

**Taras Shevchenko National University of Kyiv  
Astronomical Observatory**

**Astronomy and Space Physics  
in the Kyiv University**

**Book of Abstracts**

**International Conference**

**May 28 – May 31, 2019**

**Kyiv, Ukraine**

**ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

**Scientific organizing committee (SOC)**

**Chair V. Martyniuk (Ukraine)**

**Vice-Chairs V. Efimenko and V. Ivchenko (Ukraine)**

**Conference Secretary I. Lyk'yanyk (Ukraine)**

**SOC Members**

**A. del Popolo (Italy), B. Hnatyk (Ukraine), G. Milinevsky (Ukraine), I. Karachentsev (Russia), M. Gordovskyy (Great Britain), P. Homola (Poland), Yu. Izotov (Ukraine), R. Kostyk (Ukraine), V. Kleshchonok (Ukraine), V. Lozitsky (Ukraine), S. Parnovsky (Ukraine), V. Rosenbush (Ukraine), Ya. Yatskiv (Ukraine), V. Zhdanov (Ukraine)**

**Local organizing committee (LOC)**

**Chair V. Efimenko (Ukraine)**

**Vice-Chair I. Luk'yanyk (Ukraine)**

**LOC Members**

**O. Fedorova, A. Grytsai, R. Hnatyk, A. Mozgova, V. Ponomarenko, O. Sergienko, S. Zaichenko**

**LOC secretary V. Danylevsky (Ukraine)**

**E-mail: [conf2018@observ.univ.kiev.ua](mailto:conf2018@observ.univ.kiev.ua)**

**Place of the meeting**

**Astronomical observatory of the Taras Shevchenko national university of Kyiv, Observatorna str., 3**

**CONTENTS**

<b>Scientific organizing committee.....</b>	<b>2</b>
<b>Local organizing committee.....</b>	<b>2</b>
<b>Contents.....</b>	<b>3</b>
<b>Plenary Session.....</b>	<b>12</b>
<i>M. Gordovskyy, P.K. Browning, R. Pinto.</i> Combining MHD and kinetic methods in solar flare modelling.....	13
<i>N. Kiselev et al.</i> New two-channel photoelectric polarimeters: design and results of the first observations.....	14
<i>B.S. Novosyadlyj, Yu.A. Kulinich, V.M. Shulga, W. Han.</i> Emission of Dark Ages halos in 21-cm hyper-fine line of atomic hydrogen.....	15
<i>S.L. Parnovsky.</i> Black holes.....	16
<i>V.K. Rosenbush et al.</i> Comparative analysis of two comets of the Jupiter family: dust-rich 67P/Churyumov-Gerasimenko and dust-poor 2P/Encke.....	16
<i>N.G. Shchukina.</i> The present and future of solar physics in Ukraine...	17
<i>Yu.V. Shtanov.</i> Inflationary magnetogenesis with helical coupling.....	18
<i>Yu.T. Tsap, Yu.G. Kopylova.</i> On the electron acceleration by quasi-stationary electric fields in the lower solar atmosphere.....	20
<b>Astroparticle Physics, Gravitation and Cosmology.....</b>	<b>21</b>
<i>A.N. Alexandrov.</i> Gravitational lensing from the viewpoint of the qualitative theory of dynamic systems.....	22
<i>L.A. Berdina, V.S.Tsvetkova, V.M.Shulga.</i> Interband time delays in the Q2237+0305 quasar.....	22
<i>V. Beshley, O. Petruk.</i> Radio polarization maps of SN 1006.....	24
<i>I. Bilinsky, P. Berczik, A. Just, B. Shukirgaliyev, D. Ivanov.</i> Investigation of Galactic star clusters mass loss processes using the star-by-star large scale direct N-body simulations.....	24

## ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY

<i>M.S. Dmytriiev.</i> Superspace treatment of the spherically-symmetric configurations with gravitational field.....	25
<i>Yu.I. Fedorov.</i> Solar cosmic ray distribution function under prolonged particle injection.....	27
<i>E. Fedorova, B.I. Hnatyk, V.I. Zhdanov.</i> X-ray properties of 3C 111: primary nuclear emission and jet contamination.....	27
<i>V.D. Gladush.</i> Classical and quantum descriptions of the geometrodynamics of charged black holes.....	28
<i>R.B. Gnatyk.</i> Magnetar SGR 1900+14 as a very high energy gamma-ray source.....	30
<i>O.M. Gorbachenko, V.A. Plujko, K.M.Solodovnyk.</i> Comparison of E1 photon strength function expressions.....	30
<i>B.I. Hnatyk.</i> Transient sources of ultra high energy cosmic rays.....	31
<i>Yu. Kolesnyk, B. Shakhov.</i> The distribution of low energy particles in the heliosheath with take account of deceleration of the solar wind beyond of the termination shock.....	32
<i>O.V. Kompaniets, A.A. Vasylenko.</i> Compton-thin absorber in type 2 Seyfert Markarian 417 observed by NuSTAR and Swift/BAT.....	32
<i>Yu. Kulinich, B. Novosyadlyj, V. Shulga, W. Han.</i> Thermal emission of dark ages halos in lines of HeH <sup>+</sup> .....	33
<i>T. Kuzyo, O. Petruk.</i> Three-dimensional MHD Simulations of Tycho SNR.....	34
<i>D.A. Orikhovskiyi, V.A. Ponomarenko, A.O. Simon, V.V. Vasylenko, I.O. Izviekova.</i> Results of optical monitoring of active galactic nuclei Mrk 501, 1ES 1011+496, PKS 1510-089.....	35
<i>S. Parnovsky, I. Izotova.</i> Compact galaxies with active star formation: emission in the radio continuum at 1.4 GHz.....	36
<i>O.Petruk, M.Miceli, S.Orlando, D.Burrows, K.Frank, C.Argiroffi, F.Reale, G.Peres, F.Bocchino.</i> Collisionless shock heating of heavy ions in SN 1987A.....	37

## ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY

<i>L.S.Pilyugin, I.A.Zinchenko, P.P.Berczik.</i> Peculiar motions of the gas at the centre of the galaxy UGC 4056.....	38
<i>P. Plotko, R. Gnatyk.</i> Vela pulsar wind nebula: physical characteristics, radio and gamma-ray emission.....	38
<i>B.A. Shakhov, Yu.I. Fedorov, Yu.L. Kolesnyk.</i> Kinetics of charged particle propagation in the magnetic field under various directions of their injection.....	39
<i>V.I. Shyta, P.O. Nakaznoy.</i> Mathisson–Papapetrou equations in non-Lagrangian theory of gravity.....	39
<i>O.S. Stashko, V.I. Zhdanov.</i> Test body orbits around relativistic objects with scalar fields and the EHT image of accretion disk.....	40
<i>A.V. Tugay, S.Yu.Shevchenko.</i> Infrared counterparts of X-ray galaxies	41
<i>I.B. Vavilova, A. A. Elyiv, M. Yu. Vasylenko.</i> The algorithm of darning the Milky Way Zone of Avoidance to restore the large-scale distribution.....	41
<i>L.N. Volvach, A.E. Volvach, M.G. Larionov, G.C. MacLeod, P. Wolak.</i> A giant water maser flares in the Galactic source W49N....	42
<i>A.Yovych, V.Aushev.</i> Monte Carlo simulations of ultra high energy secondary neutrino detection in the DUNE experiment.....	43
<i>V. Voytsekhovsky, R. Gnatyk.</i> Which close active galaxy nuclei and star-burst galaxies can contribute to the observed flux of extremely high energy cosmic rays.....	44
<i>O.B. Zaslavskii.</i> Super-Penrose process.....	44
<i>B.O. Пелух, Ю.В. Тайцтра.</i> Нові аспекти поляризаційних ефектів у полі Керра.....	45
<i>В.М. Слюсар, В.І. Жданов, О.М. Александров.</i> Тестування загальної теорії відносності за допомогою Галактичного мікролінзування.....	46
<b>Astrometry and Small Bodies of the Solar System.....</b>	<b>47</b>
<i>S.M. Andrievsky, N. V. Bazyey, V.V. Zhukov, N.I. Koshkin, V. I. Kashuba, S. G. Kashuba, Yu.M. Gorbanev, P. P. Sukhov, S.V. Podlesnyak, S. N. Udovichenko, L. E. Keir.</i> Monitoring of space	

## ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY

objects using Odessa observatory network of telescopes.....	48
<i>A. Baransky, O. Lukina.</i> Astrometry and photometry observations of transneptunian objects (Pluto, Eris, Haumea) at Kyiv comet station....	48
<i>S. Borysenko, A. Baransky, A. Simon, V. Vasylenko.</i> Broadband photometry of asteroid 6478 Gault.....	49
<i>Guliyev R.A., Guliyev A.S.</i> Some aspects of the hypothesis about massive perturber on the periphery of the Solar System as a source of long-period comets.....	50
<i>A. Kazantsev.</i> A search for a possible new planet by deviations of Pluto's positions.....	51
<i>L. Kazantseva, S. Shatokhina, V. Andruk.</i> The results of astrometric reduction for old photographic observations using the Gaia stellar catalogue.....	51
<i>V. Kleshchonok, V. Rosenbusha, O. Ivanova, N. Kiselev, L. Kolokolova, V. Afanasiev, O. Shubina, D. Petrov.</i> Dust component of comet 2P/Encke in apparitions of 2013 and 2017.....	52
<i>V.V. Kleshchonok, V.L.Karbovsky, M.I. Buromsky.</i> Complex for observation of occultation. First results.....	53
<i>P. Korsun, V. Ponomarenko, I. Kulyk, I. Sokolov.</i> Medium resolution spectroscopy of comet 46P/Wirtanen at 2018 apparition.....	54
<i>N. Kovalenko.</i> Preliminary future orbital evolution of comets discovered in 2016-2018.....	55
<i>I. Kulyk, I. Lukyanyk, O. Ivanova, P. Korsun, V. Afanasiev, L. Lara.</i> Optical observations of near isotropic comet C/2006 OF2 (Broughton) at two different heliocentric distances.....	55
<i>N. Maigurova, I. Kulyk.</i> Analysis of the APASS DR9 catalogue photometric system based on the direct comparison with the UBVRI Standard Star fields.....	56
<i>O.I. Mikhalchenko, V.G. Shevchenko.</i> Revision of the formulas used to determine the geometrical albedo.....	57

## ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY

<i>V.A. Ponomarenko, O.V. Ivanova, I.V. Lukyanyk, A.V. Sergeev, I.O. Izviakova. Spectrophotometry research of comet 21P/Giacobini–Zinner.....</i>	58
<i>V.K. Rosenbush, N.N. Kiselev, O.V. Ivanova, V.V. Kleshchonok, V.L. Afanasiev, L.O. Kolokolova, D.V. Petrov, O.S. Shubina. On peculiarities of the polarization in comet 2P/Encke.....</i>	59
<i>О.В. Голубаев, А.М. Мозгова. Автоматизований відео-спектральний комплекс НДІ астрономії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна для спостережень метеорних явищ.....</i>	60
<i>А. М. Мозгова, Ї. Боровічка, В. В. Клецонок, О. В. Голубаев. Визначення температури збудження атомів заліза FeI в метеорній комі.....</i>	62
<i>В. Решетник, Ю. Скоров. Динамічні властивості ієрархічних пилових агрегатів поблизу комети 67P/Чурюмова-Герасименко...</i>	63
<b>Solar Physics and Solar Activity.....</b>	<b>65</b>
<i>A. M. Eigenson, I.B. Bazylevych, M.S. Shevchenko. Short-term prognosis of strong earthquakes and volcanic eruptions according to daily indexis of solar activity.....</i>	66
<i>V.M. Efimenko. Short-term variations of the monthly total area of groups of spots in 12-24 cycles of solar activity.....</i>	66
<i>G. Gogoberidze, Yu.M. Voitenko, N. Kevlishvili, A. Mgeladze, T. Rostomashvili. Imbalanced magnetohydrodynamic turbulence modified by velocity shear in the solar wind.....</i>	67
<i>G. Gogoberidze, Yu.M. Voitenko, N. Kevlishvili, A. Mgeladze, T. Rostomashvili. Temperature spectra in the solar wind turbulence...</i>	67
<i>M. Gordovskyy, S. Shelyag, V.G. Lozitsky, P.K. Browning. Intrinsic photospheric magnetic field diagnostics using the Stokes V widths method.....</i>	68

## ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY

<i>N. Kevlishvili, G. Gogoberidze, Yu.M. Voitenko, A. Mgeladze, T. Rostomashvili.</i> The Yaglom Law in the Expanding Solar Wind.....	69
<i>V.G. Lozitsky, E.A. Baranovsky, N.I. Lozitska and V.P. Tarashchuk.</i> Magnetic fields in area of a seismic source associated with large proton solar flare.....	70
<i>S.I. Plachinda, V.V Butkovskaya.</i> General magnetic fields and activity cycles on non-degenerated stars.....	71
<i>N.G. Shchukina, R. I. Kostyk.</i> Si I 1082.7 nm line as a probe of solar photospheric velocity fields.....	71
<i>Yu.T. Tsap, A.S. Morgachev, V.V. Smirnova, G.G. Motorina.</i> On the origin of subterahertz radiation from the April 2 2017 solar flare.....	72
<i>Yu.T. Tsap, Z.S. Akhtemov.</i> Solar wind velocity and the fractional area of coronal holes.....	73
<i>I.E.Васильєва, С. М. Осипов.</i> Особливості змін профілів фраунгоферових ліній вздовж радіуса диска Сонця.....	73
<i>М.М. Ковальчук, О.А. Баран, М.І. Стоділка, М.Б. Гірняк, І.П. Лаушник.</i> Залежність геомагнітної активності від переполусовки магнітного поля Сонця в 22-24-у циклах.....	74
<i>Р. Костик.</i> Який механізм відповідає за світіння сонячних факелів?.....	76
<i>В.Н. Криводубський.</i> Перерозподіл величини параметра електропровідності плазми поблизу "ядра сонячного спалаху"....	77
<i>В.Н. Криводубський.</i> Збудження стаціонарного тороїдального поля в променистій зоні і чергування амплітуди сонячних циклів	78
<i>А.А. Логинов, В.Н. Криводубский, О.К. Черемных.</i> Численное моделирование генерации крупномасштабного магнитного поля Солнца его глобальными течениями.....	79
<i>Н.Й. Лозицька, С.С. Добровольський.</i> Вплив космічних променів на демографічні показники.....	80

