав Милошевич (Сербия)

Organizing Committee
Организационный комитет

Chairman - Prof. Dr. sc. Nat. Zarko Pavičević
(Montenegro)

Koroleva O.N. (Russia) – Keldysh Institute of
Applied Mathematics of RAS

Zdravko Vukcevic (Montenegro)

Mazhukin A.V. (Russia) – Keldysh Institute
of Applied Mathematics of RAS

Dejana Popovic (Montenegro)

Shapranov A.V. (Russia) – Keldysh Institute
of Applied Mathematics of RAS

Tamara Pavicevic (Montenegro)

Nikola Konatar (Montenegro)

Председатель - проф., д.ф.-м.н.

Жарко Павичевич (Черногория)

Королева О.Н. (Россия) – ИПМ им. М.В.
Келдыша РАН

Здравко Вукчевич (Черногория)

Мажукин А.В. (Россия) – ИПМ им. М.В.
Келдыша РАН

Дзяна Попович (Черногория)

Шапранов А.В. (Россия) – ИПМ им. М.В.
Келдыша РАН

Тамара Павичевич (Черногория)

Никола Канатар (Черногория)

CONTENTS

PROGRAM.....	9
ABSTRACTS.....	23
PLENARY PRESENTATIONS ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ	
A.A. Samokhin, S.I. Kudryashov, A.E. Zubko, A.V. Sidorin. Modelling of nanosecond laser ablation. Continual approach.....	24
V.I. Mazhukin, A.V.Shapranov, M.M.Demin. Features of ns pulse ablation of Al in the conditions of occurrence of laser plasma in the evaporated material and the surrounding gas.....	25
M.P. Galanin, V.V. Lukin, A.S. Rodin. Integrated software platform TEMETOS for computational experiment maintenance: architecture and tasks.....	27
O.G. Tsarkova, V.B. Tsvetkov, A.A. Rukhadze. Definition of unknown properties of material and parameters of the torch at the laser ablation of CSCM.....	29
Z.A. Chekantseva. The French Revolution of the XVIII century as a future event: between scientific discourse and memory's mirrors.....	31
A.A. Samokhin. Scientific community in modern Russian society.....	32
INVITE PRESENTATIONS ПРИГЛАШЕННЫЕ ДОКЛАДЫ	
I.F. Potapenko, S.A. Karpov. Deterministic approach to modelling of a weakly collision laser plasma.....	33
A.G. Kaptilniy, A.A. Karabutov. Nanoparticles generation and surface nanostructure during laser-induced ablation of irradiated matter in condensed substance.....	34
K.V. Khishchenko. Equation of state and phase transformations of carbon under intense pulsed influences.....	35
N.N. Smirnov, V.F. Nikitin, M.V. Mikhailiuk, P.Yu. Timokhin. Modeling and visualisation of unstable displacement of oil from porous medium.....	36
V.I. Mazhukin, A.V.Shapranov, M.M.Demin. Atomistic modeling of phase explosion in the metal near the threshold intensity of nanosecond laser pulse.....	37
B.I. Denker, E.M. Dianov, O.N. Egorova, B. I. Galagan, S.L. Semjonov, S. E. Sverchkov. Active composite fibers with phosphate core and silica cladding.....	39
I.F. Turkanov. On a nontrivial zeros of the Riemann zeta function.....	40
ORAL PRESENTATIONS УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ	
Žarko Pavićević. The converse assertion to Theorem Khinchin-Ostrovsky on convergence of boundary value of the sequence of continuously differentiable functions.....	41
Romeo Meštrović, Žarko Pavićević. Algebraic properties of some F -algebras of holomorphic functions.....	42
Kovijanic Vukicevic Žana. Graph Theory in Mathematical Modeling of Chemical Phenomena.....	43
O.N. Koroleva, A.V. Mazhukin, P.V. Breslavskiy. Determination of thermophysical properties of silicon electronic component.....	44

A.V. Mazhukin, O.N. Koroleva. Atomistic simulation of silicon phonon subsystem properties.....	46
A.V. Shapranov, V.I. Mazhukin. Heterogeneous melting/crystallization of metals.....	48
A.V. Berezin, Y.A. Volkov, M.B. Markov, I.A. Tarakanov. Radiative conductivity and electric field in PiN diode	50
M.E. Zhukovskiy, V. A. Egorova. The handling of results of the radiation transport statistical modeling by use of the neural networks.....	51
V.O. Podryga, S.V. Polyakov. Multiscale modeling of nonlinear processes of passing the fluid through a core.....	52
S.G. Moiseenko, G.S.Bisnovaty-Kogan, N.V.Ardelyan. MagnetoRotational mechanism of core-collapsed supernova explosion.....	53
V.V. Tyurenkova, V.B. Betelin, V.F. Nikitin, N.N. Smirnov, B.P. Rybakin, L.I. Stamov. Modeling of space vehicle protection from high frequency electromagnetic radiation.....	54
A.Pozanenko, E. Mazaeva, A. Volnova, L. Elenin, and etc. GRB afterglow observations by International Scientific Optical Network (ISON).....	55
M.E. Zhukovskiy, S.V. Podoliako, R.V. Uskov, M.B. Markov. Constant support for statistical modeling of radiation transport.....	56
K.K. Inozemtseva, A.E. Lutsky, M.B. Markov. The high-current electron beam propagation in exited gas.....	57
M.E. Zhukovskiy, M.B. Markov, S.V. Podoliako, R.V. Uskov, E.D. Kazakov. Modelling the exposure of bremsstrahlung generated by the CALAMARY electron accelerator in pinhole camera.....	58
Djordjije Vujadinović. Spectral estimates of Cauchy's operator on Bergman space of harmonic functions.....	59
David Kalaj. Schwarz lemma for harmonic mappings.....	59
M.M. Krasnov, P.A. Kuchugov, M.E. Ladonkina, V.F. Tishkin. Application of Discontinuous Galerkin Method for modeling of three-dimensional problems of flow past solid bodies.....	60
L.S. Novikov, L.A. Galanina, N.P. Chirskaia. Simulation of radiation effects from laser-plasma sources in microelectronic components.....	62
L.I. Ivleva. Crystallization and shaping processes of oxide crystals.....	63
N.S. Kozlova, O.A.Buzanov, V.M. Kasimova, A.P. Kozlova, E.V. Zabelina, D.A. Spasskiy. Scintillation Ce-doped $Gd_3Al_2Ga_3O_{12}$ crystals and its optical properties.....	65
A.V. Berezin, F.N. Voronin, V.A. Gasilov, M.B. Markov, M.E. Zhukovskiy. High-energy electrons beam interactions with solid-state barrier.....	66
L.V. Klochkova, V.F. Tishkin. Mathematical modeling of the spread of viral infections drip-by air.....	67
M.A. Galchenkova, A.S. Demidov, A.S. Kochurov. A flat approximation of inverse MEG-problems.....	68
P.V. Gliznutcina, M.P. Galanin, V.V. Lukin, A.S. Rodin. Lagrange multiplier method implementations for two-dimensional contact problems.....	69
B. Zekovich, V.A. Artamonov. Decomposition of tensor-products of irreducible modules over n -ary bialgebras.....	70
Jelena Dakić. Bifurcation theory in reaction diffusion systems.....	71

Sanja Jancic Rasovic. On the generalization of several classical theorems related to ring theory.	71
Jela Šušić. On an approach of defining δ^2 with applications.....	72
A.S. Boldarev. Generalized programming in development of the codes for the continuous media models.....	73
G. Bagdasarov, O.G. Olhovskaia, P.V. Sosorov, S.V. Bulanov, S.S. Bulanov, I.V. Gasilova, V.V. Gasilov. MHD simulation of various cross-section capillary discharges.....	74
M.V. Mikhailiuk, M.A. Torgashev. Methods of construction and calculation of complex functional robot control schemes.....	75
A.V. Maltcev, M.A. Torgashev. Modeling and visualization on GPU with jets of water and foam in the virtual scene.....	76

PROGRAM

Saturday, September 24	
11.00-20.00	Registration, Check-in at Hotel
Sunday, September 25	
10.00-17.00	Registration, Check-in at Hotel
19.00	WELCOME PARTY

Monday, September 26	
$10^{00}-10^{30}$	<p style="text-align: center;">Opening ceremony</p> <p style="text-align: center;">Prof. Dr. sc. Nat. V.I. Mazhukin, Chairman</p> <p style="text-align: center;">XV Seminar. The goals and objectives of the Seminar <i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Photo for memory</i></p>
$10^{40}-11^{20}$	<p style="text-align: center;">Plenary Presentation</p> <p style="text-align: center;">A.A. Samokhin¹, S.I. Kudryashov², A.E. Zubko¹, A.V. Sidorin¹</p> <p style="text-align: center;">Modelling of nanosecond laser ablation. Continual approach</p> <p>¹<i>Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia</i> ²<i>P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia</i></p>
$11^{20}-12^{00}$	<p style="text-align: center;">Plenary Presentation</p> <p style="text-align: center;">V.I. Mazhukin, A.V. Shapranov, M.M. Demin</p> <p style="text-align: center;">Features of ns pulse ablation of Al in the conditions of occurrence of laser plasma in the evaporated material and the surrounding gas</p> <p style="text-align: center;"><i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>
$12^{00}-12^{20}$	<i>Coffee break</i>
$12^{20}-13^{00}$	<p style="text-align: center;">Plenary Presentation</p> <p style="text-align: center;">M.P. Galanin, V.V. Lukin, A.S. Rodin</p> <p style="text-align: center;">Integrated software platform TEMETOS for computational experiment maintenance: architecture and tasks</p> <p style="text-align: center;"><i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>
$13^{00}-14^{00}$	<i>Lunch time</i>
$14^{00}-14^{40}$	<p style="text-align: center;">Plenary Presentation</p> <p style="text-align: center;">O.G. Tsarkova, V.B. Tsvetkov, A.A. Rukhadze</p> <p style="text-align: center;">Definition of unknown properties of material and parameters of the torch at the laser ablation of CSCM</p> <p style="text-align: center;"><i>A.M. Prokhorov General Physics Institute of RAS, Moscow, Russia</i></p>

<p>14⁴⁰-15¹⁰</p>	<p>Invite Presentation I.F. Potapenko^{1,2}, S.A. Karpov² Deterministic approach to modelling of a weakly collision laser plasma ¹<i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i> ²<i>Dukhov Research Institute of Automatics (VNIIA), Rosatom, Moscow, Russia</i></p>
<p>15¹⁰-15⁴⁰</p>	<p>Invite Presentation A.G. Kaptilny¹, A.A. Karabutov² Nanoparticles generation and surface nanostructure during laser-induced ablation of irradiated matter in condensed substance ¹<i>Joint Institute for High Temperatures of RAS, Moscow, Russia</i> ²<i>International Laser Center of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia</i></p>
<p>15⁴⁰-16¹⁰</p>	<p>Invite Presentation K.V. Khishchenko Equation of state and phase transformations of carbon under intense pulsed influences <i>Joint Institute for High Temperatures of RAS, Moscow, Russia</i></p>
<p>16¹⁰-16⁴⁰</p>	<p><i>Coffee break</i></p>
<p>17⁰⁰-17³⁰</p>	<p>Invite Presentation N.N. Smirnov, V.F. Nikitin, M.V. Mikhailiuk, P.Yu. Timokhin Modeling and visualisation of unstable displacement of oil from porous medium <i>FSC Scientific Research Institute for System Studies of RAS, Moscow, Russia</i></p>

Tuesday, September 27	
$10^{00}-10^{30}$	<p style="text-align: center;">Invite Presentation V.I. Mazhukin, A.V.Shapranov, M.M.Demin</p> <p style="text-align: center;">Atomistic modeling of phase explosion in the metal near the threshold intensity of nanosecond laser pulse</p> <p style="text-align: center;"><i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>
$10^{30}-11^{00}$	<p style="text-align: center;">Invite Presentation B.I. Denker¹, E.M. Dianov², O.N. Egorova², B. I. Galagan¹, S.L. Semjonov², S. E. Sverchkov¹</p> <p style="text-align: center;">Active composite fibers with phosphate core and silica cladding</p> <p style="text-align: center;">¹<i>A.M. Prokhorov General Physics Institute of RAS, Moscow, Russia</i> ²<i>Fiber Optics Research Center of RAS, Moscow, Russia</i></p>
$11^{00}-11^{30}$	<p style="text-align: center;">Invite Presentation I.F. Turkanov</p> <p style="text-align: center;">On a nontrivial zeros of the Riemann zeta function</p> <p style="text-align: center;"><i>Institute of Cryptography, Telecommunications and Computer Science of Academy of the Federal Security Service of Russia, Moscow, Russia</i></p>
$11^{30}-12^{00}$	<i>Coffee break</i>
$12^{00}-12^{15}$	<p style="text-align: center;">Oral Presentation Žarko Pavićević</p> <p style="text-align: center;">The converse assertion to Theorem Khinchin-Ostrovsky on convergence of boundary value of the sequence of continuously differentiable functions</p> <p style="text-align: center;"><i>Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Montenegro, Podgorica, Montenegro National Research Nuclear University, MEPhI, Moscow, Russia</i></p>
$12^{15}-12^{30}$	<p style="text-align: center;">Oral Presentation Romeo Meštrović¹, Žarko Pavićević^{2,3},</p> <p style="text-align: center;">Algebraic properties of some F-algebras of holomorphic functions</p> <p style="text-align: center;">¹<i>Maritime Faculty, University of Montenegro, Kotor, Montenegro</i> ²<i>Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Montenegro, Podgorica, Montenegro</i> ³<i>National Research Nuclear University, MEPhI, Moscow, Russia</i></p>

12 ³⁰ -12 ⁴⁵	<p>Oral Presentation</p> <p>Kovijanic Vukicevic Žana</p> <p>Graph Theory in Mathematical Modeling of Chemical Phenomena <i>Faculty of Science, University of Montenegro, Podgorica, Montenegro</i></p>
12 ⁴⁵ -13 ⁰⁰	<p>Oral Presentation</p> <p>O.N. Koroleva, A.V. Mazhukin, P.V. Breslavskiy</p> <p>Determination of thermophysical properties of silicon electronic component <i>Keldysh Institute for Applied Mathematics of RAS Moscow, Russia</i></p>
13 ³⁰ -14 ⁰⁰	<i>Lunch time</i>
14 ⁰⁰ -14 ¹⁵	<p>Oral Presentation</p> <p>A.V. Mazhukin, O.N. Koroleva</p> <p>Atomistic simulation of silicon phonon subsystem properties <i>Keldysh Institute for Applied Mathematics of RAS Moscow, Russia</i></p>
14 ¹⁵ -14 ³⁰	<p>Oral Presentation</p> <p>A.V. Shapranov, V.I. Mazhukin</p> <p>Heterogeneous melting/crystallization of metals <i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>
14 ³⁰ -14 ⁴⁵	<p>Oral Presentation</p> <p>I.A. Tarakanov</p> <p>Radiative conductivity and electric field in PiN diode <i>Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS, Moscow, Russia</i></p>
14 ⁴⁵ -15 ⁰⁰	<p>Oral Presentation</p> <p>M.E. Zhukovskiy, V. A. Egorova</p> <p>The handling of results of the radiation transport statistical modeling by use of the neural networks <i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>
15 ⁰⁰ -15 ¹⁵	<p>Oral Presentation</p> <p>V.O. Podryga¹, S.V. Polyakov^{1,2}</p> <p>Multiscale modeling of nonlinear processes of passing the fluid through a core <i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>

15 ¹⁵ -15 ³⁰	<p style="text-align: center;">Oral Presentation S.A. Stumpf</p> <p style="text-align: center;">Imitational simulation of high-intensive laser beams in dielectric media with induced plasma</p> <p style="text-align: center;"><i>Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (ITMO), Saint Petersburg, Russia</i></p>
15 ³⁰ -16 ⁰⁰	<i>Coffee break</i>
16 ⁰⁰ -16 ⁴⁰	<p style="text-align: center;">Plenary Presentation Z.A. Chekantseva</p> <p style="text-align: center;">The French Revolution of the XVIII century as a future event: between scientific discourse and memory's mirrors</p> <p style="text-align: center;"><i>Institute of World History RAS Moscow, Russia</i></p>
16 ⁴⁰ -18 ⁰⁰	THEMATIC HEADING "HISTORICAL RESEARCHES" ROUND-TABLE DISCUSSION

Wednesday, September 28	
8⁰⁰-20⁰⁰	SOCIAL PROGRAM

Thursday, September 29	
RUSSIAN SPACE	
$10^{00}-10^{15}$	<p>Oral Presentation</p> <p>S.G. Moiseenko¹, G.S.Bisnovatyι-Kogan^{1,2}, N.V.Ardelyan³</p> <p>MagnetoRotational mechanism of core-collapsed supernova explosion</p> <p>¹<i>Space Research Institute of RAS, Moscow, Russia</i> ²<i>National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia</i> ³<i>Moscow State University, Moscow, Russia</i></p>
$10^{15}-10^{30}$	<p>Oral Presentation</p> <p>V.V. Tyurenkova, V.B. Betelin, V.F. Nikitin, N.N. Smirnov, B.P. Rybakin, L.I. Stamov</p> <p>Modeling of space vehicle protection from high frequency electromagnetic radiation</p> <p><i>FSC Scientific Research Institute for System Studies of RAS, Moscow, Russia</i></p>
$10^{30}-10^{45}$	<p>Oral Presentation</p> <p>A.Pozanenko¹, E. Mazaeva¹, A. Volnova¹, L. Elenin², and etc.</p> <p>GRB afterglow observations by International Scientific Optical Network (ISON)</p> <p>¹<i>Space Research Institute of RAS, Moscow, Russia</i> ²<i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>
$10^{45}-11^{00}$	<p>Oral Presentation</p> <p>M.E. Zhukovskiy, S.V. Podoliako, R.V. Uskov, M.B. Markov</p> <p>Constant support for statistical modeling of radiation transport</p> <p><i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>
$11^{00}-11^{15}$	<p>Oral Presentation</p> <p>K.K. Inozemtseva, A.E. Lutsky, M.B. Markov</p> <p>The high-current electron beam propagation in exited gas</p> <p><i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>

<p>11¹³-11³⁰</p>	<p>Oral Presentation M.E. Zhukovskiy¹, M.B. Markov¹, S.V. Podoliako¹, R.V. Uskov¹, E.D. Kazakov² Modelling the exposure of bremsstrahlung generated by the CALAMARY electron accelerator in pinhole camera <i>¹Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia ²National Research Center “Kurchatov Institute”; Moscow, Russia</i></p>
<p>11³⁰-12⁰⁰</p>	<p><i>Coffee break</i></p>
<p>12⁰⁰-12¹⁵</p>	<p>Oral Presentation Djordjije Vujadinović Spectral estimates of Cauchy's operator on Bergman space of harmonic functions <i>Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Montenegro, Podgorica, Montenegro</i></p>
<p>12¹⁵-12³⁰</p>	<p>Oral Presentation David Kalaj Schwarz lemma for harmonic mappings <i>Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Montenegro, Podgorica, Montenegro</i></p>
<p>12³⁰-12⁴⁵</p>	<p>Oral Presentation M.M. Krasnov¹, P.A. Kuchugov¹, M.E. Ladonkina^{1,2}, V.F. Tishkin¹ Application of Discontinuous Galerkin Method for modeling of three-dimensional problems of flow past solid bodies <i>¹Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia ²Lavrentyev Institute of Hydrodynamics of SB RAS, Novosibirsk, Russia</i></p>
<p>12⁴⁵-13⁰⁰</p>	<p>Oral Presentation L.S. Novikov, L.A. Galanina, N.P. Chirskaia Simulation of radiation effects from laser-plasma sources in microelectronic components <i>Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics Lomonosov Moscow State University Moscow, Russia</i></p>
<p>13⁰⁰-14⁰⁰</p>	<p><i>Lunch time</i></p>

14 ⁰⁰ -14 ¹⁵	<p>Oral Presentation L.I. Ivleva</p> <p>Crystallization and shaping processes of oxide crystals <i>A.M. Prokhorov General Physics Institute of RAS, Moscow, Russia</i></p>
14 ¹⁵ -14 ³⁰	<p>Oral Presentation N.S. Kozlova¹, O.A.Buzanov², V.M. Kasimova¹, A.P. Kozlova¹, E.V. Zabelina¹, D.A. Spasskiy³</p> <p>Scintillation Ce-doped Gd₃Al₂Ga₃O₁₂ crystals and its optical properties ¹<i>National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russia;</i> ²<i>Company Fomos-Materials, Moscow, Russia;</i> ³<i>Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia</i></p>
14 ³⁰ -14 ⁴⁵	<p>Oral Presentation A.V. Berezin, F.N. Voronin, V.A. Gasilov, M.B. Markov, M.E. Zhukovskiy</p> <p>High-energy electrons beam interactions with solid-state barrier <i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>
14 ⁴⁵ -15 ⁰⁰	<p>Oral Presentation L.V. Klochkova, V.F. Tishkin</p> <p>Mathematical modeling of the spread of viral infections drip-by air <i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>
15 ⁰⁰ - 15 ¹⁵	<p>Oral Presentation M.A. Galchenkova^{1,3}, A.S. Demidov^{1,2}, A.S. Kochurov²</p> <p>A flat approximation of inverse MEG-problems ¹<i>Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia</i> ²<i>M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia</i> ³<i>Theoretical Department, DEPHAN, Skolkovo, Russia</i></p>
15 ¹⁵ -15 ³⁵	Coffee break
15 ³⁵ - 16 ¹⁵	<p>Plenary Presentation A.A. Samokhin</p> <p>Scientific community in modern Russian society <i>A.M. Prokhorov General Physics Institute of RAS, Moscow, Russia</i></p>
16 ¹⁵ -18 ⁰⁰	THEMATIC HEADING "SCIENCE LIFE" ROUND-TABLE DISCUSSION

Friday, September 30	
$10^{00}-10^{15}$	<p>Oral Presentation</p> <p>P.V. Gliznutcina, M.P. Galanin, V.V. Lukin, A.S. Rodin</p> <p>Lagrange multiplier method implementations for two-dimensional contact problems</p> <p><i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>
$10^{15}-10^{30}$	<p>Oral Presentation</p> <p>B. Zekovich, V.A. Artamonov</p> <p>Decomposition of tensor-products of irreducible modules over n-ary bialgebras</p> <p><i>Faculty of Natural Science, Department of Mathematics, University of Montenegro, Podgorica, Montenegro</i></p>
$10^{30}-10^{45}$	<p>Oral Presentation</p> <p>Jelena Dakić</p> <p>Bifurcation theory in reaction diffusion systems</p> <p><i>Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Montenegro, Podgorica, Montenegro</i></p>
$10^{45}-11^{00}$	<p>Oral Presentation</p> <p>Sanja Jancic Rasovic</p> <p>On the generalization of several classical theorems related to ring theory</p> <p><i>Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Montenegro, Podgorica, Montenegro</i></p>
$11^{00}-11^{15}$	<p>Oral Presentation</p> <p>Jela Šušić</p> <p>On an approach of defining δ^2 with applications</p> <p><i>Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Montenegro, Podgorica, Montenegro</i></p>
$11^{15}-11^{25}$	<p>Oral Presentation</p> <p>A.S. Boldarev</p> <p>Generalized programming in development of the codes for the continuous media models</p> <p><i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i></p>

11 ²⁵ -11 ³⁵	<p style="text-align: center;">Oral Presentation</p> <p style="text-align: center;">G. Bagdasarov¹, O.G. Olhovskaia¹, P.V. Sosorov¹, S.V. Bulanov², S.S. Bulanov³, I.V. Gasilova¹, V.V. Gasilov¹</p> <p style="text-align: center;">MHD simulation of various cross-section capillary discharges</p> <p style="text-align: center;">¹<i>Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia</i> ²<i>Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, USA</i> ³<i>National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST), Kansai Photon Science Institute, Kyoto, Japan</i></p>
11 ³⁵ -12 ⁰⁰	<i>Coffee break</i>
12 ⁰⁰ -12 ¹⁰	<p style="text-align: center;">Oral Presentation</p> <p style="text-align: center;">M.V. Mikhailiuk, M.A. Torgashev</p> <p style="text-align: center;">Methods of construction and calculation of complex functional robot control schemes</p> <p style="text-align: center;"><i>FSC Scientific Research Institute for System Studies of RAS, Moscow, Russia</i></p>
12 ¹⁰ -12 ²⁰	<p style="text-align: center;">Oral Presentation</p> <p style="text-align: center;">A.V. Maltcev, M.A. Torgashev</p> <p style="text-align: center;">Modeling and visualization on GPU with jets of water and foam in the virtual scene</p> <p style="text-align: center;"><i>FSC Scientific Research Institute for System Studies of RAS, Moscow, Russia</i></p>
SUMMING. CLOSING of the XV INTERNATIONAL SEMINAR	
13.00-14.00	<i>Lunch time</i>
BANQUET, CLOSING SPEECH	

	Saturday, October 1
	Departure

ABSTRACTS

MODELLING OF NANOSECOND LASER ABLATION. CONTINUAL APPROACH

A.A. Samokhin¹, S.I. Kudryashov², A.E. Zubko¹, A.V. Sidorin¹

¹*Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Sciences,
Russia, 119991, Moscow, Vavilov Str., 38.*

²*P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences,
Russia, 119991, Moscow, 53 Leninskiy Prospekt.
email: asam40@mail.ru*

Theoretical description of nanosecond laser ablation is frequently made in the framework of continual approach which includes hydrodynamic equations with appropriate boundary conditions. The approach is additionally complicated if non-equilibrium phase transitions are involved in the processes under consideration. The problems concern with formulation of the boundary conditions on moving phase fronts as well as with applicability limits of the model used which are determined, in particular, by stability limits of superheated metastable phases. Also, the behavior of thermophysical and optical parameters near the limits as not sufficiently known. Such non-equilibrium processes as explosive boiling cannot in general case be described in the framework of the continual approach without additional assumptions.

Analysis of continual approaches and its applications for description of nanosecond laser ablation in various papers is given in the present report together with some new results on modeling of laser ablation in the case of modulated laser intensity. Fig a,b show dependence on modulation period of pressure signals due to thermoacoustic (blue curves – total and slow parts) and vaporization (black curves) mechanisms generated in metal (Hg) irradiated with intensity modulated (7% depth) laser pulses (red curve). Modulation periods are 3.5 ns (a) and 7 ns (b), laser pulse duration 100 ns and absorbed fluence $E = 22 \text{ mJ/cm}^3$.

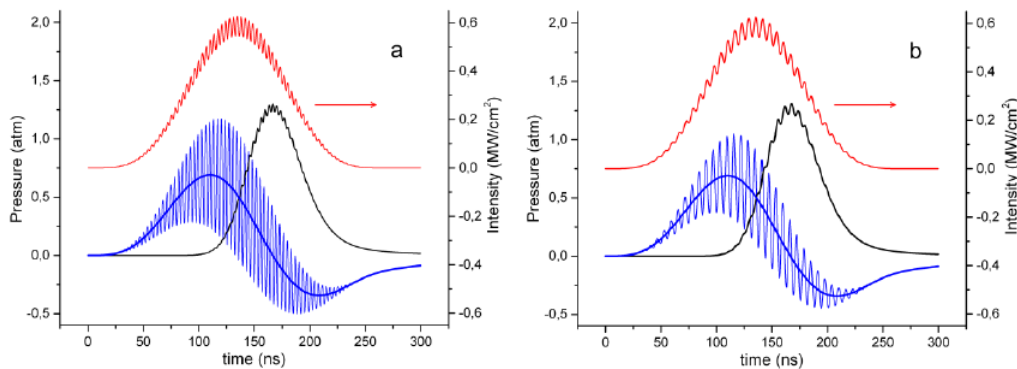


Fig. 1, 2.

In previous papers (see, *e.g.*, [1]) it was mentioned some difference between theoretical and experimental results on pressure behavior in irradiated dielectric liquids. For metals such experiments are also necessary to investigate important aspects of laser ablation phenomena and applicability limits of the corresponding theoretical models.

References:

1. A.E. Zubko, A.A. Samokhin, “Modeling of thermoacoustic and evaporation pressure signals in absorbing liquids irradiated with nanosecond laser pulses” *Mathematica Montisnigri*, Vol. XXXVI, 78-85 (2016)

FEATURES OF NS PULSE ABLATION OF AL IN THE CONDITIONS OF OCCURRENCE OF LASER PLASMA IN THE EVAPORATED MATERIAL AND THE SURROUNDING GAS

V.I. Mazhukin, A.V. Shapranov, M.M. Demin

*Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, 125047 Moscow, Miusskaya pl. 4,
e-mail: vim@modhef.ru*

Various mechanisms of nanosecond ablation, the emergence and evolution of laser plasma in the evaporated material and the surrounding gas are modeled within the framework of 1D – radiation gas dynamics model joined with the multi-front model of phase transitions in Al target [1]. The simulation results show the key role of laser plasma interaction with the target. High pressure in the plasma contributes to a change in the mechanism of laser ablation by surface condensation of previously vaporised material. Shock waves appear in plasma that interact with the target surface and with the shock wave traveling through the cold gas, Fig.1. Radiation transport of energy from the hot plasma region continued after the laser pulse results in unusually long duration (up to microsecond range) of the processes of surface evaporation and melting. Similar phenomena are not observed when exposed to shorter fs, ps - laser pulses [2].

Acknowledgements, the present studies were supported by RSF grants 15 - 11-00032

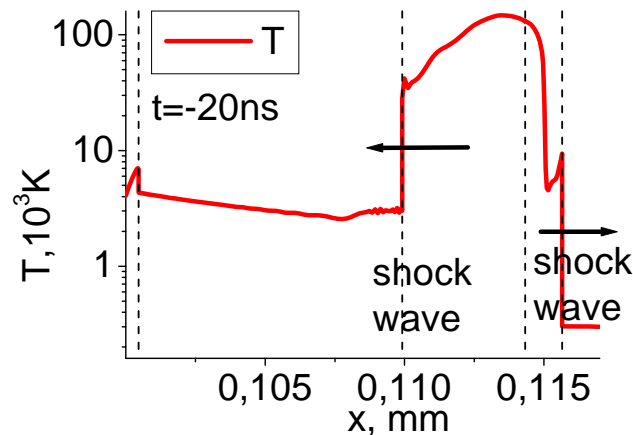


Fig. 1. Two shock waves after generation of plasma, $J = 70 \text{ J/cm}^2$, $\tau = 20 \text{ ns}$.

References:

1. V.I. Mazhukin, A.V. Mazhukin, M.M. Demin, A.V. Shapranov. "Mathematical modeling of short and ultrashort laser action on metals", Surface Modification Technologies (STM 24), Eds. T.S. Sudarshan, Eckhard Beyer, Lutz-Michael Berger, Vol.24, 201 -208 (2011).
2. V.I. Mazhukin, A.V. Mazhukin, M.G. Lobok, "Comparison of Nano- and Femtosecond Laser Ablation of Aluminium", Laser Physics, Vol. 19, No 5, 1169 - 1178 (2009).

ОСОБЕННОСТИ NS ИМПУЛЬСНОЙ АБЛЯЦИИ AL В УСЛОВИЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ В ИСПАРЕННОМ ВЕЩЕСТВЕ И ОКРУЖАЮЩЕМ ГАЗЕ

В.И. Мажукин, А.В. Шапранов, М.М. Дёмин

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 125047 Москва, Миусская пл.4
e-mail: vim@modhef.ru

В рамках 1D - РГД модели сопряженной с многофронтной моделью фазовых превращений в Al мишени [1] моделируются различные механизмы ns абляции, возникновения и эволюции лазерной плазмы в испаренном веществе и окружающем газе. Результаты моделирования свидетельствуют о ключевой роли взаимодействия лазерной плазмы с мишенью. Высокое давление в плазме способствует смене механизма лазерного испарения механизмом поверхностной конденсации ранее испаренного вещества. В плазме возникают ударные волны, взаимодействующие с поверхностью мишени и ударной волной бегущей по холодному газу, Рис.1. Радиационный вынос энергии из области горячей плазмы, продолжающийся после окончания лазерного импульса, приводит к непривычно большим длительностям (вплоть до микросекундного диапазона) процессов поверхностного испарения и плавления. Подобные явления не наблюдаются при воздействии более коротких fs, ps - лазерных импульсов [2].

Благодарность: Работа поддержана Российским Научным Фондом, грант № 15-11-00032.

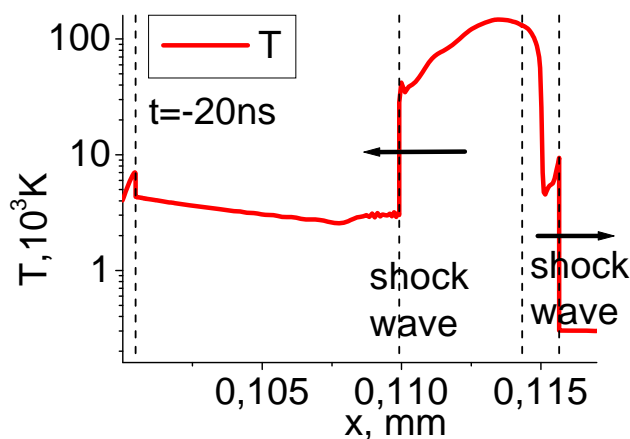


Рис. 1. Две ударные волны после образования плазмы, $J = 70 \text{ J/cm}^2$, $\tau = 20 \text{ ns}$.

Литература:

1. V.I. Mazhukin, A.V. Mazhukin, M.M. Demin, A.V. Shapranov. "Mathematical modeling of short and ultrashort laser action on metals", Surface Modification Technologies (STM 24), Eds. T.S. Sudarshan, Eckhard Beyer, Lutz-Michael Berger, Vol.24, 201 -208 (2011).
2. V.I. Mazhukin, A.V. Mazhukin, M.G. Lobok, "Comparison of Nano- and Femtosecond Laser Ablation of Aluminium", Laser Physics, Vol. 19, No 5, 1169 - 1178 (2009).

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА СОПРОВОЖДЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ТЕМЕТОС: АРХИТЕКТУРА И ЗАДАЧИ

М.П. Галанин, В.В. Лукин, А.С. Родин

*ИИМ им. М.В. Келдыша РАН, 125047, Москва, Миусская пл., д. 4
galan@keldysh.ru*

Представлена архитектура, интерфейсы и форматы входных и выходных данных интегрированной программной платформы сопровождения вычислительного эксперимента ТЕМЕТОС. Платформа ТЕМЕТОС предназначена для полномасштабного математического моделирования в прикладных и фундаментальных областях. Она предоставляет возможности подготовки геометрической и физической моделей исследуемой конструкции или физического процесса к расчету, инструменты настройки внешних или встроенных проблемно-ориентированных модулей, позволяет осуществлять запуск, контроль прохождения и анализ результатов расчетов.

Платформа состоит из трех основных подсистем: расчетной математической подсистемы, включающей ряд проблемно-ориентированных решателей; графической подсистемы, обеспечивающей визуальную подготовку составляющих моделей; подсистемы предметных библиотек, содержащей структурированную пополняемую базу знаний о моделируемых конструкциях и физических процессах. В рамках работы над платформой реализованы пилотные версии инструментальных и проблемно-ориентированных модулей, в частности, набор программ-построителей сеток (двумерных треугольных и четырехугольных; трехмерных), а также ряд программ-решателей, реализующих выбранные методы решения систем уравнений той или иной предметной области: уравнений магнитной гидродинамики, связанной термомеханики и др.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 15-01-03073, 16-31-00302).

INTEGRATED SOFTWARE PLATFORM TEMETOS FOR COMPUTATIONAL EXPERIMENT MAINTENANCE: ARCHITECTURE AND TASKS

M.P. Galanin, V.V. Lukin, A.S. Rodin

*KIAM of RAS, 125047, Moscow, Miusskaya sq., 4
galan@keldysh.ru*

The architecture, interfaces and formats of input and output data an integrated software platform TEMETOS for being computational experiment maintenance are presented. Platform TEMETOS is designed for the mathematical modeling in applied and fundamental fields in full scale. It provides geometric and physical models of the investigated structure or physical processes, calculation tools for configuration of external or built-in task-oriented modules, it enables to start, execution control and analysis of the calculations results.

The platform consists of three main subsystems: the calculation mathematical subsystem, including a number of problem-oriented solvers; the graphics subsystem, providing visual preparation of models components; the subsystem for subject libraries containing structured maintains a knowledge base about the simulated structures and physical processes. There were implemented during the work under the platform the pilot version of the tool and task-oriented modules, in particular, a set of programs for region triangulation (two-dimensional triangular and quadrangular; three-dimensional) as well as a number of software-solvers that realize the selected methods for solving systems of equations in one or another subject area: magnetic hydrodynamics equations, associated thermo mechanics etc.

The work is done with partial financial support of RFBR (projects NN 15-01-03073, 16-31-00302).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИЗВЕСТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА И ПАРАМЕТРОВ ФАКЕЛА ПРИ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ УККМ

Царькова О.Г., Цветков В.Б.¹, Рухадзе А.А.¹

¹Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия.
olga@kapella.gpi.ru

Исследовано воздействие непрерывного лазерного излучения $\lambda=1.3$ мкм плотностью мощности $1\div 4$ кВт/см² в течение нескольких секунд на площадь $1\div 20$ см² образца конструкционного углерод-карбидокремниевого композиционного материала (УККМ) толщиной 0.35 см в воздухе при нормальном давлении.

Разработана комплексная методика определения неизвестных заранее оптических и теплофизических свойств облучаемого материала, параметров абляционного факела и влияние факела на нагрев и абляцию образца. Моделирование процесса лазерного нагрева с помощью программы КАРАТ с учетом экспериментальных зависимостей температур от времени, полученных с помощью термопарных измерений на тыльной стороне и показаний пирометра на лицевой стороне позволяет рассчитать и оценить:

- температурные зависимости коэффициентов поглощения материала (без учета потерь в факеле) выше 800 0С,
- температурные зависимости теплоемкости вещества в диапазоне 2000÷4500 0С,
- энергии активации вакансий,
- долю рассеивания и поглощения лазерного излучения в возникающем факеле,
- распределение в факеле частиц по размеру и массе,
- концентрацию частиц в факеле,
- скорость вылета частиц с облучаемой поверхности.

При анализе результатов проведенных экспериментов и расчетов определены причины образования вакансий в веществе и температурного процесса деструкции УККМ, а также обнаружены:

- значительное влияние размера облучаемой поверхности на теплофизические зависимости материала (размерный резонанс),
- возникновение факела на тыльной стороне образца без образования в нем сквозного прожига при заземлении фронтального факела и превышение максимально достигнутой температуры тыльной поверхности над температурой лицевой поверхности в этом случае,
- продолжительное горение такого факела на тыльной стороне образца после прекращения горения лицевой поверхности при выключении лазерного излучения,
- эффект наведенной «прозрачности» УККМ с показателем поглощения около 6 см⁻¹ в среднем по толщине образца в процессе стока объемных зарядов непрозрачного на длине волны $\lambda=1.3$ мкм образца,
- термодинамический периодический отклик облучаемого лазерным излучением образца УККМ и возникновение температурного автоколебательного процесса в его объеме.

Литература:

1. О. Царькова, А. Рухадзе, В. Тараканов, В. Цветков, С. Гарнов, В. Назаренко, П. Носатенко, Б. Выскубенко “Оценки коэффициента поглощения конструкционного материала при неизвестных потерях в эрозионном факеле при лазерной абляции” Труды ИОФАН, Т.67, С. 53-63 (2011).
2. О. Царькова, В. Цветков, А. Рухадзе, С. Гарнов, В. Назаренко, П. Носатенко “Анализ размеров и количества микрочастиц в эрозионном факеле, ослабляющем лазерное излучение при абляции конструкционного материала” Труды ИОФАН, Т.67, С. 32-52 (2011).

DEFINITION OF UNKNOWN PROPERTIES OF MATERIAL AND PARAMETERS OF THE TORCH AT THE LASER ABLATION OF CSCM

Tsarkova O. G., Tsvetkov V. B.¹, Rukhadze A. A.¹

¹*Prokhorov General Physics Institute of RAS, Moscow, Russia*
olga@kapella.gpi.ru

Influence of the continuous laser radiation ($\lambda=1.3 \mu\text{m}$) with an intensity of $I=1\div 4 \text{ kW/cm}^2$, a size of the beam of $1\div 20 \text{ cm}^2$ and a duration of several seconds on a sample (0.35 cm thick) of carbon silicon carbide composite material (CSCM) in air at normal pressure is investigated.