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

<i>Н.Й. Лоцицька, В.Г.Лоцицький, Г.В. Лямова, Ю.Т. Цап, О.А. Андреева, З.С.Ахтемов, В.М. Малащук В.А. Перебейнос, Н.І. Штерцер.</i> Порівняння результатів вимірювань магнітних полів сонячних плям в чотирьох обсерваторіях.....	81
<i>В.Г. Лоцицький, М.І. Стоділка.</i> Фізичні умови у сонячному спалаху 19 липня 2000 року балу М6.4/3N.....	82
<i>С. М. Осінов.</i> Геліосейсмологічні індекси сонячної активності.....	83
<i>С.М. Осінов, Н.Г. Щукіна, Р. І. Костик, М. І. Стоділка.</i> Довготривалий моніторинг змін спокійного Сонця на телескопі Ернеста Гуртовенка (АЦУ-5).....	84
<i>М. І. Стоділка.</i> Моделі фотосферних джетів спокійної атмосфери Сонця.....	85
<b>Atmosphere and Ionosphere Research.....</b>	<b>86</b>
<i>L. F. Chernogor, K. P. Garmash, Q. Guo, V. T. Rozumenko, Y. Zheng.</i> Physical Processes Operating in the Ionosphere after the Earthquake of Richter Magnitude 5.9 in Japan on July 7, 2018.....	87
<i>L. F. Chernogor, K. P. Garmash, Q. Guo, V. T. Rozumenko.</i> Effects of the Severe Ionospheric Storm of 26 August 2018.....	88
<i>L. F. Chernogor, O. I. Liashchuk, M. B. Shevelev.</i> Parameters of infrasonic signals generated in the atmosphere by multiple explosions at an ammunition depot.....	90
<i>V. Danylevsky.</i> Circumstances of the Earth's atmosphere observations by ScanPol instrument of the Aerosol-UA space project.....	91
<i>I.V. Dvoretzka, L.M. Nadtochii, M.V. Savenets.</i> Interannual variability of pollutants in the atmosphere of industrial cities.....	92
<i>A.V. Grytsai, G.P. Milinevsky.</i> Distinctions between Dobson and satellite total ozone observations over Vernadsky station.....	93
<i>O.I. Ivaniha, A.V. Grytsai, G.P. Milinevsky, A.R. Klekociuk.</i> Arctic and Antarctic tropopause by the PACT data.....	94

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

<i>N. Miatselskaya, H. Norka.</i> Estimation of aerosol distribution in the atmosphere using AERONET observations and chemical transport model GEOS-Chem.....	95
<i>V. Shulga, G. Milinevsky, W. Han, Y. Wang, W. Huang, O. Evtushevsky, A. Patoka, A. Grytsai, O. Ivaniga.</i> Proposal for polar mesosphere study by microwave radiometer and Na Doppler lidar.....	97
<i>Yu. Rapoport, V. Grimalsky, A. Krankowski, S. Pulnits, A. Fedorenko, V. Ivchenko, S. Petrishchevskii.</i> Seismo-ionospheric coupling: electromagnetic channel, algorithm and new results.....	98
<i>V. Timofeev, O. Evtushevsky, G. Milinevsky, O. Ivaniha.</i> Lower-Tropospheric wind pattern at the Antarctic Peninsula region.....	99
<i>Y. Yukhymchuk, G. Milinevsky, V. Bovchaliuk, P. Goloub, V. Danylevsky.</i> Results of lidar and sunphotometer observations at Kyiv	100
<i>Y. M. Zanimonskiy, O.V. Paznukhov, G. Nykiel, M. Figurski.</i> Classification and identification of sources of the periodic structures on the continental maps of total electron content.....	101
<i>Є.М. Занімонський, Є.Є. Занімонський, А.О. Сопін, О.В. Колосков.</i> Спільна обробка даних ГНСС і супутникових вимірювань <i>in situ</i> у березні 2013 і 2015 рр. для ідентифікації іоносферних неоднорідностей.....	103
<i>С.В. Клок.</i> Характеристики влажности воздуха, их влияние на формирование облачности в районе украинской антарктической станции «Академик Вернадский» (Западная Антарктика).....	105
<i>Є. Кінтенко, Т. Козленко.</i> Метеорологічні умови формування рівнів забруднення повітря в місті Маріуполь.....	106
<i>Л.С. Рибченко, С.В. Савчук.</i> Дослідження сучасного стану складових радіаційного режиму та визначення фотосинтетично активної радіації за теплий період у 1986-2015 рр. на території України.....	107
<b>History of Astronomy.....</b>	<b>108</b>
<i>V.B. Marusiak.</i> Diffuse interstellar bands. Historical overview.....	109

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

<i>Л.С. Баїтлова.</i> Математичні методи професора КПІ В.В. Булдігіна в астрономічних дослідженнях.....	110
<i>Л.В.Казанцева.</i> Біографічні дослідження Астрономічного музею: маловідомі факти життя професора Р.П. Фогеля (до 160-річчя з дня народження) та співробітника обсерваторії П.Г.Духновського (110-та річниця народження).....	112
<i>А.О. Корсунь.</i> "Вдосконалення виміру всесвітнього часу. Початок." ( до 125 річчя від дня народження Миколи Стойко- Радиленко).....	113
<i>М. Лашко.</i> Україномовні науково-популярні видання з астрономії періоду національно-визвольних змагань (1918-1920)	114
<i>Е.М. Ненахова.</i> История «Астрономічного календаря» Главной астрономической обсерватории Украины.....	116
<i>Ю.О. Шевела.</i> Георгій Степанович Меліхов (1908-1985) – повернення Астронома! (історична розвідка).....	116
<i>Ю.О. Шевела.</i> Прихована історія в знахідках (на прикладі французького сферометра 1850р).....	118

**ПЛЕНАРНІ ЗАСІДАННЯ**

**PLENARY SESSIONS**

**Combining MHD and kinetic methods in solar flare modelling**

M. Gordovskyy<sup>1</sup>, P.K. Browning<sup>1</sup>, R. Pinto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Manchester, Manchester, UK

<sup>2</sup>IRAP - Research Institute for Astrophysics and Planetology, Toulouse, France

Solar flares are the most powerful explosions in the Solar System, representing fast conversion of magnetic energy into thermal and kinetic energy, and radiation due to magnetic reconnection in the corona. A substantial part (up to 30-40%) of the energy released in flares is carried by non-thermal particles – electrons, ions and neutrons accelerated to  $10^3$ - $10^8$  eV. These energetic particles play a key role in triggering the magnetic reconnection, as well as in fast energy transfer within the flaring atmosphere and into the interplanetary space. Still, most computational models of solar flares ignore non-thermal particles. This is due to the vast spatial and temporal scale separation between processes involving thermal plasma (normally considered using magnetohydrodynamic (MHD) approach) and energetic particles (requiring a kinetic approach).

We consider different approaches aimed at bridging the gap between MHD and kinetic modelling of energy release and transport in solar flares. Two types of approaches are discussed: combined MHD/test-particle (MHDTP) modelling, which can be applied to the flaring corona with relatively small numbers of energetic particles, and hybrid MHD-kinetic methods, which can be used for modelling stronger events with higher numbers of energetic particles. Two specific examples are discussed: MHDTP models of magnetic reconnection and particle acceleration in kink-unstable twisted coronal loops, and a hybrid model of magnetic reconnection and particle acceleration in a current layer, developed using the reduced kinetic method.

**New two-channel photoelectric polarimeters: design and results of the first observations**

N. Kiselev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Main Astronomical Observatory of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Crimean Astrophysical Observatory, Nauchnij, Crimea

in collaboration with

D. Shakhovskoj<sup>2</sup>, V. Dolgopol<sup>2</sup>, K. Antoniuk<sup>2</sup>, V. Rosenbush<sup>1,3</sup>, Yu.

Ivanov<sup>1,4,5</sup>,

N. Karpov<sup>4</sup>, V. Taradiy<sup>4</sup>, S. Kolesnikov<sup>5</sup>

<sup>3</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>4</sup>International Center for Astronomical, Medical and Ecological Research  
of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>5</sup>Astronomical Observatory of Odessa I. I. Mechnikov National University,  
Odessa, Ukraine

We present two identical two-channel photoelectric polarimeters designed for the 2.6 m ZTSH telescope of the Crimean Astrophysical Observatory and 2 m RCC telescope of the Pik Terskol Observatory. These polarimeters are designed to measure with a high accuracy and efficiency of the Stokes parameters of optical radiation of point astrophysical objects and extended objects with a size up to 30 angular seconds simultaneously in two photometric bands. A cooled photomultiplier HAMAMATSU- R943-02 is used in the red channel that provides the polarization measurements in the UBVR photometric bands, whereas a photomultiplier EMI 9502 B is used in the blue channel providing the measurements of polarization in the UVB bands. Observations of polarimetric standard stars with a small and large degree of polarization showed very small instrumental polarization (less than 0.03%) and stable in different periods of observations. The first observations of the satellites of Jupiter and comets carried out with these polarimeters in the period April 2018 – March 2019 will be discussed.