The complex method as of definition of unknown in advance optical and thermal properties of the irradiated material, and parameters of an ablative torch and influence of the torch on heating and an ablation of a sample was developed. Model operation of process of laser heating by means of the KARAT program with the accounting of the experimental dependences of temperatures vs time measured by using of thermocouples on the back surface and a pyrometer on an obverse allows to calculate and to estimate:

- temperature dependences of absorptivity of material (without losses in the torch) higher than 800 0C,
- temperature dependences of a thermal capacity of substance in the range of 2000÷4500 0C,
- activation energies of vacancies,
- a share of a dispelling and absorption of a laser radiation in the arising torch,
- distributions in the torch of particles by the size and weight,
- a concentration of particles in the torch,
- a speed of a departure of the particles from the irradiated surface.

In the analysis of results of the experiments and calculations the reasons of formation of the vacancies and of a temperature destruction of CSCM are defined as well as there are found:

- the considerable influence of the size of the irradiated surface on thermal dependences of material (a dimensional resonance),
- an emergence of the torch on the back surface without forming a through hole by burning while earthing the frontal torch, after that a maximum of a temperature of the back surface higher than a temperature of the front,
- a long combustion of the torch on the back surface after the termination of combustion of the frontal surface at switching off of a laser radiation,
- an effect of the induced "transparency" of CSCM with extinction coefficient about 6 cm⁻¹ on average on sample thickness in the course of a drain of volume charges of the opaque on a wavelength of $\lambda=1.3 \mu\text{m}$ sample,
- a thermodynamic periodic response of the sample of CSCM irradiated by a laser radiation and an emergence of temperature self-oscillatory processes in its volume.

References

1. O. Tsarkova, A. Rukhadze, V. Tarakanov, V. Tsvetkov, S. Garnov, V. Nazarenko, P. Nosatenko, B. Vyskubenko, "Estimation of the absorptivity of a constructive material at unknown losses in ablation plume during laser ablation" *Phys. Wave Phenom.*, V. 20, № 1, 18-23 (2012).
2. O. Tsarkova, V. Tsvetkov, A. Rukhadze, S. Garnov, V. Nazarenko, P. Nosatenko, "Analysis of the sizes and number of microparticles in the ablation plume, which attenuates laser radiation during ablation of a constructive material" *Phys. Wave Phenom.*, V. 20, № 1, 24-34 (2012).

**ФРАНЦУЗСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ XVIII ВЕКА КАК СОБЫТИЕ БУДУЩЕГО:
МЕЖДУ НАУЧНЫМ ДИСКУРСОМ И ЗЕРКАЛАМИ ПАМЯТИ**

Зинаида Алексеевна Чеканцева

Институт всеобщей истории Российской академии наук

Москва, Ленинский проспект, 32 а.

email: zinaidachekantseva@gmail.com

Французская революция XVIII в. – одно из важнейших событий не только национальной, но и мировой истории. Ее герои, принципы и образы широко известны. Кроме того, Революция это место памяти, которая и сегодня продолжает подпитывать современную историю/историографию, пробивающую себе дорогу между идеологиями, воспоминаниями и политической борьбой. Не удивительно, что этому событию посвящены библиотеки книг, созданные во Франции и за рубежом. Однако при традиционном понимании события из причин его возникновения и контекста Революция продолжает скрывать свои смыслы, «ускользая в будущее» (С. Жижек). В докладе на основе работ французских интеллектуалов показано, каким образом на протяжении двух столетий трансформировался образ Революции после десятилетия, которое потрясло мир, на пресечении научного дискурса, коммеморативных практик и социальных репрезентаций во французском социуме сквозь призму меняющегося «порядка времени». Такой подход позволяет выявить скрытые в Революции возможности и вписать неисчерпаемую революционную событийность в контингентность истории.

SCIENTIFIC COMMUNITY IN MODERN RUSSIAN SOCIETY

A.A. Samokhin

*Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Sciences,
Russia, 119991, Moscow, Vavilov Str., 38.
email: asam40@mail.ru*

Possible and real roles of scientific community in modern Russian society are discussed. It is suggested that the scientific community should pay more attention to current social economic and political events and to the ways of its presentations in Mass Media. Some of the events and its MM presentations need immediate or even beforehand action. Unfortunately such a behavior is not still typical for the scientific community and this situation should be changed. The problem of such changes is also discussed.

НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО В ОБЩЕСТВЕННОЙ ЖИЗНИ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

А.А. Самохин

*Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, 119991 Москва, ул. Вавилова, д.38.
email: asam40@mail.ru*

Обсуждаются реальная и возможные роли научного сообщества в общественной жизни современной России. Предполагается, что научному сообществу следует обращать большее внимание на происходящие социальные, экономические и политические события и на то, как они отражаются в СМИ. Некоторые из таких событий и их отражений в СМИ требуют незамедлительных или даже упреждающих действий. К сожалению, подобное поведение пока еще не типично для научного сообщества и такую ситуацию следует менять. Проблема подобных изменений также обсуждается.

ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СЛАБО СТОЛКНОВИТЕЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ

И.Ф. Потапенко^{1,2}, С.А.Карпов²

¹ИПМ им.М.В. Келдыша РАН, Миусская пл.,4, Москва, 125047, РФ

²ВНИИА им.Н.Л.Духова, Суцевская ул.,22, Москва, 127055, РФ

irina@keldysh.ru, karpov.st@yandex.ru

Предложен алгоритм численного решения кинетического уравнения для плазмы с нелинейным интегралом столкновений Ландау-Фоккера-Планка в 1D2V геометрии. Нелинейный интеграл столкновений рассчитывается с помощью полностью консервативных разностных схем.

Самосогласованное электрическое поле вычисляется из условия электронейтральности на каждом шаге по времени. Сравниваются преимущества и недостатки другого подхода к решению аналогичной задачи методом Монте-Карло в 1D3V геометрии.

Рассматривается задача о распространении тепловой волны от нагретой стенки вглубь плазмы. Задачи подобного рода интересны с фундаментальной точки, поскольку, в частности, важной проблемой является разномасштабность рассматриваемых физических процессов (градиенты температур и плотности). Кроме того, эти задачи имеют широкое приложение в исследовании динамики лазерной плазмы.

Благодарности: Работа поддержана грантом РФФИ № 14-01-00251 и № 16-01-00256

Литература:

1. A.V. Bobylev, I.F. Potapenko, "Monte Carlo methods and their analysis for Coulomb collisions in multicomponent plasmas", *Journal of Computational Physics*. V.246, pp.123-144 (2013).
2. Л.П. Басс, Г.В. Долголева, И.Ф. Потапенко, "Численный расчет переноса тепла электронами в столкновительной плазме методом конечных разностей", Препринт ИПМ № 86, Москва, (2015).

ГЕНЕРАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ И НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОЙ АБЛЯЦИИ ОБЛУЧАЕМОГО ВЕЩЕСТВА В КОНДЕНСИРОВАННУЮ СРЕДУ

А.Г. Капильный^(a), А.А. Карабутов^(b)

^(a)*Объединенный Институт Высоких Температур РАН, Москва, Россия*

^(b)*Международный Лазерный Центр МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

Генерация наночастиц и наноструктурирования обрабатываемой поверхности широкого класса веществ методом лазерной абляции в конденсированную среду основана на воздействии импульса лазерного излучения на поверхность вещества механически нагруженную слоем диэлектрика (импедансную поверхность). Процесс нагрева облучаемого вещества происходит в квазиизохорных условиях при полном инструментальном контроле за всеми параметрами нагрева. Эффективность генерации давления возрастает на два порядка. Индуцированные при этом метастабильные околокритические состояния вещества в процессе управляемой разгрузки реализуются в виде фазового взрыва или в виде спиnodального распада и заканчиваются абляцией облучаемого вещества в нагружающий диэлектрик – конденсированную среду (жидкую или твердую).

В области критической области вещество находится в кластеризованном – наиболее «диспергированном» состоянии и контролируемая разгрузка - резкий сброс давления из этого околокритического состояния представляет собой эффективный способ «заморозить» и получать наноразмерные структуры широкого класса веществ (в первую очередь металлов), а также проводить наноструктурирование – управляемую модификацию поверхности облучаемого вещества.

NANOPARTICLES GENERATION AND SURFACE NANOSTRUCTURE DURING LASER-INDUCED ABLATION OF IRRADIATED MATTER IN CONDENSED SUBSTANCE

A.G. Kaptilniy^(a), A.A. Karabutov^(b),

^(a)*Joint Institute for High Temperatures of RAS, Moscow, Russia*

E-mail: Kalexandr48@gmail.com

^(b)*International Laser Center, Moscow State University, Moscow, Russia*

E-mail: aak@ilc.edu.ru

The method of laser ablation in condensed substance is used for nanoparticles generation and nanostructure of irradiated surface of wide range of matter. This method is based on the influence of laser irradiation pulse on the matter surface covered by the layer of dielectric (impedance surface).

The process of irradiated matter heating is realized in quasiisochoric conditions with instrumental control of all parameters of heating. Effectiveness of pressure generation increases more than two orders. Metastable near-critical states of matter induced during the process of controlled impact unloading is realized as phase explosive or as spinodal decomposition. This process ended by ablation of irradiated matter in covered dielectric - condensed substance. In near-critical area the matter exists in cluster structure – mainly dispersed condition. Controlled impact unloading of pressure from near critical condition represents an effective mode “to freeze” and get nano-size structure of wide range of matter (mainly – metals). This method makes it possible to realize nano-structure process on surface – modification of the surface of matter.

EQUATION OF STATE AND PHASE TRANSFORMATIONS OF CARBON UNDER INTENSE PULSED INFLUENCES

Khishchenko K.V.

*Joint Institute for High Temperatures RAS, Izhorskaya 13 Bldg 2, Moscow 125412, Russia
konst@ihed.ras.ru*

Description of thermodynamic properties and phase transformations of carbon under conditions of intense pulsed influences is of great interest for solving of problems in different physical areas and techniques. Equation of state for carbon in a broad region of phase diagram from normal conditions to extremely high pressures and temperatures is necessary for numerical simulations of non-steady hydrodynamic processes at high concentration of energy. In the present work, a semiempirical model of the thermodynamic potential Helmholtz free energy is developed for carbon with taking into account polymorphic transformations, melting and evaporation. Based on the developed model, a multiphase equation of state is constructed, and calculations of parameters of the phase diagram of the graphite–diamond–liquid–gas system are carried out over a wide range of pressures and temperatures. A critical comparison of calculated results with available data of static and dynamic experiments at high pressures and temperatures is presented.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ И ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ УГЛЕРОДА ПРИ ИНТЕНСИВНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Хищенко К.В.

*Объединенный институт высоких температур РАН,
Ижорская 13, стр. 2, Москва 125412, Россия
konst@ihed.ras.ru*

Описание термодинамических свойств и фазовых превращений углерода в условиях интенсивных импульсных воздействий представляет большой интерес для решения задач в различных областях физики и технологиях. Уравнение состояния углерода в широкой области фазовой диаграммы от нормальных условий до экстремально высоких давлений и температур необходимо для численного моделирования нестационарных гидродинамических процессов при высокой концентрации энергии. В настоящей работе развита полуэмпирическая модель термодинамического потенциала свободной энергии углерода с учетом полиморфного фазового превращения, плавления и испарения. На основе развитой модели получено многофазное уравнение состояния и проведены расчеты параметров фазовой диаграммы системы графит–алмаз–жидкость–пар в широком диапазоне давлений и температур. Выполнено критическое сопоставление расчетных результатов с совокупностью имеющихся данных статических и динамических экспериментов при высоких давлениях и температурах.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НЕУСТОЙЧИВОГО ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ ИЗ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ

Н.Н.Смирнов, В.Ф.Никитин, М.В.Михайлюк, П.Ю.Тимохин

ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований РАН», Москва, Россия
e-mail: mix@niisi.ras.ru

Одной из актуальных фундаментальных задач является моделирование вытеснения нефти из пористых сред нефтяных месторождений. В нашей стране известные к середине 20 века модели движения жидкостей и газов в пористой среде обобщены в монографии Лейбензона [1]. Важным типом являются односкоростные модели с учетом поверхностного натяжения, т.к. они экономичны с практической точки зрения, однако при простом обобщении эти модели не могут описать неустойчивость фронта вытеснения. В настоящей работе используется модель неустойчивого вытеснения жидкости из пористых сред [2]. В ней одним из эффективных показателей является насыщенность вытесняющей жидкости в каждой ячейке просчитываемого объема в каждый дискретный момент времени. Представляет интерес также «поверхность уровня насыщенности s^* », т.е. поверхность, с одной стороны которой $s \leq s^*$, а с другой – $s > s^*$. Кроме того, в модели подсчитывается ряд интегральных показателей, таких как, процент вытеснения из образца, перепад давления между входом и выходом, отношение объема поданной вытесняющей жидкости к объему пор и другие.

Для анализа результатов моделирования предлагается визуальный интерфейс, включающий окно приложения, меню, область инструментов (Toolbars), область ввода параметров модели, поле визуализации поверхности уровня насыщенности и область вывода графиков интегральных показателей. Используя меню, можно создать новый проект (новый набор параметров модели), открыть сохраненный проект, а также сохранить измененный проект на диске. Область инструментов позволяет изучать вид поверхности уровня насыщенности как в процессе моделирования, так и по шагам, с возможностью перехода на предыдущий, следующий, начальный или конечный шаги. При этом для визуализации такой поверхности предлагается использовать метод рейкастинга (ray casting, см. [3]), при котором из точки положения наблюдателя через каждый пиксел области вывода изображения поверхности вытеснения проводится луч и вдоль этого луча ищется первая ячейка моделирования, в которой значение $s \leq s^*$. При этом камеру можно перемещать, рассматривая поверхность с разных сторон. Наряду с графиками полученных интегральных показателей можно вывести графики этих же показателей, полученных в некоторых заранее известных модельных экспериментах. Это удобно для сравнения полученных результатов с некоторыми эталонными.

Апробация разработанных в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН методов визуализации результатов моделирования неустойчивого вытеснения нефти из пористой среды показала их адекватность требованиям эргономичного интерфейса.

Благодарности: Работа выполняется при поддержке РФФИ (грант № 16-29-15099-офи_м).

Литература:

1. Л.С. Лейбензон, "Движение природных жидкостей и газов в пористой среде", ОГИЗ ГИТТЛ, М.-Л., (1947).
2. N.N. Smirnov, V.F. Nikitin, V.R. Dushin, Yu.G. Phylippov, V.A. Nerchenko, "Three-dimensional convection and unstable displacement of viscous fluids from strongly encumbered space", Acta Astronautica Vol. 66, 844-863 (2010).
3. М.В. Михайлюк, М.А. Торгашев, "Моделирование и визуализация объемных динамических эффектов для имитационно-тренажерных комплексов", Инф. техн. и выч. системы, № 4, 44-50 (2014).

ATOMISTIC MODELING OF PHASE EXPLOSION IN THE METAL NEAR THE THRESHOLD INTENSITY OF NANOSECOND LASER PULSE

V.I. Mazhukin, A.V. Shapranov, M.M. Demin

*Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, 125047 Moscow, Russia
e-mail: vim@modhef*

Atomistic simulations of nanosecond laser action on Al sample with size 5x5x200 nm allowed to establish basic mechanisms of ablation: surface evaporation, phase explosion, spinodal decomposition and disintegration of supercritical substances [1,2]. Increasing the sample size to 39x39x450 nm leads to a curious change in the mechanism of phase explosion. Near the threshold intensity, the picture of the processes varies significantly. Initially, droplets with size of 5-10 nm are ejected in the surface region of the entire cross section. The boundary is defined by the position of the surface temperature maximum. Further, the time of explosive boiling increases due to the incubation period of the cavity. The conditions of explosive removal of substances at the same time are determined not only by the position of the surface temperature maximum but also by the pressure in the target. The fragments of droplet material increase up to 50 - 70 nm, Fig.1 . Increasing the laser intensity leads to a reduction of droplets to 5 nm. Further growth of the laser fluence promotes gradual change of the phase explosion mechanism by the spinodal decomposition mechanism, Fig.2.

Acknowledgements: the present studies were supported by RSF grant 15 - 11-00032

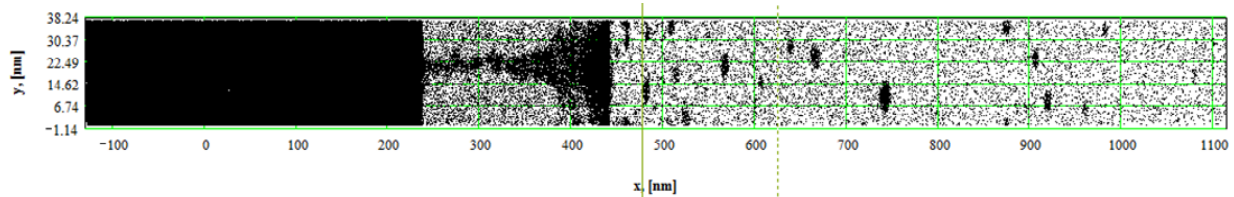


Fig.1. Phase explosion.

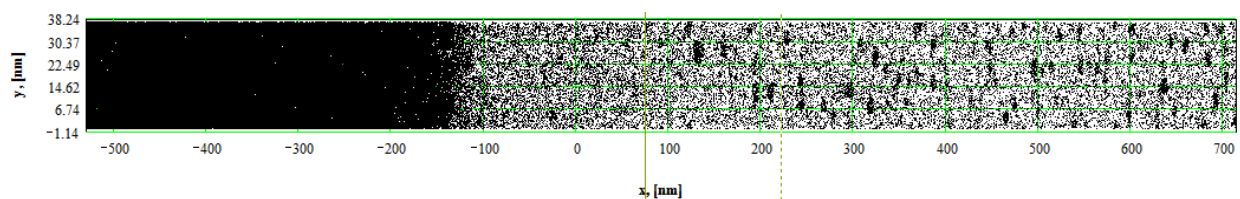


Fig. 2. Spinodal decomposition

References:

1. V.I. Mazhukin, A.V. Shapranov, A.A. Samokhin, A.Y. Ivochkin, "Mathematical modeling of non-equilibrium phase transition in rapidly heated thin liquid film", *Mathematica Montisnigri*, Vol. 27, 65 – 90 (2013).
2. V.I. Mazhukin, A.A. Samokhin, A.V. Shapranov, M.M. Demin, "Modeling of thin film explosive boiling - surface evaporation and electron thermal conductivity effect", *Materials Research Express*, Vol. 2, 016402(1-9) (2015).

АТОМИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО ВЗРЫВА В МЕТАЛЛЕ ВБЛИЗИ ПОРОГОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НАНОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА

В.И. Мажукин, А.В. Шапранов, М.М. Дёмин

*Институт прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН, 125047 Москва, Россия
e-mail:vim@modhef.ru*

Атомистическое моделирование ns - лазерного воздействия на Al образец с размерами 5x5x200 нм позволило установить основные механизмы абляции: поверхностное испарение, фазовый взрыв, спиновальный распад и закритический разлет вещества [1,2]. Увеличение поперечных размеров образца до 39x39x450 нм приводит к любопытным изменениям в механизме фазового взрыва. Вблизи пороговой интенсивности картина процессов существенно меняется. Вначале из приповерхностной области по всему поперечному сечению выбрасываются капли размером 5-10 нм. Граница определяется положением приповерхностного температурного максимума. В дальнейшем время взрывного вскипания увеличивается за счет инкубационного периода развития полости. Условия взрывного выноса вещества при этом определяются не только положением приповерхностного температурного максимума, но и давлением в мишени. Фрагменты капельного материала возрастают до 50 - 70 нм, рис.1. Увеличение интенсивности лазерного излучения приводит к уменьшению капель до 5 нм. Дальнейший рост лазерного флюэнса способствует постепенной смене механизма фазового взрыва механизмом спиновального распада.