**Emission of Dark Ages halos in 21-cm hyper-fine line of atomic hydrogen**

B.S. Novosyadlyj<sup>1,2</sup>, Yu.A. Kulinich<sup>1</sup>, V.M. Shulga<sup>2,3</sup>, W. Han<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Astronomical Observatory of Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine

<sup>2</sup>College of Physics and International Centre of Future Science of Jilin University, China

<sup>3</sup>Institute of Radio Astronomy of National Academy of Science of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

The emission in the hyperfine structure line 21 cm of atomic hydrogen from the Dark Ages halos with mass  $\sim 10^6 - 10^{10} M_{\odot}$  is analyzed. It is supposed that they are formed from the Gaussian density peaks of cosmological curvature perturbations at  $10 < z < 50$ . The semi-analytical modeling of formation of individual spherical halos in multi-component models shows that gas in them has the kinetic temperature in the range 60–800 K due to adiabatic compression during the collapse and the temperature of each halo depends on the time of virialization. It is also shown that inelastic collisions between neutral atoms of hydrogen are dominant excitation of hyperfine structure levels, which pull the spin temperature to the kinetic one. The brightness temperature of individual halos is in the range 1-10 K and depends on the mass of halo and redshift of its virialization, increases with increasing of both. The visible angular radius of such halos are in the range 0.06-1.3 arcseconds, their number density exponentially decreases from  $n_{\text{h}} \sim 0.3-10^3 \text{ Mpc}^{-3}$  at  $z \approx 10$  to  $\sim 10^{-5}-10^{-2} \text{ Mpc}^{-3}$  at  $30 < z < 50$ . Assuming the 1 MHz frequency band under observations the surface number density of halos at different redshifts is estimated as well as the antenna temperatures which are due to the halos of different masses. The results are compared with the measurements of the power spectrum of the 21-cm signal of neutral hydrogen given by MWA and the LOFAR.

**Black holes**

S.L. Parnovsky

Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

A review report on black holes (BH) in the Universe, their properties, observations, etc. The focus is on the BH properties predicted by General Relativity, the behaviour of space and time near them, and on the recently presented BH image in the galaxy M87 as part of the Event Horizon Telescope project.

**Comparative analysis of two comets of the Jupiter family:  
dust-rich 67P/Churyumov-Gerasimenko and dust-poor 2P/Encke**

V.K. Rosenbush<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Main Astronomical Observatory of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

with the participation of

O.V. Ivanova<sup>1,2,3</sup>, N.N. Kiselev<sup>2,4</sup>, V.V. Kleshchonok<sup>1</sup>, V.L. Afanasiev<sup>5</sup>,  
L.O. Kolokolova<sup>6</sup>, O.S. Shubina<sup>2</sup>, D.V. Petrov<sup>4</sup>

<sup>3</sup>Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Tatranská Lomnica, Slovak Republic <sup>4</sup>Crimean Astrophysical Observatory, Nauchnij, Crimea

<sup>5</sup>Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Nizhnij Arkhyz, Russia

<sup>6</sup>University of Maryland, College Park, MD 20742, USA

The results of imaging, photometric, polarimetric, and long-slit spectroscopic observations of comet 67P/Churyumov–Gerasimenko (hereafter 67P/C-G) in 2015–2016, which was the target of the ESA’s Rosetta mission, and a highly evolved comet 2P/Encke (hereafter Encke) in apparitions of 2013 and 2017 are presented. Observations were performed

at the 6-m telescope with the multimode focal reducer SCORPIO-2 of the SAO RAS using the broad-band filters as well as the narrow-band cometary filters.

A low dust production confirmed the status of comet Encke as optically dust-poor one. About 60 emissions belonging to the CN, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, NH<sub>2</sub>, CH, and CO<sup>+</sup> molecules were identified within the range  $\lambda$ 3750–7100 Å of the spectrum of the comet. The ratios of the production rates C<sub>2</sub>/CN and C<sub>3</sub>/CN correspond to the typical comets, not depleted in the carbon-chain. Observed color profiles showed a strong color gradient across the coma: color index BC–RC was  $\sim$ 1.1m in the near-nucleus area of the comet, and then decreases sharply, reaching a value of about 0.1m at a distance of about 2400 km.

The spectra of comet 67P/C-G show a high level of the continuum referring it to dust-rich comets. Strong CN and relatively weak C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, and CO<sup>+</sup> emissions were identified in the spectra of comet 67P/C-G on November 8 and December 9, 2015, while the NH<sub>2</sub> emissions were only observed on November 8. In the spectrum derived on April 4, 2016, the CN emission was only found. The ratio of the production rates C<sub>2</sub>/CN corresponds to the carbon-chain depleted class of comets. The radial profiles of surface brightness, colour, and polarization significantly differed for the coma, jets, and tail, and changed with increasing heliocentric distance. The dust colour (g-r) gradually changed from 0.8m in the innermost coma to about 0.4m in the outer coma.