Благодарность: Работа поддержана Российским Научным Фондом, грант 15-11-00032

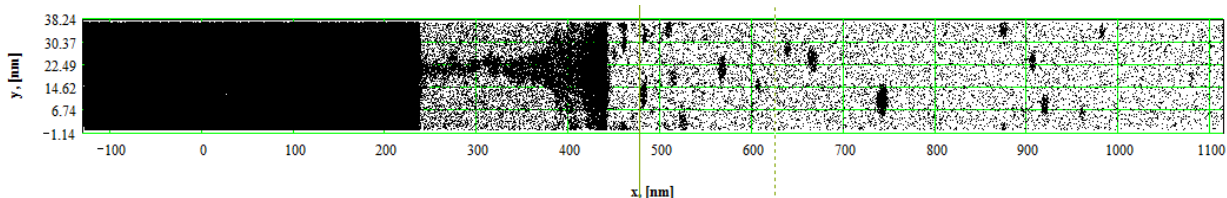


Рис. 1. Фазовый взрыв.

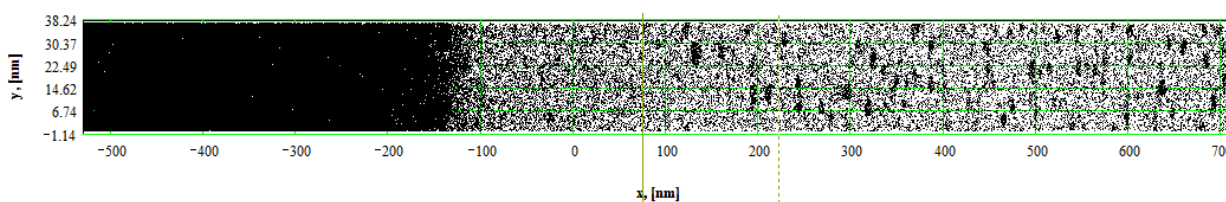


Рис. 2. Спиновальный распад.

Литература:

1. V.I. Mazhukin, A.V. Shapranov, A.A. Samokhin, A.Y. Ivochkin, "Mathematical modeling of non-equilibrium phase transition in rapidly heated thin liquid film", *Mathematica Montisnigri*, Vol. 27, 65 – 90 (2013).
2. V.I. Mazhukin, A.A. Samokhin, A.V. Shapranov, M.M. Demin, "Modeling of thin film explosive boiling - surface evaporation and electron thermal conductivity effect", *Materials Research Express*, Vol. 2, 016402(1-9) (2015).

ACTIVE COMPOSITE FIBERS WITH PHOSPHATE CORE AND SILICA CLADDING

B. I. Denker¹, E.M. Dianov², O.N. Egorova², B. I. Galagan¹, S.L. Semjonov², S. E. Sverchkov¹

¹*A.M. Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Sciences, Vavilova 38, 119991, Moscow, Russia*

²*Fiber Optics Research Center, Russian Academy of Sciences, Vavilova 38, 119333 Moscow, Russia*
denker@Lst.gpi.ru

We describe composite optical fibers with rare-earth co-doped phosphate-glass core in a silica-glass cladding. High RE ions concentrations in the phosphate core of the composite fiber allow fiber length reduction in comparison with silica fibers. The silica cladding provides high mechanical strength and protects the phosphate core from air moisture while making it easier to splice with silica fibers.

Acknowledgements: This work was supported by Russian foundation for basic research (RFBR) grant No 14-29-08168.

Keywords: active fiber, fiber laser, phosphate glass, rare-earth doping, fiber design and fabrication, fiber materials

ON A NONTRIVIAL ZEROS OF THE RIEMANN ZETA FUNCTION

I.F. Turkanov

turkanov.igor@mail.ru

The gaps between the nontrivial zeros of the Riemann zeta function statistically behave the same as the eigenvalues of random matrices that describe the complex quantum dynamical systems.

In the work presented a valid location parts theorem nontrivial zeros of the Riemann zeta function on the critical line.

As the main function of the derivative used in Theorem logarithm of the Riemann zeta function. The decomposition of this function allocates the imaginary part of the rational functions in the neighborhood randomly taken zero. The condition to which should satisfy any zero is deduced from properties of rational function. The received condition is carried out only if the valid part of zero is equal $\frac{1}{2}$.

As a consequence of the proof of the Theorem is allocated equality between all nontrivial zeros of the Riemann zeta function. Assuming that all zeros are simple, at first 100000 zeros calculated this equality.

О НЕТРИВИАЛЬНЫХ НУЛЯХ ДЗЕТА-ФУНКЦИИ РИМАНА

И.Ф. Турканов

turkanov.igor@mail.ru

Промежутки между нетривиальными нулями Дзета-функции Римана статистически ведут себя так же, как собственные числа случайных матриц, описывающих сложные квантовые динамические системы.

В работе представлена теорема о расположении действительных частей нетривиальных нулей Дзета-функции Римана на критической прямой.

В качестве основной функции в теореме использована производная логарифма Дзета-функции Римана. В разложении этой функции выделяется мнимая часть рациональной функции в окрестности произвольно взятого нуля. Из свойств рациональной функции выводится условие, которому должен удовлетворять произвольный нуль. Полученное условие выполняется только если действительная часть корня равна $\frac{1}{2}$.

В качестве следствия из доказательства теоремы выделяется равенство, связывающее все нетривиальные нули Дзета-функции Римана. В предположении, что все нули простые, на первых 100000 корнях рассчитано это равенство.

ОБРАТНЫЕ УТВЕРЖДЕНИЯ К ТЕОРЕМЕ ХИНЧИНА-ОСТРОВСКОГО О
СХОДИМОСТИ ГРАНИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ
НЕПРЕРЫВНО ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫХ ФУНКЦИЙ

Жарко Павичевич^{1,2}

¹*Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Montenegro,
Dzordza Vasingtona 92,81000 Podgorica, Montenegro*

²*National Research Nuclear University, MEPHI,
Moscow, Russia*

e-mail: zarkop@ac.me

Известная теорема Хинчина-Островского указывает условия, при которых сходимость на границе последовательности угловых граничных значений в данной последовательности голоморфных функций ограниченного вида влечет за собой равномерную сходимость этой последовательности на компактах единичного диска.

В настоящем докладе изучается обратная задача: указать условия, при которых равномерная сходимость на компактах единичного диска последовательности непрерывно дифференцируемых функций влечет сходимость на границе последовательности хордально граничных значений этих функций.

Литература:

1. И.И. Привалов, «Граничные свойства аналитических функций», М.,Л: ГИТТЛ, (1950).
2. В.И. Гаврилов, «Об одной теореме Цудзи», Сиб. матем. журн., № 5, 951-956, (1973).
3. В.И. Гаврилов, «Об теоремах Бьёрлинга, Карлесона и Цудзи относительно исключительных множеств», Матем. сб., т.94, № 1(5), 3-15, (1974).
4. Ж. Павичевич, «О сходимости последовательностей в некоторых классах дифференцируемых функций и мероморфных функций», ДАН, т.277, № 3, 542-545, (1984).

ALGEBRAIC PROPERTIES OF SOME F -ALGEBRAS OF HOLOMORPHIC FUNCTIONS

Romeo Meštrović¹, Žarko Pavićević^{2,3},

¹Maritime Faculty, University of Montenegro,
Dobrota 36., 85330 Kotor, Montenegro
e-mail: romeo@ac.me

²Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Montenegro,
³National Research Nuclear University, MEPhI, Moscow
Džordža Vašingtona b.b., 81000 Podgorica, Montenegro
e-mail: zarkop@ac.me

For any fixed $p > 1$, the class N^p , introduced in 1941 by I.I. Privalov, is defined as the space of holomorphic functions f on the open unit disk $D: |z| < 1$ in the complex plane for which the function $(\log^+ |f(z)|)^p$ has a harmonic majorant on D . In 1977 M. Stoll introduced the d_p -metric topology on N^p , and showed that the space N^p with the topology given by this metric becomes an F -algebra. Our results are motivated by the fact that N^p becomes a ring of Nevanlinna-Smirnov type in the sense of Mortini. In particular, we prove that N^p has the Corona Property. Moreover, we give sufficient conditions for an ideal in the algebra N^p , generated by a finite number of inner functions, to be equal to the whole algebra N^p . Furthermore, we investigate ideals in the spaces N^p generated by inner functions. This is closely related to the characterization of closed invariant subspaces of N^p .

References:

1. R. Martin, "On the ideal structure of the Nevanlinna class", Proceedings of the American Mathematical Society, Vol. 114, No. 1, 135-143 (1992).
2. R. Meštrović, "Ideals in some rings of Nevanlinna-Smirnov type", Mathematica Montisnigri, Vol. 8, 127-135 (1997).
3. R. Meštrović, "Maximal ideals in some F -algebras of holomorphic functions", Filomat, vol. 29, No. 1, 1-5 (2015).
4. R. Meštrović, Ž. Pavićević, "Topologies on some subclasses of the Smirnov class", Acta Scientiarum Mathematicarum, Vol. 69, 99-108 (2003).
5. R. Meštrović, Ž. Pavićević, "Weakly dense ideals in Privalov spaces of holomorphic functions", Journal of the Korean Mathematical Society, Vol. 48, 397-420 (2011).
6. R. Meštrović, Ž. Pavićević, "A short survey of the ideal structure of Privalov spaces on the unit disk", Mathematica Montisnigri, Vol. 32, 14-22 (2015).
7. R. Mortini, "Zur Idealstruktur von Unterringen der Nevanlinnklasse N ", Séminaire de Mathématique de Luxembourg, Vol. 1, 81-91 (1989).
8. I.I. Privalov, "Boundary properties of analytic functions", 1st edition, Moscow. Gos. Univ., Moscow (1941). (In Russian).
9. M. Stoll, "Mean growth and Taylor coefficients of some topological algebras of analytic functions", Annales Polonici Mathematici, Vol. 35, 139-158 (1977).

GRAPH THEORY IN MATHEMATICAL MODELING OF CHEMICAL PHENOMENA

Žana Kovijanić Vukićević

Faculty of Science, University of Montenegro, Džordža Vašingtona b.b. Podgorica, Montenegro
e-mail: zanak@ac.me

Chemical graph theory is a branch of mathematical chemistry that applies graph theory to the study of molecular structures. Molecules or chemical compounds are modeled by an undirected graph – the molecular graph. Topological descriptors on the molecular graphs are defined in a way that they correlate with physico-chemical properties of molecular compound. The final aim is use of theoretical predictions to gain chemical insights even for not yet existing molecules.

Molecular graph $G = (V, E)$ is a simple graph whose vertices represent non-hydrogen atoms and the edges $(v_i, v_j) \in E$ represent covalent bonds between the corresponding atoms. Since the hydrocarbons are formed only by carbon and hydrogen atoms, molecular graph associated to a molecule of hydrocarbon represents the carbon skeleton of the molecule.

A topological index of molecular graphs is any mapping f from the set of graphs to the set of real numbers such that for any two isomorphic graphs G and H is true $f(G) = f(H)$. Thus topological index is a graph invariant, since it does not depend on the labeling or pictorial representation of the graph.

The simplest topological indices are defined for connected undirected molecular graph only, so they ignore hydrogen atoms and they do not recognize multiply bonds and atom types. More sophisticated topological indices also take account each of atoms contained in the molecule.

Here we consider a few types of topological indices, their bounds on the molecular trees and characterize the case of equality for each of these topological invariants.

References:

1. N. Trinajstić, I. Gutman, "Mathematical Chemistry", *Croatica Chemica Acta*, Vol. 75 (2), 329-356 (2002)
2. A.R. Asharafi, T. Došlić, A. Hamzeh, "Extremal Graphs with respect to the Zagreb Coindices", *MATCH Commun. Math. Comput. Chem.*, 65, 85-92 (2011)
3. Ž.K. Vukićević, G. Popivoda, "Chemical Trees with Extremal Values of Zagreb Indices and Coindices", *Iranian Journal of Mathematical Chemistry*, Vol.5 (1), 19-29 (2014)

DETERMINATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF SILICON ELECTRONIC COMPONENT

O.N. Koroleva, A.V. Mazhukin, P.V. Breslavskiy

Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia

email: koroleva.on@mail.ru

The most important element of mathematical modeling is the determination properties of the target material [1]. Nonequilibrium heating of semiconductors takes place with a wide margin of temperatures of carriers from the grid one, so in problems of laser action a silicon target can be considered as an object consisting of two interacting subsystems - electron and phonon. In this case, for each of subsystems is necessary to determine thermophysical, optical and thermodynamic properties, varying over a wide temperature and frequency ranges. To determine the properties of the electronic subsystem been used continuum approach and for the phonon subsystem - molecular dynamics approach [2]. In report we discuss the definition of main thermophysical and thermodynamic characteristics of the electronic subsystem (Fig. 1-2), using the continuum approach. The continuum approach is carried out by calculation using the statistics of electron gas of semiconductors, in which the central place is occupied by the law of distribution of charge carriers on energy states. Because of this, for the determination of silicon electron gas properties was used technique of Fermi-Dirac integrals [3].

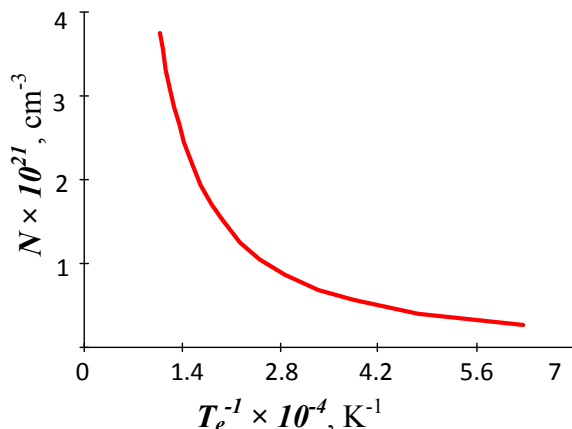


Fig. 1. The dependence of the electron density and temperature with degeneration of electron gas of silicon.

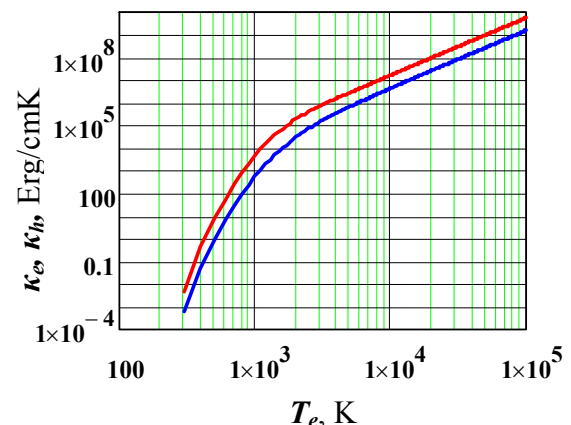


Fig. 2. The thermal conductivity of electrons and holes of silicon.

Acknowledgement: This work was supported by RSF, the project № 15-11-00032.

References:

1. V.I. Mazhukin, V.V. Nosov, U. Zemmler, «Issledovanie teplovykh i termouprugikh polei v poluprovodnikakh pri impulsnoi obrabotke», *Matematicheskoe modelirovanie*, v. 12, № 2, 75-83 (2000).
2. V.I. Mazhukin, A. V. Shapranov, O.N.Koroleva, A.V. Rudenko. Molecular dynamics simulation of critical point parameters for silicon. *Mathematica Montisnigri*, v. XXXI, pp.56-76, (2014).
3. O.N. Koroleva, A.V. Mazhukin, V.I. Mazhukin, P.V. Breslavskiy, «Approximation of Fermi-Dirac integrals of different orders used to determine the thermal properties of metals and semiconductors», *Mathematica Montisnigri*, Vol XXXV, pp. 37-53 (2016).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТЫ КРЕМНИЯ

О.Н. Королева, А.В. Мажукин, П.В. Бреславский

*Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия
email: koroleva.on@mail.ru*

Важнейшим элементом математического моделирования является определение свойств материала мишени [1]. Неравновесный нагрев полупроводников протекает с большим отрывом температур носителей тока от решетки, поэтому в задачах лазерного воздействия кремниевую мишень можно рассматривать как объект, состоящий из двух взаимодействующих подсистем – электронной и фононной. При этом, для каждой из подсистем необходимо определять теплофизические, оптические и термодинамические характеристики, изменяющиеся в широком температурном и частотном диапазонах. Для определения свойств электронной подсистемы использовался континуальный подход, а для фононной подсистемы – молекулярно-динамический [2]. В докладе рассматривается определение основных теплофизических и термодинамических характеристик электронной подсистемы (рис. 1-2) с использованием континуального подхода. Континуальный подход осуществляется путем расчетов с использованием статистики электронного газа полупроводников, в которых центральное место занимает закон распределения носителей заряда по энергетическим состояниям. В силу этого для определения свойств электронного газа кремния используется техника интегралов Ферми-Дирака [3].

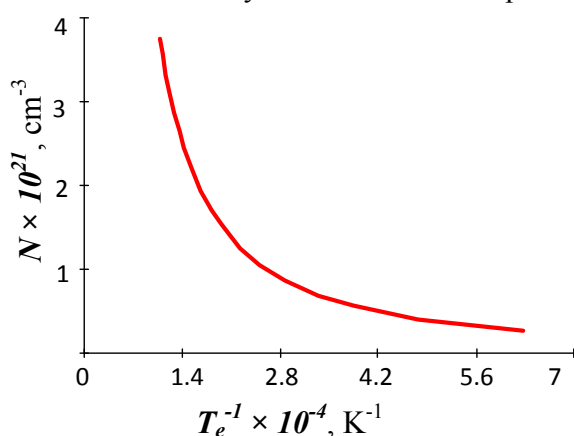


Рис. 1. Зависимость концентрации электронов и температуры при вырождении электронного газа кремния.

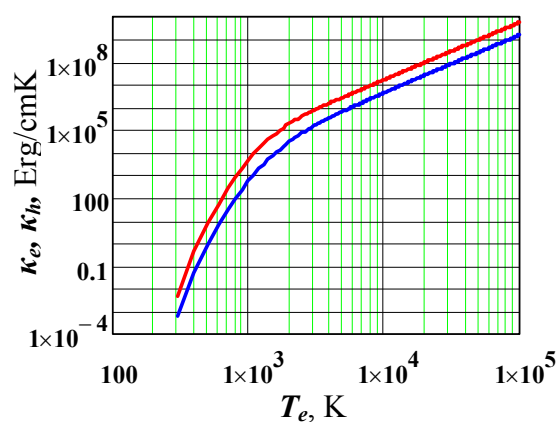


Рис. 2. Теплопроводность электронов и дырок кремния.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ грант № 15-11-00032.

Литература:

1. V.I. Mazhukin, V.V. Nosov, U. Zemmler, «Issledovanie teplovykh i termouprugikh polei v poluprovodnikakh pri impulsnoi obrabotke», *Matematicheskoe modelirovanie*, v. 12, № 2, 75-83 (2000).
2. V.I. Mazhukin, A. V. Shapranov, O.N.Koroleva, A.V. Rudenko. Molecular dynamics simulation of critical point parameters for silicon. *Mathematica Montisnigri*, v. XXXI, pp.56-76, (2014).
3. O.N. Koroleva, A.V. Mazhukin, V.I. Mazhukin, P.V. Breslavskiy, «Approximation of Fermi-Dirac integrals of different orders used to determine the thermal properties of metals and semiconductors», *Mathematica Montisnigri*, Vol XXXV, pp. 37-53 (2016).

ATOMISTIC SIMULATION OF SILICON PHONON SUBSYSTEM PROPERTIES

A.V. Mazhukin, O.N. Koroleva

Keldysh Institute for Applied Mathematics of RAS Moscow, Russia

Statement of computational experiment is associated with the problem of determining the thermophysical, thermodynamic, optical, mechanical and other characteristics of the substance [1]. In case of violation of local thermodynamic equilibrium in the semiconductor material (silicon) material is presented in the form of two subsystems: electron and phonon (lattice). To determine phonon properties of the silicon used molecular dynamic approach. Figures 1 and 2 show dependences the melting temperature T_m of the pressure p and heat of vaporization L_v on temperature T , obtained from atomistic simulation. As one of the most important problems in molecular-dynamic approach is the choice of the interparticle potential in the figures are shown simulation results with Stillinger-Weber and KIHS potentials. The melting temperature is compared with the experimental data. Stillinger-Weber potential better conveys the dependence of melting temperature vs pressure and KIHS better conveys temperature dependence of heat of vaporization.

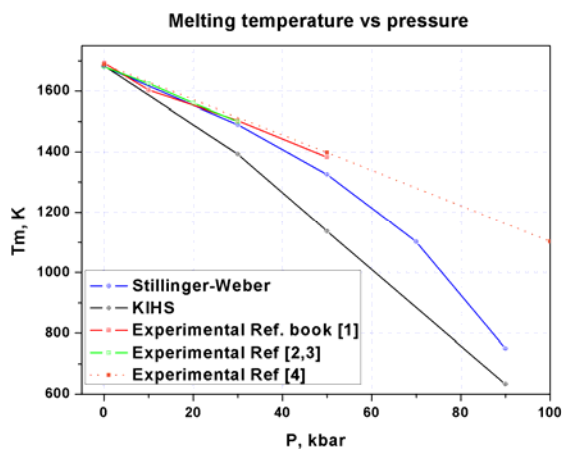


Fig. 1. Dependence $T_m(P)$ for Stillinger-Weber potential (blue line) and KIHS (black line).

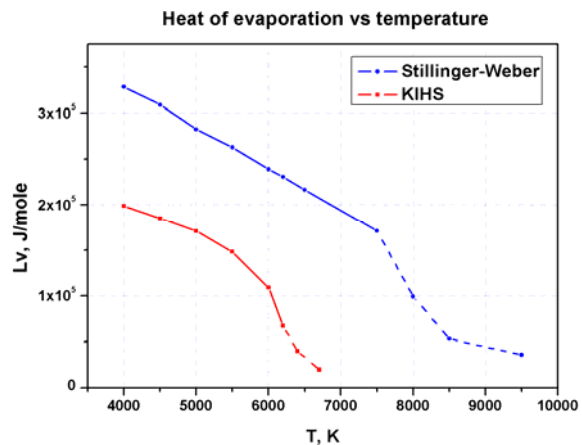


Fig. 2. Dependence $L_v(T)$ for Stillinger-Weber potential (red line) and KIHS (green line)

Acknowledgement: This work was supported by RFBR projects Nos 16-07-00263, 15-07-05025.

References:

1. V.I. Mazhukin, V.V. Nosov, U. Zemmler, «Issledovanie teplovykh i termouprugikh polei v poluprovodnikakh pri impulsnoi obrabotke», Matematicheskoe modelirovanie, v. 12, № 2, 75-83 (2000).

АТОМИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ФОНОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ КРЕМНИЯ

А.В. Мажукин, О.Н. Королева

*Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,
Москва, Россия*

Постановка вычислительного эксперимента сопряжена с проблемой определения теплофизических, термодинамических, оптических, механических и других характеристик вещества [1]. В случае нарушения локального термодинамического равновесия в полупроводниковом веществе (кремний) вещество представляется в виде двух подсистем: электронной и фононной (решетка). Для определения фононных свойств кремния используется молекулярно-динамический подход. На рисунках 1, 2 представлены зависимости температуры плавления T_m от давления p и теплоты испарения L_v от температуры T , определенные из атомистического моделирования. Поскольку одной из наиболее важных проблем в молекулярно-динамическом подходе является выбор межчастичного потенциала на рисунках приведены результаты моделирования с потенциалами Stillinger–Weber и KIHS. Температура плавления сравнивается с экспериментальными данными. Потенциал Stillinger–Weber лучше передает зависимость температуры от давления, а KIHS лучше зависимость теплоты испарения.

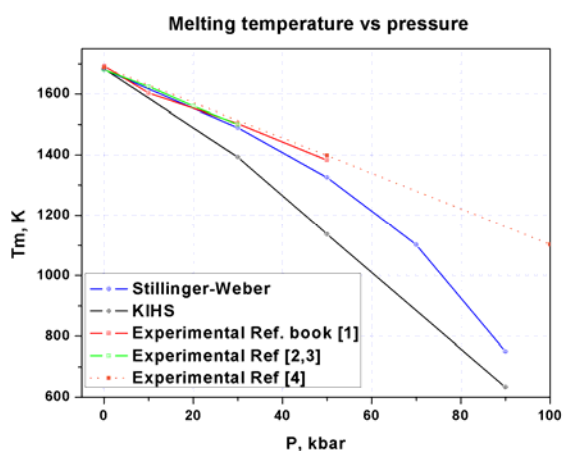


Рис. 1. Зависимость $T_m(P)$ для потенциалов Stillinger-Weber (голубая линия) и KIHS (черная линия).

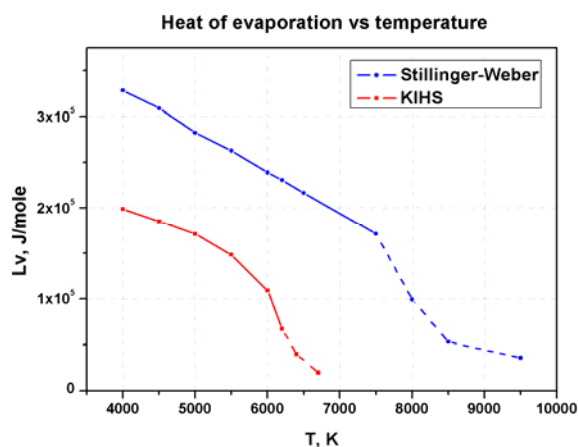


Рис. 2. Зависимость $L_v(T)$ for Stillinger-Weber potential (red line) and KIHS (green line).

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ гранты №№ 16-07-00263, 15-07-05025.

Литература:

1. V.I. Mazhukin, V.V. Nosov, U. Zemmler, «Issledovanie teplovykh i termouprugikh polei v poluprovodnikakh pri impulsnoi obrabotke», Matematicheskoe modelirovanie, v. 12, № 2, 75-83 (2000).

HETEROGENEOUS MELTING/CRYSTALLIZATION OF METALS

V.I. Mazhukin, A.V. Shapranov

Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia

The necessity of modeling of processes of phase transformation in a wide range of overheating/overcooling of metals is associated with the appearance of new modes of laser action. The kinetic approach to the description of the melting/crystallization processes leads to two main alternative expressions for the phase front velocity: with diffusion and thermal limiting. Kinetic version of Stefan problem needs to obtain a functional relationship in a broad range of deviations from the equilibrium melting temperature. However, which of the two expressions, suggested by kinetic approach should be used here - no clarity so far [1-3].

Was carried out molecular dynamics simulation of heterogeneous melting/crystallization of the three metals with two types of crystal lattices: face centered (aluminum, copper), and a body-centered cubic (iron). Modeling was carried out under conditions where the melting/crystallization front propagates over overheated/overcooled phase, for two values of the external pressure - 0 and 80 kbar in two crystallographic directions - (100) and (111). Was obtained the dependence of the phase front velocity on the deviation from local thermodynamic equilibrium in a wide temperature range.

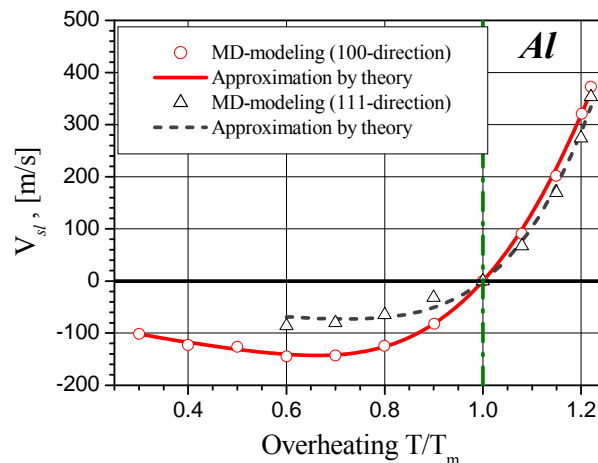


Fig.1. Dependence of the phase front velocity on overheating.

Was obtained approximation of simulation results by both kinetic expressions within the whole temperature range. Equally good agreement has been achieved due to the introduction of additional adjustable factor α in the index of exponent of both expressions.

Acknowledgement: This work was supported by RFBR projects Nos 16-07-00263, 15-07-05025.

References:

1. M.D. Kluge, J.R. Ray. "Velocity versus temperature relation for solidification and melting of silicon: A molecular-dynamics study", Phys. Rev. B, Vol. 39, No 3, 1738-1746 (1989).
2. C.J. Tymczak, J.R. Ray. "Asymmetric Crystallization and Melting Kinetics in Sodium: A Molecular-Dynamics Study", Phys. Rev. Lett., Vol.64, No 11, 1278-1281 (1990).
3. Y. Ashkenazy, R.S. Averbach. "Kinetic stages in the crystallization of deeply undercooled body-centered-cubic and face-centered-cubic metals", Acta Materialia, Vol.58, No 2, 524-530 (2010).

ГЕТЕРОГЕННОЕ ПЛАВЛЕНИЕ/КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛОВ

В.И. Мажукин, А.В. Шапранов

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

Необходимость моделирования процессов фазового превращения в широких диапазонах перегрева/переохлаждения металлов связана с появлением новых режимов лазерного воздействия. Кинетический подход к описанию процессов плавления/кристаллизации приводит к двум основным альтернативным выражениям для скорости фазового фронта: с диффузионным ограничением и тепловым. Кинетический вариант задачи Стефана нуждается в получении такой функциональной зависимости в широком диапазоне отклонений от равновесной температуры плавления. Однако, какое из двух выражений, предлагаемых кинетическим подходом, надо здесь использовать – ясности нет до настоящего времени [1-3].

Выполнено молекулярно-динамическое моделирование процесса гетерогенного плавления/кристаллизации трех металлов с двумя типами кристаллических решеток: гранецентрированной (алюминий, медь) и объемно-центрированной кубической (железо). Моделирование проводилось в условиях, когда фронт плавления/кристаллизации распространяется по перегретой/переохлажденной фазе, для двух значений внешнего давления – 0 и 80 кбар, в двух кристаллографических направлениях – (100) и (111). Получена зависимость скорости фазового фронта от величины отклонения от локального термодинамического равновесия в широком температурном диапазоне (рис. 1).

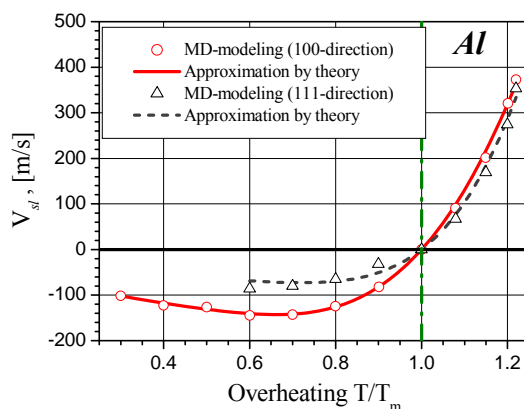


Рис.1. Зависимость скорости фазового фронта от величины перегрева.

Во всем температурном диапазоне получена аппроксимация результатов моделирования обоими кинетическими выражениями. Одинаково хорошего согласования удалось достичь благодаря введению дополнительного регулирующего коэффициента α в показатель экспоненты обоих выражений.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты №№ 16-07-00263, 15-07-05025.

Литература:

1. M.D. Kluge, J.R. Ray. "Velocity versus temperature relation for solidification and melting of silicon: A molecular-dynamics study", Phys. Rev. B, Vol. 39, No 3, 1738-1746 (1989).
2. C.J. Tymczak, J.R. Ray. "Asymmetric Crystallization and Melting Kinetics in Sodium: A Molecular-Dynamics Study", Phys. Rev. Lett., Vol.64, No 11, 1278-1281 (1990).
3. Y. Ashkenazy, R.S. Averbach. "Kinetic stages in the crystallization of deeply undercooled body-centered-cubic and face-centered-cubic metals", Acta Materialia, Vol.58, No 2, 524-530 (2010).

RADIATIVE CONDUCTIVITY AND ELECTRIC FIELD IN PIN DIODE

A.V. Berezin, Y.A. Volkov, M.B. Markov, I.A. Tarakanov

Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail:liu_roach@mail.ru

Space satellites operate in very complex radiation environment. One of physical phenomena that affects satellites operability is radiation conductivity generation in active areas of microelectronic devices. The main problem of this effect investigation is to connect the radioactive exposure with radiation conductivity current density. The electric field that is generated by operating volt-ages is should be taken into consideration. Silicon PiN diode is an effective device for such a connection establishment. This instrument is designed to have very high sensitivity to visible light and infrared radiation. Diodes are also capable to register X-ray and low energy gamma radiation. Instrument calibration connects directly light reverse current of irradiated PiN diode with the radiation dose absorbed in active zone by. Alternatively, light reverse current is equal to full current of charge carriers from diode active zone.

Therefore, silicon PiN diode is a dosimeter and the simplest semiconductor device at the same time. It makes PiN diode an effective feature for experimental validation of radiation conductivity mathematical model. One can compare measured light reverse current with calculated current of charge carriers in active area. Additionally, it is possible to control radiation dose by comparing the calculated value with measured one. It is of great importance, that experimental value of radioactive dose is connected by calibration with the light reverse current from the same experiment. So PiN diodes mathematical modeling is an important stage of radiation induced conductivity of microelectronics theoretical investigation. Another self-sufficing purpose is the investigation of PiN diode behavior in experiments with high intensity radiation of accelerators.

Specialists of Keldysh Institute of Applied Mathematics design software package for modeling the interaction of charged particles and photons with complex technical objects in real operating conditions. Package includes computation modules with unified data exchange protocol and user interface. In addition, package includes supporting modules.

Mathematical model of radiation conductivity in semiconductors is based on jointed solution of classic and quantum kinetic equations with scattering and Maxwell equations for electromagnetic field. Computational module for calculating radiation conductivity in active areas of micro-electronic devices is included as a part of complex radiation effects code. External free particles create excess charge carriers – electrons of conductivity and holes of valence band. Collision's integral in quantum kinetic equations describes charge carriers scattering on phonons and impurities. The statistic particle method is carried out numerical solving of quantum and classic kinetic equations. This method combines stochastic modeling of carrier scattering and particles motion in self-consistent and external electromagnetic field.

Commercial BPW34 PIN photodiode was chosen for modeling radiation detector. This photodiode usually is used in photo-interrupters or infrared control devices. Our software package is used for modeling field distribution in operating BPW-34 diode and to calculate dark and light reverse current. Calculation of radiation source by radiation transport module is based on RIUS-5 accelerators experiments.

Results of reverse dark current calculations are comparable with basic, experimental measured characteristics. Results of light reverse currents calculation are compared with accelerators experiment.

Acknowledgement: The reported study was partially supported by RFBR, research project No. 14-01-00350, No. 15-01-03027

THE HANDLING OF RESULTS OF THE RADIATION TRANSPORT STATISTICAL MODELING BY USE OF THE NEURAL NETWORKS

Varvara A. Egorova, Mikhail E. Zhukovskiy

*Keldysh Institute for Applied Mathematics of RAS; Moscow, Russia
eva24372@gmail.com*

The modeling of radiation transport often requires to approximate its results from one detector points system to another. In particular, it needs when modeling is carried out using the discrete model of irradiated object and the results have to be obtained on the real object. Modeling of the radiative electromagnetic field, for instance, requires approximation of electron emission simulation results from radiation transport detector system to differential grid used for solving the Maxwell equation. The approximation of functions in 3D geometry is non-trivial problem.

An approach based on using the neural networks is developed for solving the approximation problem [1]. The multi-layer perceptron is chosen for construction neural network (fig. 1).

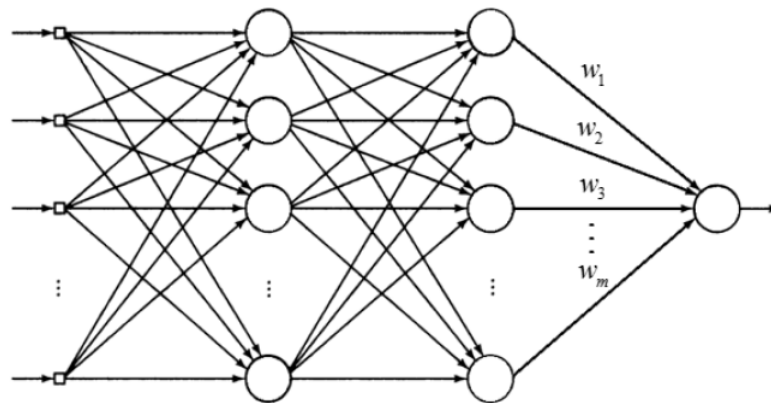


Fig. 2. Multi-layer perceptron.

Network training is worked out by using the algorithm of back propagation of error [2]. The elaborated method is applied for approximating the 3D data calculated by Monte Carlo modeling of electron emission generated by X-ray radiation from boundary surfaces of irradiated object. Results of modeling are required to transfer from given detector point system to the set of the points on the boundary surface. The approximation is obtained as the response of constructed neural network. The results of approximation show applicability of the neural networks for solving the problems in question.

Acknowledgments: This work is supported by Russian Fund for Basic Researches, grants N 14-01-00350 and N 15-01-03027

References:

1. K. Hornik, M. Stinchcombe and H. White. "Universal approximation of unknown mapping and its derivatives using multilayer feedforward networks", *Neural Networks*, Vol. 3, 551-560 (1990).
2. S. Saارينen, R.B. Bramely and G. Cybenko. "Neural Networks, backpropagation and automatic differentiation", in *Automatic Differentiation of Algorithms: Theory, Implementation and Application*, A. Griewank and G.F. Corliss, eds., Philadelphia: SIAM, 31-42 (1992).

МНОГОМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОХОЖДЕНИЯ ФЛЮИДА ЧЕРЕЗ КЕРН

В.О. Подрыга¹, С.В. Поляков^{1,2}

¹ИИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 125047, Россия, Москва, Миусская площадь, 4

²НИЯУ МИФИ, 115409, Россия, Москва, Каширское шоссе, 31

pvictoria@list.ru

Настоящий доклад посвящен технологиям моделирования нелинейных процессов в кернах, извлекаемых из нефте- и газодобывающих скважин с целью исследования свойств углеводородных пластов. Одним из современных подходов к решению данного класса задач является создание мультифизичной многомасштабной математической модели керна и исследование ее компьютерными методами. Данный подход позволяет минимизировать количество натуральных экспериментов, предсказать эволюцию свойств пластов и прогнозировать их нефте- и газоотдачу в течение большого временного периода. Для реализации указанного подхода необходимо следующее: 1) создать максимально приближенную к реальности многопараметрическую модель керна; 2) включить в рассмотрение многокомпонентный и многофазный состав и сложную реальную геометрию керна; 3) разработать вычислительные основы для моделирования процессов просачивания многокомпонентных жидких и газовых смесей через керн; 4) провести масштабные калибровочные расчеты.

В настоящей работе предпринята попытка создания такой многофакторной математической модели и вычислительных основ для ее компьютерного и суперкомпьютерного анализа. При разработке модели учитывались четыре основных масштаба: длина и диаметр керна, характерный размер пор породы, из которой состоит керн, и микромасштаб, на котором происходят нелинейные взаимодействия флюида со стенками пор. В качестве флюида в полной модели будет использоваться многокомпонентная двухфазная жидкость, состоящая из нефти, воды и пузырьков газовой смеси воздуха и метана. Также не исключается, что флюид может содержать отколовшиеся от стенок пор мелкие частицы породы. На данном этапе нами рассматривается упрощенная модель, где в качестве флюида используется смесь метана и воздуха. Для этой упрощенной модели предлагаются численные методы расчета на основе уравнений многокомпонентной квазигазодинамики [1, 2] с коррекцией кинетических коэффициентов и уравнений состояния, формируемых с помощью методов молекулярной динамики [3]. Предложена также параллельная реализация данной методики, создана соответствующая параллельная программа, выполнены предварительные тестовые расчеты.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты №№ 16-29-15081-офи_м, 16-29-15095-офи_м).

Литература:

1. Т.Г. Елизарова, "Квазигазодинамические уравнения и методы расчета вязких течений", М.: Научный мир (2007).
2. Ю.В. Шеретов, "Регуляризованные уравнения гидродинамики", Тверь: Твер. гос. ун-т (2016).
3. J.M. Haile, "Molecular Dynamics Simulations. Elementary Methods", NY: John Wiley & Sons Inc. (1992).