The behavior of polarization and color with the distance from the nucleus of comet Encke qualitatively is similar to their behavior observed in comet 67P/C-G, however, the quantitative changes are differed. Most of these differences can be explained by the difference in the properties of dust particles in these two comets. Firstly, the color of Encke's dust in the near-nucleus area of the coma is noticeably redder (reddening is  $\sim$ 15%) than that (8.2%) for comet 67P/C-G. The color change of the dust ("blueing") and the increase of polarization degree toward to the outer part of the coma in comet Encke occur faster than those in comet 67P/C-G. At the cometocentric distances up to  $\sim$ 3000 km, a decrease in polarization with decreasing particle size is expected when the size of particles decreases from hundreds of microns to some microns. The spatial variations of brightness, colour, and polarization in different structural features suggest some evolution of particle properties, most likely, decreasing the size of dust particles.

**The present and future of solar physics in Ukraine**

N.G. Shchukina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

The scientific goal of the talk is to review the present and future advances in solar physics in Ukraine. At first, we talk about the new ground-based telescopes with large aperture and with new infrared tools which Ukrainian solar physicists probably could use in their future studies. They are: the 4-m Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST, USA), the 4-m European Solar Telescope (EST) and the 1.5-m German GREGOR (Tenerife, Spain) solar telescopes. Then, we focus on the five-year research program which will start in 2020 in Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine. At the end, we present New Solar Research programs launched this year in Kiev and Lviv National Universities.

**Inflationary magnetogenesis with helical coupling**

Yu.V. Shtanov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

We consider helical coupling to electromagnetism and present a simple scenario of evolution of the coupling function  $f$  leading to a viable inflationary magnetogenesis without the problem of back-reaction. In our scenario, the coupling  $f(\eta)$  evolves linearly with the conformal time  $\eta$ , interpolating between two constant values in the past and in the future. Since the absolute value of  $f$  does not have any significance (the coupling term with constant  $f$  is topological), the strong-coupling problem does not arise in this model. The duration of the transition  $\Delta\eta$  and the corresponding change  $\Delta f$  are the two parameters of the model that can be adjusted to produce magnetic field of any strength in a narrow spectral band centered at any reasonable comoving wavenumber  $k = |f|/2 = |\Delta f|/2\Delta\eta$  with

width  $\Delta k = k/|\Delta f| \ll k$ . Constraint on the magnitude of the magnetic field comes from the considerations of back-reaction on the inflationary dynamics and, in the simple inflation based on a massive scalar field, allows for production of magnetic fields with extrapolated current values up to  $B_0 \sim 10^{-7}$  G. The dependence of  $|\Delta f|$  on  $B_0$  is logarithmic: for  $B_0$  in the range  $10^{-30}$ – $10^{-7}$  G with spectrum peaked on the comoving scale  $k \sim \text{Mpc}^{-1}$ , one requires  $|\Delta f| \sim 131$ – $238$ .

In our scenario, the generated electromagnetic field is close to maximally helical, with the magnetic and electric fields having the same magnitude and spectral densities. It is reasonable to think that evolution of the helical coupling in which  $f'$  slowly varies in time will produce electromagnetic field with spectrum in broader range of wavenumbers, spanned by the values of  $|f'|/2$ .

Primordial helical hypermagnetic fields may be responsible for generating baryon asymmetry of the universe. This imposes a post-inflationary constraint  $B_0 \leq 10^{-21} (\text{Mpc}/\lambda)^{1/2}$  G on the admissible values of  $B_0$  and  $\lambda = 2\pi/k$  in our simple scenario of monotonic evolution of  $f$ . This constraint can probably be circumvented by assuming more complicated (non-monotonic) evolution of the coupling  $f$  producing magnetic fields of sufficient strength but with conveniently limited helicity. Other constraints on models of this type may arise from the considerations of the created baryon number inhomogeneities that can affect the cosmic microwave background and primordial nucleosynthesis and from the Schwinger effect (Yu.V. Shtanov, arXiv:1902.05894)

This work was supported by the National Academy of Sciences of Ukraine (project 0116U003191) and by the scientific program “Astronomy and Space Physics” (project 19БФ023-01) of the Taras Shevchenko National University of Kyiv.

**On the electron acceleration by quasi-stationary electric fields  
in the lower solar atmosphere**

Yu.T. Tsap<sup>1,2</sup>, Yu.G. Kopylova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Crimean Astrophysical Observatory, Nauchny, Crimea

<sup>2</sup>Pulkovo Observatory, Saint-Petersburg

yur@craocrimea.ru

The peculiarities of electron acceleration by quasi-stationary sub-Dreicer electric fields to relativistic energies under conditions of the lower solar atmosphere are considered. Based on single-particle approximation the elastic and inelastic collisions of fast electrons with hydrogen atoms in the Born approximation are analyzed. The rate of energy gain by accelerated electrons is inversely proportional to the mean free path of the thermal particles. Electron acceleration can be more effective in the chromospheres/photosphere than in the corona. Chromospheric electrons can achieve relativistic energies at distances of a few tens of kilometers. The proposed model allows us to explain the spatial location of hard X-ray and optical sources in the chromosphere/photosphere observed during limb solar flares. Possible mechanisms of the electric field generation in the lower atmosphere are discussed.