MAGNETOROTATIONAL MECHANISM OF CORE-COLLAPSED SUPERNOVA EXPLOSION

S.G. Moiseenko¹, G.S.Bisnovaty-Kogan^{1,2}, N.V.Ardelyan³

¹*Space Research Institute, Moscow, Russia*

²*National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute),
Moscow, Russia*

³*Moscow State University, Moscow, Russia
moiseenko@iki.rssi.ru*

We discuss results of 2D numerical simulations^{1,2,3} of the MagnetoRotational(MR) mechanism of core-collapsed supernova explosion. The simulations were done using free Lagrange completely conservative method on triangular grid of variable structure using operator-difference scheme. Equation of state for the hot dense matter was applied. Neutrino losses were taken into account.

Acknowledgements: This work was partially supported by grants RFBR 14-02-00728 and grant for leading scientific schools NSH -6579.2016.2.

References:

1. N.V.Ardeljan, G.S.Bisnovaty-Kogan, S.G.Moiseenko “Magnetorotational supernovae”, MNRAS, 59, 333-344 (2005)
2. S.G.Moiseenko, G.S.Bisnovaty-Kogan, N.V.Ardeljan “A magnetorotational core-collapse model with jets”, MNRAS, 370, 501-512 (2006)
3. S.G.Moiseenko, G.S.Bisnovaty-Kogan, “Development of the magneto-differential-rotational instability in magnetorotational supernova”, Astronomy Reports, 59 (7), 573-580 (2015)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ОТ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В.В. Тюренкова, В.Б. Бетелин, В.Ф. Никитин, Н.Н. Смирнов, Б.П. Рыбакин, Л.И. Стамов

ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований РАН»,

Москва, Россия

e-mail: tyurenkova.v.v@yandex.ru

Целью настоящей работы является изучение влияния различных факторов электромагнитного поля сверхвысокой частоты на эффективность защиты радиоэлектронных устройств от этого поля; важным фактором является не только энергия и частота, но и скорость защищаемого проводящей оболочкой объекта относительно источника поля. Этот фактор, как правило, слабо актуален для наземных объектов, но для объектов, движущихся с космической скоростью важность его становится высока.

Скорость источника поля относительно защищаемого объекта оказывает очень сильное влияние на глубину проникновения поля в защитный проводник и, соответственно, на его внутренний разогрев. Если объект движется навстречу источнику поля с космической скоростью, то скин-слой, куда проникает поле, очень тонкий. Напротив, если объект удаляется от источника, глубина проникновения поля становится велика, составляя в исследованном случае десятки процентов от толщины защитного слоя. Очевидно, при соответствующем выборе параметров можно подобрать такие, что защитный слой и не будет выполнять свои функции, пропуская несколько ослабленное поле вглубь. Из этого следует несколько важных выводов: глубина проникновения поля (важнейшая характеристика магнитозащитных материалов) должна рассчитываться с учетом движения объекта защиты относительно воздействующего поля. Обычно защитные материалы тестируют в земных условиях, где такую скорость создать практически невозможно, такой тест для космических объектов недостаточен. Практически встает необходимость теоретического расчета проникновения такого поля и соответствующей доработки имеющейся теории глубины скин-слоя с учетом этого движения.

Поперечный осциллирующий ток в защитной пластине возбуждается за счет компоненты скорости, касательной к плоскости этой пластины, его влиянием на выделение тепла Джоуля пренебрегать нельзя, поскольку в ряде случаев он может быть даже сильнее тока, возбуждающегося вдоль пластины. Такой ток вызывает образование осциллирующего поверхностного заряда на внешней границе проводника.

Для достаточно тонкой пластины из металла при наличии охлаждения термостатом изнутри и тепловым излучением снаружи профиль температуры устанавливается, для выбранных параметров, примерно за 0.1 секунду, и дальнейший процесс стабилизируется. Следует отметить, что максимальный подъем температуры – свыше чем на 150 градусов от первоначального уровня – получен при максимальной скорости удаления от источника поля.

Очень большое значение для поддержания защитных свойств имеет система охлаждения. Используемые в работе граничные условия термостата изнутри стабилизируют систему, не допуская критического ее разогрева, но тепловое излучение в вакуум при заданных умеренных температурах оказалось значительно слабее, чем требуется в рассмотренных условиях для компенсации выделяющегося тепла Джоуля. Следует ожидать значительно более высоких температур в менее благоприятных условиях внешних тепловых потоков.

Благодарности: Работа выполняется при поддержке РФФИ (грант № 14-29-09128-офи_м).

GRB AFTERGLOW OBSERVATIONS BY INTERNATIONAL SCIENTIFIC OPTICAL NETWORK (ISON)

A. Pozanenko¹, E. Mazaeva¹, A. Volnova¹, L. Elenin², A. Mokhnatkin², R. Inasaridze³, V. Aivazyan³,
I. Reva⁴, A. Kusakin⁴, N. Tungalag⁵, S. Schmalz⁶, E. Chornaya⁷, A. Matkin⁷, A. Erofeeva⁷, E.
Litvinenko⁸, K. Polyakov⁹, V. Nevski⁹, A. Ivanov¹⁰, Yu. Krugly¹¹, G. Paronyan¹², V. Voropaev²,
I. Molotov²

¹*Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IKI), 84/32 Profsoyuznaya Str,
Moscow, Russia, 117997*

²*Keldysh Institute of Applied Mathematics, Miusskaya sq., 4, Moscow, Russia, 125047*

³*Kharadze Abastumani Astrophysical Observatory, Ilia State University, Kakutsa Cholokashvili Ave
3/5, Tbilisi 0162, Georgia*

⁴*Fesenkov Astrophysical Institute, Observatory 23, 050020 Almaty, Kazakhstan*

⁵*Khureltogoot Observatory of Research Center of Astronomy and Geophysics, Ulaanbaatar, Mongolia*

⁶*Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam (AIP), An der Sternwarte 16, 14482 Potsdam, Germany*

⁷*Ussuriysk Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Far East Branch,
Gornotayojnoye, Ussuriysk region, Primorsky Krai, Russia, 692533*

⁸*Central Astronomical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Pulkovskoye chaussee 65,
Saint-Petersburg, Russia, 196140*

⁹*JSC Astronomical Science Center, Moscow, Russia*

¹⁰*Kuban State University, 149 Stavropolskaya Str, Krasnodar, Russia, 350040*

¹¹*Institute of Astronomy of Kharkiv National University, 35 Sumska Str, Kharkiv, 61022, Ukraine*

¹²*Byurakan Astrophysical Observatory, Byurakan 0213, Aragatzotn province, Armenia*

The International Scientific Optical Network (ISON) [1] is devoted to space debris observations, search and follow up comets and asteroids and GRB follow up observations. Currently the ISON consists of 46 worldwide automated and two robotized telescopes of small apertures (0.22 – 1.0 m). Since 2010 we observed more than 140 GRBs (~30 per year) and detected about 40 GRB afterglows.

The fastest observation started 72 seconds [2] (35 seconds after alert receiving) after GRB 150203A trigger onboard Swift observatory. The most interesting GRB optical transient discovered and reported for the first time is GRB 130427A [3]. Also we performed long term monitoring of V404Cygni outburst in 2015 [4].

We present statistics of ISON GRB observations, consider light curves of most important GRB afterglows, and discuss requirements for a future development of ISON for GRB observations. We also discuss the efficiency of the ISON for follow up future LIGO/Virgo gravitational wave sources.

References:

1. I. Molotov, et al., “International scientific optical network for space debris research”, *Advances in Space Research*, Vol. 41, Iss. 7, p. 1022-1028 (2008)
2. L. Elenin et al., “GRB 150203A: ISON-NM early optical limit”, *GRB Coordinates Network, Circular Service*, No. 17399 (2015)
3. Elenin et al., “GRB 130427A: early optical observations”, *GRB Coordinates Network, Circular Service*, No. 14450 (2013)
4. M. Kimura et al., “Repetitive patterns in rapid optical variations in the nearby black-hole binary V404 Cygni”, *Nature*, Vol. 529, No. 7584, p.54–58 (2016)

КОНСТАНТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ

М.Е. Жуковский, С.В. Подоляко, Р.В. Усков, М.Б. Марков

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

e-mail: psv66@mail.ru

Фундаментальную роль при статистическом моделировании переноса излучения играют вероятностные распределения характеристик частиц, изменяющихся в процессах их взаимодействия с веществом [1]. Эти распределения рассчитываются в виде табулированных функций на основе обработки сечений рассматриваемых процессов.

Для получения указанных таблиц разработан программный модуль, предназначенный для подготовки вероятностных распределений для элементарных и составных веществ.

На Рис. 1 и Рис.2 приведены примеры результатов работы программного модуля.

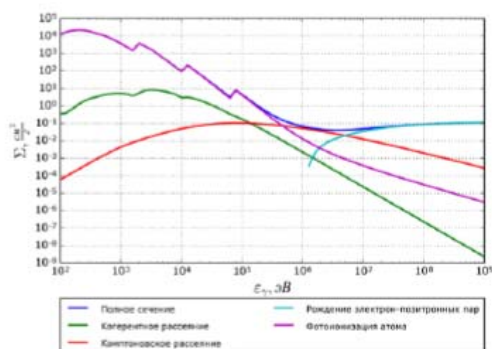


Рис. 1. Сечения процессов взаимодействия γ - квантов в вольфраме

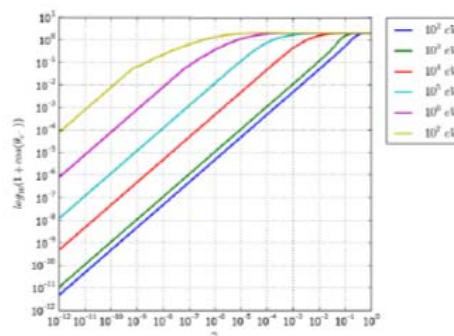


Рис. 2. Вероятностные распределения угла упругого рассеяния электрона в железе

Показаны преимущества реализованного подхода к построению распределений для программы статистического моделирования взаимодействия ИИ с веществами при реализации на гетерогенных суперкомпьютерах.

Основным источником исходных данных для модуля является база данных Национального центра ядерных данных. Для проверки качества получаемых с помощью созданного программного модуля энергетических и угловых распределений фотонов и электронов при их взаимодействии с веществом проведены сравнения результатов расчетов с данными базы NIST XCOM.

Разработанный модуль включен в качестве составной части в программный комплекс РЭМП [2], разработанный в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 15-01-03027 и № 14-01-00350.

Литература:

1. Кольчужкин А.М., Учайкин В.В. "Введение в теорию прохождения частиц через вещество", М.: Атомиздат, (1978).
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012660589 «Библиотека функций для вычисления параметров радиационных и электромагнитных полей». Правообладатель: ФГБУН ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. 23.11.2012.

THE HIGH-CURRENT ELECTRON BEAM PROPAGATION IN EXITED GAS

Inozemtseva K.K., Lutsky A.E., Markov M.B.

Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: inozem.k0@gmail.com

The report presents a mathematical model of the relativistic electron beam propagation in a linear accelerator's testing volume. We consider relativistic electrons transport in a gas, which transfers in a weakly ionized medium under the radiation influence. All substantial collisions of electrons with gas neutral molecules are taken into account: elastic scattering, impact ionization, bremsstrahlung and excitation. Secondary electrons appear in continuous spectrum due to impact ionization of gas by primary beam electrons. They are proposed to achieve an equilibrium with a gas instantly. An electron beam generates self-consistent electromagnetic field, affecting its propagation. Because of electron scattering energy releases into the medium and causes various and enduring gas disturbance which affects thermodynamic and, therefore, scattering properties of gas. Next beam emerging from output device interacts with the new scattering medium. One can obtain new distribution of beam electrons using information about thermodynamic state of medium at given moment. The report presents comparison of several beam emergences.

The model includes hydrodynamic equations describing the dynamics of heated gas considered to be a perfect fluid and Vlasov-Maxwell equations describing the beam electrons distribution and self-consistent electromagnetic field. Time scale corresponding hydrodynamic processes notably differs from time scale corresponding electromagnetic processes, which can be presumed instantaneous in terms of hydrodynamics. Such a situation allows separate calculation of each type of processes with the only connection between the two is implemented through one-time data exchange. Energy distribution obtained from electrodynamic calculation acts as initial conditions for hydrodynamic part. Hydrodynamic calculation gives density distribution that enables to obtain scattering properties of medium and use them as initial conditions for beam propagation modelling.

Acknowledgements: The reported study was partially supported by RFBR, research project No. 14-01-00350, No. 15-01-03027

References:

1. A. Andrianov A., A. Berezin, A., A. Vorontsov, K. Efimkin, V. Zinchenko, M. Markov, A. Chlenov "Modeling the electron beam from the accelerator LIA-10 on the multiprocessor computer system", *Mathematical Modeling*, Vol. 22, No 2, 29-44 (2010)
2. A. Andrianov, A. Berezin, A. Vorontsov, K. Efimkin, V. Zinchenko, M. Markov, "The radiative electromagnetic fields modeling at the multiprocessor computing systems", *Mathematical Modeling*, Vol. 20, No 3, 98-114 (2008)
3. A. Berezin, A. Krukov, B. Plyushchenkov, "The method of electromagnetic field with the given wave front calculation" *Mathematical Modeling*, Vol. 23, No 3, 109-126 (2011)

MODELLING THE EXPOSURE OF BREMSSTRAHLUNG GENERATED BY THE CALAMARY ELECTRON ACCELERATOR IN PINHOLE CAMERA

Mikhail E. Zhukovskiy¹, Mikhail B. Markov¹, Sergey V. Podoliako¹, Roman V. Uskov¹,
Evgeny D. Kazakov²

¹*Keldysh Institute for Applied Mathematics of RAS; Moscow, Russia*

²*National Research Center "Kurchatov Institute"; Moscow, Russia*

roman.uskov@gmail.com

The generation of bremsstrahlung produced by interaction between CALAMARY (fig. 1) electron beam and epoxy target is considered. X-ray film located in pinhole camera is then exposed by generated bremsstrahlung. The probability of bremsstrahlung getting through the pinhole is very small. This is considered as small parameter of the experiment and taken into account explicitly. Weight modification of Monte-Carlo is built for both electron and photon transport to increase statistical value of every simulated trajectory. Parallel code is designed for modeling of electron and photon transport by usage of graphical processors as arithmetical coprocessors and using the NVIDIA© CUDA technology. Simulated distribution of radiation dose received by the film is then converted into exposure levels distribution. Sensitivity function of the film is considered.



Fig. 1. CALAMARY high current generator

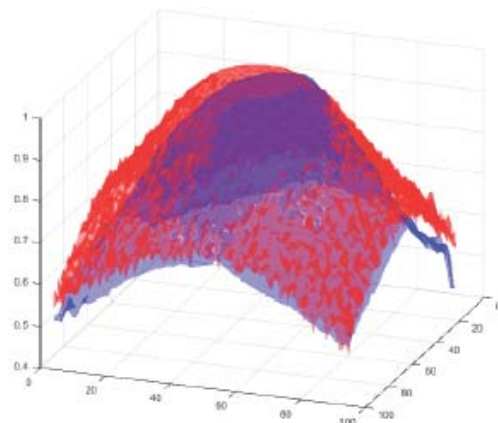


Fig. 2. Comparison of exposure modeling results and experimental data

The comparison between the exposure simulation and the exposure of actual film is carried out. It shows qualitative coincidence between the calculated and experimental data (fig. 2).

Acknowledgments: This work is supported by Russian Fund for Basic Researches, grants N 14-01-00350 and N 15-01-03027.

SPECTRAL ESTIMATES OF CAUCHY'S OPERATOR ON BERGMAN SPACE OF HARMONIC FUNCTIONS

Djordjije Vujadinović

Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Montenegro, Podgorica 81 000

web page: <http://www.pmf.ac.me>

e-mail: djordjijevuj@t-com.me

In this paper we investigate the asymptotic behaviour of singular numbers of the operator $P_h C P_h$; where C is Cauchy's operator and P_h is the orthogonal projection from $L^2(D)$ onto harmonic function subspace. We prove that $s_n(P_h C P_h) = O(1/n)$; as $n \rightarrow +\infty$. Moreover, we find the upper and lower asymptotic estimate,

$$\pi^{-1} \leq \lim_{n \rightarrow +\infty} n s_n(P_h C P_h) \leq \pi^{-1} \left(35 + \frac{21}{2\sqrt{6}} \right) + 7\sqrt{6}.$$

Key words: Cauchy's operator, harmonic functions, singular numbers of a compact operator.

SCHWARZ LEMMA FOR HARMONIC MAPPINGS

David Kalaj¹

¹*University of Montenegro, Džordža Vašingtona br 18, Podgorica Montenegro*

e-mail: davidkalaj@gmail.com

We prove the following generalization of Schwarz lemma for harmonic mappings. If u a harmonic mapping of the unit ball B_n into itself such that $u(0)=0$ and

$$\|u\|_p := \sup_r \left(\int_S |u(r\eta)|^p d\sigma(\eta) \right)^{1/p} < \infty,$$

$p \geq 1$ then we obtain the sharp inequality $|u(x)| \leq g_p(|x|) \|u\|_p$ for some smooth function g_p vanishing in 0. Moreover, we obtain an explicit form of the sharp constant C_p in the inequality $\|Du(0)\| \leq C_p \|u\|_p$. Those two results extend some known result from harmonic mapping theory ([Chapter VI, 1]).

References:

1. S. Axler, P. Bourdon and W. Ramey, "Harmonic function theory", Springer Verlag New York, (1992).
2. D. Kalaj, "Schwarz lemma for harmonic mappings in the unit ball", arXiv:1506.06410, (2015)

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРЫВНОГО МЕТОДА ГАЛЁРКИНА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЁХМЕРНЫХ ЗАДАЧ ОБТЕКАНИЯ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Краснов М.М.¹, Кучугов П.А.¹, Ладонкина М.Е.^{1,2}, Тишкин В.Ф.¹

¹Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Миусская пл., 4
²Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 15
kmm@kiam.ru, pkuchugov@gmail.com, ladonkina@imamod.ru, v.f.tishkin@mail.ru

При численном моделировании газодинамических течений в областях со сложной геометрией необходимо использовать подробные неструктурированные сетки и численные методы высокой точности. Для решения задач такого типа хорошо зарекомендовал себя метод Галеркина с разрывными базисными функциями или Discontinuous Galerkin Method (DGM) [1]. Данный метод обладает рядом достоинств, присущих как конечно-элементным, так и конечно-разностным аппроксимациям [2]. При этом разрывный метод Галёркина обладает существенной вычислительной сложностью, поэтому встает вопрос о максимально эффективном использовании всех возможностей вычислительной техники. С целью ускорения вычислений при создании расчетного модуля использовались операторный метод программирования, а также методы шаблонного метапрограммирования языка C++ [3].

Пример результатов численных расчётов, полученных при моделировании с применением разрывного метода Галёркина и их сопоставление с экспериментальными данными [4] в один момент времени приведен на Рис. 1.

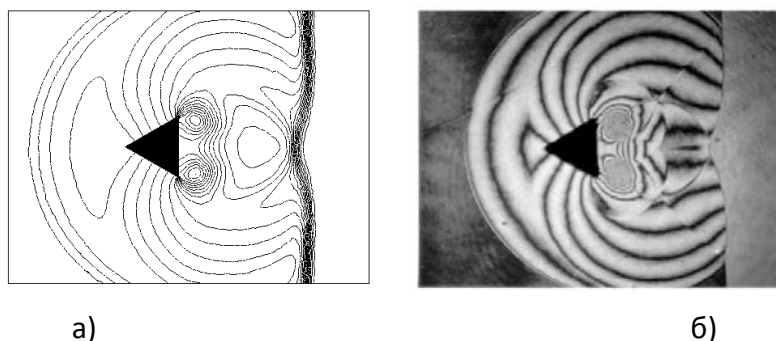


Рис. 3. Результаты численного моделирования взаимодействия ударной волны с треугольной призмой а) и экспериментальные данные из [4] б) в момент времени 130 мкс.

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-11-10033).

Литература:

1. B. Cockburn, “An Introduction to the Discontinuous Galerkin Method for Convection - Dominated Problems, [Advanced Numerical Approximation of Nonlinear Hyperbolic Equations \(Lecture Notes in Mathematics\)](#)”, Vol. 1697, 151-268 (1998).
2. М.Е. Ладонкина, В.Ф. Тишкин, “Обобщение метода Годунова, использующее кусочно-полиномиальные аппроксимации” Дифференциальные уравнения, Т. 51, № 7, 899-907 (2015).
3. М.М. Краснов, “Операторная библиотека для решения многомерных задач математической физики на CUDA” Математическое моделирование, Т. 27, № 3, 109-120 (2015).
4. S.-M. Chang, K.-S. Chang, “On the shock–vortex interaction in Schardin’s problem”, Shock Waves, Vol. 10, 333–343E (2000).

APPLICATION OF DISCONTINUOUS GALERKIN METHOD FOR MODELING OF THREE-DIMENSIONAL PROBLEMS OF FLOW PAST SOLID BODIES

Krasnov M.M.¹, Kuchugov P.A.¹, Ladonkina M.E.^{1,2}, Tishkin V.F.¹

¹*Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Russia, Moscow, Miusskaya Sq., 4*

²*Lavrentyev Institute of Hydrodynamics of SB RAS, Novosibirsk, Av. ac. Lavrentyeva, 15
kmm@kiam.ru, pkuchugov@gmail.com, ladonkina@imamod.ru, v.f.tishkin@mail.ru*

In the numerical simulation of gasdynamic flows in areas with complex geometry it is necessary to use detailed unstructured grids and numerical methods of high accuracy. Galerkin method with discontinuous basis functions or Discontinuous Galerkin Method (DGM) [1] works well in dealing with such problems. This approach has several advantages inherent in both finite-element and finite-difference approximations [2]. At the same time discontinuous Galerkin method has a significant computational complexity, so the corresponding implementation should efficiently use all available computational capacity. In order to speed up the calculations operator programming method as well as methods of template meta-programming of C++ language [3] were applied while creating the computational module.

An example of the results of numerical calculations obtained by the modeling using a discontinuous Galerkin method and their comparison with the experimental data [4] at the same time is shown on Fig 1.

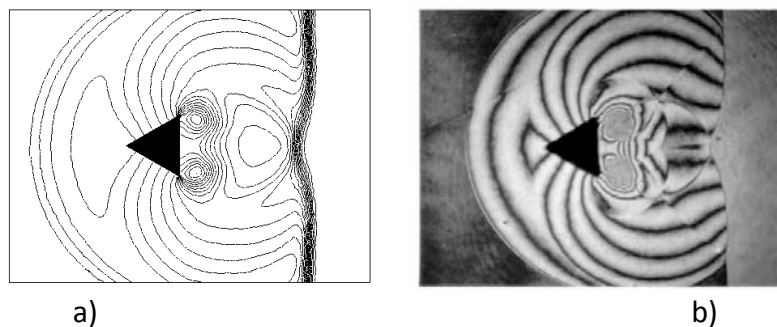


Fig. 1. The results of numerical modeling of the shock wave interaction with a triangular prism a) and experimental data from [4] b) in time moment 130 μ s.

Acknowledgements: The research was performed under financial support of Russian Science Foundation, grant No. 16-11-10033.

References:

1. B. Cockburn, "An Introduction to the Discontinuous Galerkin Method for Convection - Dominated Problems, [Advanced Numerical Approximation of Nonlinear Hyperbolic Equations \(Lecture Notes in Mathematics\)](#) ", Vol. 1697, 151-268 (1998).
2. M.E. Ladonkina, V.F. Tishkin, "Godunov method: a generalization using piecewise polynomial approximations" *Differential equations*, Vol. 51, No. 7, 895-903 (2015).
3. M.M. Krasnov, "Operator library for solving multidimensional mathematical physics problems on CUDA" *Matem. Mod.*, Vol. 27, No. 3, 109-120 (2015).
4. S.-M. Chang, K.-S. Chang, "On the shock-vortex interaction in Schardin's problem", *Shock Waves*, Vol. 10, 333-343E (2000).

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА НА ЭЛЕМЕНТЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Л.С. Новиков, Л.И. Галанина, Н.П. Чирская

НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ, Москва, Россия

galan_lidiya@mail.ru

При импульсном воздействии на вещество лазерного излучения генерируется высокотемпературная плотная плазма, являющаяся источником ионизирующего излучения, которое может быть использовано для изучения радиационных воздействий на материалы и элементы электронного оборудования космической техники. Импульсный характер генерируемых излучений позволяет использовать их для исследования явления возникновения одиночных сбоев [1].

Мощные фемтосекундные лазеры ($\sim 10^{22}$ Вт.см⁻²), обеспечивающие принципиальную возможность моделирования возникновения сбоев за счет механизма ядерных реакций и за счет воздействия тяжелых ионов высокой энергии, до настоящего времени остаются уникальными. В этой связи актуально изучение применения для исследования одиночных сбоев менее мощных малогабаритных фемтосекундных лазеров, производимых на серийной основе и достаточно простых в эксплуатации.

В настоящей работе даны оценки возможности применения Ti:Sa лазерной системы МЛЦ МГУ для изучения одиночных сбоев в микросхемах. Были исследованы энергетические спектры рентгеновского и гамма – излучений плазмы, образующейся при воздействии фемтосекундного Ti:Sapphire лазера с интенсивностью излучения 10^{18} Вт.см⁻² на галлиевую и молибденовую мишени [2]. Для полученных спектров с помощью программы GEANT4 [3] были рассчитаны распределения по глубине кремниевой мишени толщиной 2 мм числа электронов, создаваемых в мишени одним импульсом рентгеновского или гамма – излучения и оценено количество электронов, создаваемых в веществе микросхемы при заданных ее геометрических параметрах.

Было показано, что лазерно-плазменные источники ионизирующих излучений, созданные на базе фемтосекундных лазеров оптического диапазона с интенсивностью излучения на мишени $\sim 10^{18}$ Вт.см⁻², обеспечивают принципиальную возможность имитации возникновения одиночных сбоев в современных микросхемах за счет механизма прямой ионизации вещества мишени с использованием импульсов рентгеновского и гамма – излучений, возникающих при воздействии лазерного импульса на металлическую мишень.

Работа поддержана РФФИ (проект № 14-29-09244).

Литература:

1. Новиков Л.С. «Радиационные воздействия на материалы космической техники», М. Университетская книга, (2010).
2. И. Н. Цымбалов, С. А. Шуляпов «Исследование отказоустойчивости кремниевой микроэлектроники на лазерно- плазменных источниках гамма-квантов», Труды 4-ой Межвузовской научной школы молодых специалистов «Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине», 24-25 ноября 2015, МГУ, стр. 120-123 (2015)
3. <http://geant4.web.cern.ch>

CRYSTALLIZATION AND SHAPING PROCESSES OF OXIDE CRYSTALS

Ivleva L.I.

*A.M. Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow, Russia
e-mail: ivleva@ran.gpi.ru*

The problem of creating of profiled single crystals has practical importance due to using of different materials in the form of plates, tubes, rods, fibers for development of devices in such fields of science and technology as electronics, optics, laser techniques and some others. In the present work the modern state of investigations on fabrication of shaping oxide single crystal was considered. In 1938 N.V. Stepanov developed the new technique for shaping of solids of definite form from melts when melt near the crystallization front doesn't contact to walls of the vessel – Stepanov technique. Now Stepanov technique has many various modifications (more 10) which operate by the form of profile taking into account Curie symmetry principle, thermal properties of melt and growing crystal. The different modifications of Stepanov technique allows to grow structures of constant and variable compositions, to obtain crystals of given composition, to carry out the processes of collective growth and to optimize of techniques of capillary formation. Advantages and disadvantages of different variants of the Stepanov technique for obtaining of profiled oxide crystals will be considered. The peculiarities of the crystallization processes for different modifications of Stepanov technique will be indicated. Main growth defects, the reasons of their formation and methods of their elimination will be given. The growth conditions for obtaining from the melt sapphire crystals and strontium barium niobate single crystals in bulk-profiled configuration will be presented.

References:

1. P.I. Antonov, L.M. Zatulovskii, A.S. Kostygov, «Fabrication of shaping single crystals and products by Stepanov technique», Leningrad, Nauka, (1981).
2. S.T. Mileiko, V.I. Kazmin, “Crystallization of fibres inside a matrix: a new way of fabrication of composites”, *J.Mater.Sci.*, Vol.27, 2165-2172 (1992).
3. V.N. Kurlov, S.V. Belenko «Fabrication of different structure combinations in profiled sapphire crystals of variable composition by modified EFG- and NCS methods”, *Neorg.Mater.*, Vol.34, 1461-1465 (1998).
4. L.I. Ivleva, «Physico-chemical and technological peculiarities of fabrication of multicomponent oxide crystals from the melt by modified Stepanov technique”, *Izv.RAS, Ser. Phys.*, Vol.73, 1413-1415 (2009).
5. V.A. Tatarchenko, “Shaped crystal growth”(Fluid mechanics and its applications”, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, (2010).

ПРОЦЕССЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОКСИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Ивлева Л.И.

*Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, 119991, ул. Вавилова, 38
e-mail: ivleva@ran.gpi.ru*

Проблема получения профилированных монокристаллов имеет важное значение, обусловленное тем, что монокристаллы различных материалов в виде пластин, волокон, трубок, стержней различного поперечного сечения широко используются при создании приборов и устройств в таких отраслях науки и техники, как электроника, оптика, лазерная техника и ряд других. В настоящей работе рассматривается современное состояние исследований по получению профилированных оксидных монокристаллов. Предложенный впервые Н.В. Степановым в 1938 году способ формообразования твердых тел, при котором создание определенной формы материалов осуществляется в жидком расплавленном состоянии, когда расплав у фронта кристаллизации не контактирует со стенками сосуда, носит его имя. Способ Степанова имеет сегодня более десятка различных модификаций, при которых управление формой профиля осуществляется с учетом теплофизических параметров расплава и выращиваемого кристалла на основе принципа симметрии Кюри. Различные варианты данного способа позволяют не только управлять формой кристалла, но и формировать структуры постоянного и переменного составов, получать кристаллы с заданными свойствами, осуществлять методы группового выращивания и оптимизировать технологии капиллярного формообразования. Указываются преимущества и недостатки предлагаемых вариантов способа Степанова для получения профилированных оксидных монокристаллов. Исследованы особенности процессов кристаллизации при выращивании профилированных оксидных кристаллов. Рассматриваются основные ростовые дефекты, причины их образования и способы устранения. Приводятся примеры роста объемно-профилированных кристаллов сапфира и особенности выращивания кристаллов твердых растворов ниобата бария-стронция.

Литература:

1. П.И. Антонов, Л.М. Затуловский, А.С. Костыгов, «Получение профилированных монокристаллов и изделий способом Степанова», Ленинград, Изд-во Наука, (1981).
2. S.T. Mileiko, V.I. Kazmin "Crystallization of fibres inside a matrix: a new way of fabrication of composites", J.Mater.Sci., Vol. 27, 2165-2172 (1992).
3. В.Н. Курлов, С.В. Беленко, «Получение различных комбинаций структур в профилированных кристаллах сапфира переменного состава модифицированными EFG- и NCS – методами», Неорганические материалы, т.34, №12, 1461-1465 (1998).
4. Л.И. Ивлева «Физико-химические и технологические особенности получения многокомпонентных оксидных кристаллов из расплава модифицированным способом Степанова», Изв. РАН, Сер.Физ. т.73, № 10С, 1413-1415 (2009).
5. V.A.Tatarchenko, "Shaped crystal growth (Fluid mechanics and its applications)", Kluwer Academic Publishers, Netherlands (2010).

SCINTILLATION Ce-DOPED $Gd_3Al_2Ga_3O_{12}$ CRYSTALS AND ITS OPTICAL PROPERTIES

N.S. Kozlova^{1*}, O.A. Buzanov², V.M. Kasimova¹, A.P. Kozlova¹, E.V. Zabelina¹, D.A. Spasskiy³

¹National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russia; ²Company Fomos-Materials, Moscow, Russia; ³Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

*e-mail: Kozlova_nina@mail.ru

Cerium-doped gadolinium–gallium–aluminum garnet ($Gd_3Al_2Ga_3O_{12}:Ce^{3+}$, GGAG:Ce) is a promising scintillating crystal. This new material was synthesized for the first time in 2011 [1,2]. The crystal structure of GGAG belongs to the cubic system, space group $Ia\bar{3}d$. It is non-hygroscopic, and it has high stopping power. Such properties allows to consider the GGAG:Ce crystals for the application in various highly demanded areas including radiation monitoring and medical imaging. However the origin of the high light yield is not clear so far. Moreover an analysis of the literature data shows that some fundamental characteristics of this material, in particular the refractive index, have not been measured. Thus, the purpose of this study was to determine the optical characteristics of GGAG:Ce crystals.

GGAG:Ce crystals were grown at “Fomos-Materials” Ltd. by the Czochralski method on an upgraded Kristall-3m set-up.

The spectral dependences of the absorption and reflection coefficients of GGAG:Ce were obtained under normal incidence of naturally polarized light in the wavelength range of 250–800 nm using the UV-Vis-NIR spectrophotometer Cary-5000 (Agilent Technologies) with the accessory “UMA”. Luminescence and excitation spectra were measured using a deuterium D 200 VUV lamp at $T = 79$ K

The reflectance and transmittance spectra were measured for p and s-polarized light in the wavelength range of 300–800 nm at the angle of light incidence $10^\circ - 75^\circ$ with a step of 5° . Based on these data, the spectral dependences of the absorption coefficient were calculated taking into account the reflection. Three absorption bands were detected in the absorption and luminescence excitation spectra. The bands at 420–460 nm and 340 nm are ascribed to Ce^{3+} while the band at 270 nm arise due to electron transitions in Gd^{3+} .

Two spectrophotometric methods were used for obtaining the refractive indices: (1) definition of the Brewster angles and (2) measurements of the reflection spectra from one surface at the angle of incidence close to normal [3]. As a result we have calculated the refractive indices, plotted the dispersion dependence, and approximated the experimental data using the Cauchy equation [3].

References:

1. K. Kamada, T. Yanagida, T. Endo, et al., *IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record.*, p. 1927 (2011)
2. K. Kamada, T. Yanagida, T. Endo, K. Tsutumi, Y. Usuki, M. Nikl, Y. Fujimoto, A. Fukabori, and A. Yoshikawa, *J. Cryst. Growth* 352, 35 – 38 (2012)
3. N.S. Kozlova, O.A. Busanov, E.V. Zabelina, A.P. Kozlova, and V.M. Kasimova, *Crystallography Reports*, vol. 61, No. 3, 474–478 (2016)

HIGH-ENERGY ELECTRONS BEAM INTERACTIONS WITH SOLID-STATE BARRIER

A.V. Berezin, F.N. Voronin, V.A. Gasilov, M.B. Markov, M.E. Zhukovskiy

*Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences,
Miusskaya sq. 4, Moscow, 125047, Russia
e-mail: raveaprouch@mail.ru*

High-energy electrons and photons beam spreads in a vacuum and interacts with solid-state barrier, erasing it and generating electromagnetic field. Mathematical model of the phenomena includes high-energy electrons transfer, elastic and inelastic scattering, bremsstrahlung and medium excitation [1]. We apply Monte Carlo method to compute particle propagation [2, 3]. Current of high-energy electrons generate electromagnetic field, energy release of high-energy electrons results in the melting and deformation of a solid-state barrier. Finite-difference scheme for Maxwell equations is used to compute electromagnetic field [4]. The dynamics of solid-state barrier under influence of electrons flux are modeled by equations of two-temperature fluid dynamics [5]. We consider influence of fluid dynamics effects on scattering medium properties. It is assumed that electrodynamic and thermomechanical behavior change are insignificant during particle life time. The key feature is a straight account of cross-coupling of electromagnetic field and dynamics of solid-state barrier. Finite-difference scheme for Maxwell equations contains convective current caused by the motion of ionized substance of solid-state barrier. The Lorentz force is taken into account in equations of fluid dynamics, subject to the conservation of the entire system of equations describing the electromagnetic field and substance. Preliminary results of numerical methods development and testing are represented.

The calculations were performed on supercomputers K-100 (KIAM RAS), MVS-100K (JSCC RAS), and Lomonosov (RCC MSU).

References:

1. N. Mott, H.S.W. Massey, "The theory of atomic collisions", IIL, Moscow, (1949)
2. A. Andrianov, A. Berezin, A. Vorontsov, K. Efimkin, V. Zinchenko, M. Markov, "The radiational electromagnetic fields modeling at the multiprocessor computing systems", *Mahtemactical Modeling*, Vol. 20, No 3, 98-114 (2008)
3. M. Zhukovskiy, R. Uskov, "Modeling of interaction between gamma rays and matter on hybrid computers", *Mahtemactical Modeling*, Vol. 23, No 7, 20-32 (2011)
4. A. Berezin, A. Krukov, B. Plyushchenkov, "The method of electromagnetic field with the given wavefront calculation" *Mahtemactical Modeling*, Vol. 23, No 3, 109-126 (2011)
5. V. Gasilov, et al. "Towards an Application of High-Performance Computer Systems to 3D Simulations of High Energy Density Plasmas in Z-Pinches", *Applications, Tools and Techniques on the Road to Exascale Computing*. IOS Press: *Advances in Parallel Computing*, Vol. 22, 235-242 (2012).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ КАПЕЛЬНО-ВОЗДУШНЫМ ПУТЁМ

Л.В. Клочкова, В.Ф. Тишкин

*ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
klud@imamod.ru*

Успехи цивилизации, научно-технический прогресс, достижения медицины, к сожалению, на данный момент не привели к снижению инфекционных и неинфекционных болезней среди населения планеты. Более того, растет число онкологических, сердечно - сосудистых, респираторных, эндокринных заболеваний, нервно-психических расстройств. Появилась группа новых, так называемых эмерджентных инфекций, в том числе СПИД, парентеральные гепатиты и другие. Одной из причин такого положения является снижение коллективной резистентности населения планеты в результате глобального неблагоприятного воздействия на организм человека социальных (недостаточное и неполноценное питание), экологических (загрязнение атмосферы и окружающей среды техногенными факторами), медицинских (неоправданное применение некоторых лекарственных средств, наркотиков, алкоголя, стресс и др.) факторов. Все эти причины отрицательно влияют на иммунную систему, вызывают иммунодефициты.

Грипп передается воздушно-капельным путем и чрезвычайно контагиозен. Некоторые модели предполагают, что дальность рассеивания вируса не превышает 2-3 метра. Непосредственно вокруг больного образуется зараженная зона с максимальной концентрацией мелкодисперсных аэрозольных частиц. Частицы размером 100 мкм и более (крупнодисперсная фаза) быстро оседают. При прямом контакте с источником инфекции в зараженной зоне вирусные частицы аспирируются и задерживаются на эпителии дыхательных путей восприимчивого организма. Инкубационный период болезни в среднем составляет 2 суток, инфекционный (лихорадочный) период продолжается 2-4 дня, и заболевание заканчивается в течение 8-10 дней. Эта эмпирическая модель эпидемии гриппа отражает динамику развития эпидемии среди населения города при непрерывном заражении контактирующих лиц за счет воздушно-капельного механизма. Соотношения построенной на её основе математической модели представляют систему нелинейных интегро-дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями. Однако подобного рода модели опровергаются многочисленными эмпирическими факторами. В современных условиях угрозы распространения эпидемий подобного рода требуют более адекватных моделей. В докладе предлагается более общая модель.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 14-01-00145_a).

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ МЭГ-ЗАДАЧИ В ПЛОСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ

М.А. Галченкова^{1,3}, А.С. Демидов^{1,2}, А.С. Кочуров²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет),
 Долгопрудный, Россия,
 e-mail: galchenkova.mari@gmail.com

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
 e-mail: demidov.alexandre@gmail.com, kochurov@mech.math.msu.su

³Theoretical Department, DEPHAN, Skolkovo

Магнитоэнцефалография (МЭГ) – это неинвазивное измерение магнитных полей, созданных электрической активностью в мозге. Пространственное разрешение метода при использовании наиболее современных приборов достигает всего нескольких миллиметров, а временное разрешение составляет миллисекунды, что позволяет регистрировать распространение активности из одной области в другую.

Основная техническая трудность МЭГ заключается в том, что проблема определения изменений в мозге, исходя из измерений магнитного поля вне головы («обратная проблема»), не имеет, по существу, единого решения. Проблема поиска наилучшего решения является объектом интенсивных исследований в настоящее время.

В отличие от прямой задачи магнитоэнцефалографии, где по заданному распределению импульсов $Q:Y \rightarrow R_3$ электрического тока, требуется вычислить магнитное поле B согласно закону Био-Савара, обратная МЭГ-задача – это задача, в которой требуется найти распределение импульсов $Q=(Q_1; Q_2; Q_3)$ электрического тока, создаваемого синхронной активностью больших масс нейронов в множестве $Y \subset R_3$; соответствующем коре головного мозга, используя данные индуцированного ими слабого магнитного поля B , порядка $10^{-13} - 10^{-15}$ тесла. Эти данные измеряются на двумерной поверхности X , примыкающей к голове пациента, благодаря надетому на него шлему с датчиками SQUID. Таким образом, обратная МЭГ-задача – это задача, в которой при заданном поле $B=(B_1; B_2; B_3) : R_3 \ni x \rightarrow B(x)$ требуется найти вектор-функцию $Q=(Q_1; Q_2; Q_3)$ из системы 3-х интегральных уравнений 1-го рода:

$$\sum_{m=1}^3 \int K_{lm}(x-y) Q_m(y) dy = B_l(x), \quad l = 1, 2, 3,$$

где

$$K(s_1, s_2, h) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{h}{|s_1^2 + s_2^2 + h^2|^3} & \frac{-s_2}{|s_1^2 + s_2^2 + h^2|^3} \\ \frac{-h}{|s_1^2 + s_2^2 + h^2|^2} & 0 & \frac{s_1}{|s_1^2 + s_2^2 + h^2|^2} \\ \frac{s_2}{|s_1^2 + s_2^2 + h^2|^2} & \frac{-s_1}{|s_1^2 + s_2^2 + h^2|^2} & 0 \end{pmatrix}$$

Итогом данной работы являются точные решения в условиях плоской аппроксимации.

Литература:

1. M. Hamalainen et al, "Magnetoencephalography: theory, instrumentation, and applications to noninvasive studies of the working human brain", *Reviews of Modern Physics*, Vol. 65, No 2, 413-497 (1993)
2. M.I. Vishik and G.I. Eskin, "Elliptic equations in convolution in a bounded domain and their applications", *Russian Mathematical Surveys*, Vol. 22, No 3, 13–75 (1967).

ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА МНОЖИТЕЛЕЙ ЛАГРАНЖА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ КОНТАКТНЫХ ЗАДАЧ

М.П. Галанин, П.В. Глизнуцина, В.В. Лукин, А.С. Родин

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия
e-mail: gliznutsinapv@gmail.com

Ключевые слова: контактная задача, метод конечных элементов, метод множителей Лагранжа, метод контакт точка-поверхность, метод контакт поверхность-поверхность, метод контакт поверхность-поверхность с подсегментами.

Рассмотрена задача о контактном взаимодействии двух деформируемых упругих тел в двумерной постановке. Для аппроксимации упругой задачи применен метод конечных элементов на четырехугольных билинейных элементах. Для учета контактных условий реализован метод множителей Лагранжа с тремя вариантами реализации: «контакт точка - поверхность», «контакт поверхность - поверхность» и «контакт поверхность - поверхность с подсегментами». Проведены тестовые расчеты. Сравнительный анализ методов показал, что методы «контакт поверхность-поверхность» и «контакт поверхность - поверхность с подсегментами» позволяют получать более точные результаты, чем метод «контакт точка - поверхность». Метод «контакт поверхность - поверхность с подсегментами» позволяет сглаживать колебания поля напряжений, однако этот эффект проявляется на ограниченном круге задач.

LAGRANGE MULTIPLIER METHOD IMPLEMENTATIONS FOR TWO-DIMENSIONAL CONTACT PROBLEMS

M.P. Galanin, P.V. Gliznutsina, V.V. Lukin, A.S. Rodin

Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia,
e-mail: gliznutsinapv@gmail.com

Key words: contact problem, finite element method, Lagrange multiplier, node-to-surface method, standart mortar method, advanced mortar method.

Two-dimensional elastic contact problem is considered. Finite element method with bilinear shape functions is used. The Lagrange multiplier method for contact conditions implementation is used in three ways: node-to-surface method, mortar method and advanced mortar method. In the first method integration is performed with one point from master body and one point from slave body (for each finite element), in the second method integral over a segment of master body is evaluated. The third method is more like the second, except dividing each segment of master body on subsegments according to segments of slave body. Tests showed that the mortar method and the advanced mortar method are more accurate than

the node-to-surface method. The advanced mortar method is able to smooth the stress field fluctuations, but only in limited number of problems. A plane problem of contact interaction of the metal rail and composite orthotropic shell in cross-cut section of the electromagnetic accelerator barrel (railgun) is considered. Parallel software package for sparse linear systems of equations solving with MPI technology is designed.

DECOMPOSITION OF TENSOR-PRODUCTS OF IRREDUCIBLE MODULES OVER n -ARY BIALGEBRAS

B. Zekovich, V.A. Artamonov

*Faculty of Natural Science, Department of Mathematics, University of Montenegro,
Podgorica, Montenegro
e-mail: biljanaz@t-com.me*

In this paper, we consider semisimple decomposition of tensor products of some irreducible modules over n -ary bialgebras, which have dimension >1 . It is assumed that irreducible modules of the same dimension >1 are isomorphic. In the last paper, it is described semisimple decomposition of the tensor products of n irreducible modules, when the number of irreducible modules of dimension >1 does not exceed 2.

In this paper, we consider a more general case, when there are several irreducible modules of dimension >1 , in the tensor product. Under some restrictions, it is shown that this product contains a one-dimensional module as a direct summand and it is described decomposition of tensor products of irreducible modules in direct sum of irreducible ones.

Reference:

1. B. Zekovich, “Initial consideration about tensor product of irreducible modules over n -bialgebras, appear”, International Conference «Mathematical and Information Technologies, MIT-2016», Vrnjacka Banja, Serbia – Budva, Montenegro, (2016).
2. B. Zekovich, “The properties of tensor-products of the irreducible modules over n -bialgebras, appear”, XIV International Seminar Mathematical Model & Modeling in Laser-Plasma Processes & Advanced Science Technologies. Program, Abstracts and Lectures, Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS, Moscow, Russia, pp. 119 (2016).
3. V.A. Artamonov, “On semisimple Hopf algebras with few representations of dimension greater than one”, Union Matematica Argentina, V. 51, No 2, 91-105 (2010).
4. B. Zekovich, “Relations between n -ary and binary comodules”, Quasigroups and Related Systems V. 23, 325-332(2015).
5. B. Zekovich, “ n -ary (co) modules over n -ary (co) algebras”, Alg. and Disc. Math, No 4, 80-89 (2008).
6. S. Dascalescu, Nastasescu, S. Raianu, “Hopf algebras, An introduction”, Pure and Applied Mathematics: a series of Monographs and Textbooks/235, Marcel Dekker, Inc, NY, BASEL, (2000).

BIFURCATION THEORY IN REACTION DIFFUSION SYSTEMS

Jelena Dakić

*Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Montenegro
e-mail: jelenaadakic@gmail.com*

This work focuses on the application of abstract bifurcation theorems to concrete dynamic system described by ODE and PDE. We formulate an abstract bifurcation task and give classical and contemporary abstract theorems about bifurcations. Also, there is described how the abstract results are applied to prove the existence of periodic solutions in system of ODE. In this way we prove the classical Hopf bifurcation theorem, as well as some important generalizations of it. In the second part of work we apply the abstract theorems to examine the periodic solutions of reaction-diffusion systems. This application requires complex mathematical techniques because the dynamic systems are infinite-dimensional. Some attention we also give to applications of reaction-diffusion systems for describing the processes known in chemistry and biology.

ON THE GENERALIZATION OF SEVERAL CLASSICAL THEOREMS RELATED TO RING THEORY

Sanja Jancic Rasovic

*Faculty of Natural Science and Mathematics, University of Montenegro,
Dzordza Vasingtona bb, 81000 Podgorica, Montenegro.
Email: sabu@t-com.me*

In the first part of this paper we construct the class of P-hyperring and we show that between P-hyperring and the hyperring of its left translations it is possible to establish isomorphism under certain conditions. This is generalization of the analogue theorem related to classical rings.

Then, we deal with the hyperring of polynomials. We show that under certain conditions hyperring of polynomials satisfies the theorem analogue to the Hilbert's theorem about base and theorem related to Euclidean algorithm.

References:

1. S. Jancic Rasovic, "On a class of P-hyperrings", *Mathematica Montenegro*, Vol. XVIII-XIX, (2005-2006).
2. S. Jancic Rasovic, "About the hyperring of polynomials", *Italian Journal of Pure and Applied Mathematics*, Vol. 21, (2007).
3. I. Cristea, S.Jancic Raovic, "Composition hyperring, in *Analele Stiintifice ale Universitatii Ovidius Constanta*", *Seria Matematica*, Vol. 21(2), (2013).

ON AN APPROACH OF DEFINING δ^2 WITH APPLICATIONS

Jela Šušić

*University of Montenegro, Faculty of Mathematics, Cetinjski put bb, Montenegro
e-mail: jela.susic@gmail.com*

We define a space of bounded linear functionals over discontinuous functions which we call a new distributions space. We show that the product of approximation of δ -distributions converges toward a δ distribution. We apply the latter conclusion on the photon distribution equation and prove existence of a physically reasonable solution in a special situation.

References:

1. P. Dirac, "The Principles of Quantum Mechanics (International Series of Monographs on Physics)", Oxford Science Publications, (1999).
2. M.G. Garcia, G.A. Omel'yanov, "Kink-antikink interaction for semilinear wave equation with a small parameter", Electronic J. Of Differential Equations, Vol.2009, No. 45, 1-26 (2009).
3. D. Mitrovic, "On the heat equation involving the δ distribution as a coefficient", Mathematical and Computer Modelling Vol. 50, No 1, 109-115 (2009).
4. A.A. Samarskii, A.P. Mikhailov, "Mathematical Modeling: Ideas. Methods. Examples", Physical and Mathematical Literature Publishing Company, Russian Academy of Sciences, Moscow (2002).
5. L. Schwartz, "La Theorie des Distributions", Hermann, Paris, (1966).
6. J.F. Colomeau, "Elementary Introduction in New Generalized Functions", North-Holland, Amsterdam, (1985).
7. M. Nedeljkov, S. Pilipovic, D. Scarpalezos, "The Linear Theory of Colombeau Generalized Functions", Pitman Res. Notes Math., Longman Sci. Tech., Harlow, Vol. 259, (1998).
8. A. Bredimas, "On the Lamropoulos-Luco's δ " no go" conjecture in variational flux synthesis", Annals of Nucl. Energy, Pergamon Press, Vol. 5, 565-568 (1978).
9. V.G. Danilov, D. Mitrovic, "Delta shock wave formation in the case of triangular hyperbolic system of conservation laws", Journal of Differential Equations, Vol. 245, 3704-3734 (2008).

ОБОБЩЕННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ В РАЗРАБОТКЕ КОДОВ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД

А. С. Болдарев

*Институт Прикладной Математики им. М. В. Келдыша РАН, Москва
boldar@itamod.ru*

В течение ряда лет в ИПМ РАН разрабатывается и используется трехмерный код MARPLE для моделирования процессов в высокотемпературной плазме. Исследовательский характер этого кода налагает требование универсальности, чтобы можно было легко добавлять учитываемые физические процессы, менять термодинамическую модель среды, аппроксимации, способы учета тех или иных явлений и т. д. Разнообразие типов решаемых нами задач и естественное желание использовать при их решении имеющуюся в MARPLE инфраструктуру (распределенная работа с неструктурированными сетками, общая организация вычислений, аппроксимации, визуализация результатов и т. д.) привело к тому, что с помощью кода MARPLE проводятся расчеты в различных предметных областях.

Код создавался как универсальный легко достраиваемый код, это достигалось благодаря его структуре и широкому использованию объектно-ориентированных возможностей языка C++. В настоящее время к коду легко могут быть добавлены новые солверы, уравнения состояния, граничные условия и т. д. Однако остались некоторые “жестко зашитые” элементы, такие как набор величин в ячейках сетки, и это приводит к определенным проблемам при переходе к другой предметной области. Например, газодинамические задачи приходится трактовать как частный случай двухтемпературной МГД, в результате хранятся и обрабатываются нерелевантные для данной предметной области величины, такие как вторая энергия, компоненты магнитного поля...

Грамотное использование обобщенного программирования (с помощью шаблонов в C++) позволяет решить проблему создания большого количества однотипных солверов – например, одно- и двухтемпературной МГД, газодинамики, моделей турбулентности и др. Солвер становится шаблоном, в котором содержатся все общие черты перечисленных частных солверов – организация вычисления потоков и их учета, вычисление “наветренных” величин с той или иной коррекцией и т. д., в то время как конкретные алгоритмы вычисления и сложения потоков и т. п. для выбранной конкретной системы уравнений передаются в шаблон в виде параметров.

С другой стороны, широкое применение конструкций обобщенного программирования (шаблоны, виртуальные функции и т. д.) вступает в противоречие с необходимостью оптимизации скорости вычислений на вычислительных системах современной архитектуры.

МГД МОДЕЛИРОВАНИЕ КАПИЛЛЯРНЫХ РАЗРЯДОВ С РАЗНОЙ ФОРМОЙ СЕЧЕНИЯ КАНАЛА

Г.А. Багдасаров¹, О.Г. Ольховская¹, П.В. Сасоров¹, С.В. Буланов², С.С.Буланов³, И.В. Гасилова¹,
В.А. Гасилов¹

¹*Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва 125047, Россия*

²*Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California 94720, USA*

³*National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST),
Kansai Photon Science Institute, 8-1-7 Umemidai, Kizugawa, Kyoto 619-0215, Japan
gennadiy3.14@gmail.com*

Капиллярные разряды используются во множестве экспериментов, например, по лазерному ускорению электронов [1] и генерации рентгеновского излучения [2], как простые и робастные устройства для получения плазмы с заданными параметрами. В большинстве таких экспериментов используются капилляры с круглой формой сечения канала. Такая форма канала существенно упрощает как теоретические, так и численные исследования происходящих в них процессов, т.к. уменьшает размерность задачи и позволяет использовать 1D модели и коды. Поэтому капилляры с иной формой сечения канала используются, гораздо реже, не смотря на их преимущества. Например, капилляры с квадратным сечением канала проще как в плане производства, так и проведения диагностики происходящих внутри процессов. Данная работа посвящена численному магнитогидродинамическому (МГД) моделированию капилляров с разной формой сечения канала с помощью 3D кода MARPLE [3].

Благодарности: Работа поддержана грантами РФФИ №№ 15-01-06195 и 16-31-00360.

Литература:

1. W.P. Leemans, et al., Phys. Rev. Lett. 113, 245002 (2014)
2. B.R. Benware, et al., Phys. Rev. Lett. 81 (1998)
3. V.A. Gasilov, et al., IOS Press, "Advances in parallel computing" 22, 235 (2012)

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ И РАСЧЕТА СЛОЖНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ

М.В.Михайлюк, М.А.Торгашев

*ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», Москва,
mix@niisi.ras.ru*

Моделирование динамики и управления роботами в системах виртуального окружения требует имитации работы электрических двигателей и электрических схем вычисления управляющих сигналов. Имитация вычисления управляющих сигналов заключается в вычислении величины напряжения, подаваемого на электрический двигатель в зависимости от степени воздействия оператора на элемент управления. Для этого удобно использовать так называемые функциональные схемы. Они состоят из функциональных блоков, реализующих широкий набор функций (логические, алгебраические, интегрально-дифференциальные, тригонометрические, цифровые, динамические и др.). Для построения функциональной схемы разработан специальный визуальный редактор BlockEditor, в котором разработчик может располагать функциональные блоки в его рабочем поле и соединять их входы и выходы в нужном порядке. Оставшиеся свободными входы и выходы блоков образуют соответственно входы и выходы функциональной схемы. Редактор автоматически определяет оптимальные линии соединения блоков, а также предоставляет возможности корректировки и масштабирования схемы, загрузки и выгрузки ее частей, а также отладочный режим вычисления значений ее выходов.

Важной особенностью модуля управляющих схем является возможность пользователя самому создавать новые, необходимые ему функциональные блоки. Это может понадобиться, когда область его исследований является нестандартной или когда алгоритм управляющего блока является коммерческой тайной. Такие блоки называются плагинами и помещаются в отдельную библиотеку блоков редактора BlockEditor. Для задания функциональности таких блоков пользователю нужно разработать специальные DLL-модули на языке программирования высокого уровня - Microsoft Visual C++.

На каждом шаге моделирования динамики робота на входы функциональной схемы поступают воздействия оператора на элементы управления (кнопки, джойстики, регуляторы и т.д.). Затем производится вычисление значений выходов этой схемы, которые направляются на электрические двигатели виртуальных моделей роботов. Для повышения скорости вычислений в подсистеме расчета функциональных схем с расширенной функциональностью на текущем шаге пересчитываются только те ветви схемы, в которых изменились значения входных сигналов по сравнению с предыдущим шагом.

Разработанные в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН программные модули, реализующие описанные методы построения и расчета сложных функциональных схем управления роботами прошли апробацию на комплексе RobSim в рамках созданной в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН системы визуализации «GLView» для имитационно-тренажерных комплексов, которая показала их адекватность требованиям эргономичного интерфейса.

Благодарности: Работа выполняется при поддержке РФФИ (грант № 16-07-01104).

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ НА GPU СТРУЙ ВОДЫ И ПЕНЫ В ВИРТУАЛЬНЫХ СЦЕНАХ

А.В. Мальцев, М.А. Торгашев

*ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований РАН»,
Москва, Россия
avmaltcev@mail.ru*

Объекты реальной среды, моделируемые в виртуальном пространстве, обладают различной формой, происхождением и свойствами. Широкий класс среди них составляют объекты, не имеющие четких геометрических границ, такие как струи жидкостей и пены. Данные объекты представляют собой совокупность большого количества мелкоразмерных частиц, число которых достигает сотен тысяч и даже миллионов. Поэтому многие из существующих методов и алгоритмов не позволяют проводить их моделирование и реалистичную визуализацию в реальном времени, необходимом для корректной работы в составе систем виртуального окружения и имитационно-тренажерных комплексов. Для решения этой проблемы в данной работе предлагаются эффективные распределенные методы и алгоритмы моделирования динамики и рендеринга виртуальных объектов, образованных множеством мелкоразмерных частиц, на многоядерных GPU с применением архитектуры параллельных вычислений CUDA и шейдерной модели последнего поколения.

В момент формирования изображения каждого кадра выполняется два этапа обработки системы частиц. Первый состоит в вычислении с использованием CUDA состояния системы в заданный момент времени в виде массива данных о частицах. На этом этапе производится формирование новых частиц и расчет текущих параметров уже существующих, а также удаление частиц, время жизни которых истекло. Для реалистичного моделирования струй воды и пены в работе реализована возможность выбора формы эмиттера системы (круглый или прямоугольный), а также предложены алгоритмы получения в программе-ядре CUDA псевдослучайных чисел с равномерным и нормальным распределениями без использования дополнительной библиотеки cuRAND.

Второй этап предполагает визуализацию полученного массива с синтезом «на лету» необходимой геометрии частиц, расчетом их освещенности и наложением текстур. Для реализации данного этапа задействованы вершинный, геометрический и фрагментный шейдеры. Геометрический шейдер выполняет синтез полигональной модели частицы. В данной работе для частиц жидкости применяется модель в виде тригональной бипирамиды, а для частиц пены – «спрайт» (квадрат, постоянно повернутый лицевой стороной к виртуальной камере) с наложенной на него анимированной текстурой. Во фрагментном шейдере для каждого фрагмента каждой капли жидкости (частицы пены) определяется освещенность от источников света, размещенных в виртуальной сцене, с учетом применяемых к частицам материалов и различных текстур (диффузной, отражения, прозрачности и т.п.). Для вычисления реалистичной попиксельной освещенности от каждого из источников, используется собственная расширенная модель освещения, основанная на модели Фонга-Блинна, но учитывающая тени от объектов и направленные источники света.

Результаты работы апробированы в составе системы визуализации «GLView» для имитационно-тренажерных комплексов, созданной в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН.

Благодарности: Работа выполняется при поддержке РФФИ (грант № 16-07-00796).