The work was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No.18-02-00856).

**АСТРОФІЗИКА, ГРАВІТАЦІЯ І  
КОСМОЛОГІЯ**

**ASTROPARTICLE PHYSICS,  
GRAVITATION AND COSMOLOGY**

**Gravitational lensing from the viewpoint of the qualitative theory of dynamic systems**

A.N. Alexandrov

Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

We are developing a new approach to a detailed description of the properties of gravitational lens models. Such a description is of considerable interest to the astrometric microlensing and it also provides a better understanding of the formation of the light curves of microlensed objects. It is based on the study of vector fields and their integral curves, which characterize the gravitational lens system, using methods of the qualitative theory of differential equations. In particular, we study images of parallel lines (source trajectories) that cross the caustic network. We show that the set of trajectories of all images that arise and disappear at the intersections of caustics can be considered as integral curves of a single vector field. Its critical points are the images of tangent points of the source trajectories to caustics as well as the positions of point microlenses. The tangent point image is a saddle point, and the images of the tangent are the separatrices of the saddle. The position of a point lens corresponds to more complex singular point. When considering the motion of images and their light curves, one must take into account the presence of unstable singular trajectories, leading to a significant divergence of initially close trajectories.

**Interband time delays in the Q2237+0305 quasar**

L.A. Berdina<sup>1,2</sup>, V.S.Tsvetkova<sup>1,2</sup>, V.M.Shulga<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Radio Astronomy, National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup> Institute of Astronomy of V. N. Karazin of Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

<sup>3</sup>The International Center of Future Science, Jilin University, Changchun, China

The reverberation mapping method is known to provide direct estimates of distances between the quasar regions responsible for radiation in different spectral bands through measuring the time delays between the corresponding light curves. We used the light curves of the Q2237+0305 system in filters  $V$  ( $\lambda_{\text{eff}} = 547.7\text{nm}$ ),  $R$  ( $\lambda_{\text{eff}} = 634.9\text{nm}$ ) and  $I$  ( $\lambda_{\text{eff}} = 879.7\text{nm}$ ) of Johnson-Cousins photometric system obtained in monitoring gravitational lenses from the Maidanak Observatory.

The time delays  $\Delta t$  between the R-V, I-V and I-R pairs of light curves have been estimated to equal  $\Delta t_{RV} \approx 5.7$ ,  $\Delta t_{IV} \approx 5.4$  and  $\Delta t_{IR} \approx 1.7$  days, respectively, which is more than an order of magnitude larger than that predicted by the standard accretion disc model by Shakura and Sunyaev. Such inconsistency has been repeatedly reported in the works of other authors dedicated to the reverberation mapping. The existence of an extended structure has also been suspected in a number of works dedicated to the analysis of microlensing events. In their fundamental work Shakura and Sunyaev have shown analytically that an optically thick envelope may arise in a super-Eddington accretion regime that is possible for some quasars. The envelope scatters and re-emits the radiation from the disk, thus making the apparent disc size larger. Almost 40 years later, Abolmasov and Shakura have further developed analytically the super-Eddington accretion regime model. They confirmed the basic conclusions of Shakura and Sunyaev and showed that existence of the envelope provide a possibility to remove degeneracy in estimating the black hole mass and accretion rate.

We have made use of analytical results obtained in these two works to calculate the envelope radius and the reverberation time delays expected for Q2237+0305 in the super-critical accretion regime. The envelope radius of about  $5 \cdot 10^{16}$  cm can be expected, which would mean that the reverberation responses arise in some extended structure at the accretion disk periphery or even outside the classical thin accretion disk. The expected time delays turned out to be quite consistent with our measurements for the model parameters  $\alpha=0.05$  (efficiency of the angular momentum transport),  $A=100$  (ratio of energy losses in Compton processes to those in free-free transitions). The black hole mass  $M$  and dimensional accretion rate  $\dot{m}$  were taken to be  $M=9 \cdot 10^8 M_{\odot}$  and  $\dot{m}=17$ .

**Radio polarization maps of SN 1006**

V. Beshley, O. Petruk

Institute for Applied Problems in Mechanics and Mathematics, NAS of  
Ukraine, Lviv, Ukraine

Supernova remnants are believed to be the best candidates for acceleration of cosmic rays up to energy  $\sim 10^{15}$  eV. They are observed in all electromagnetic spectrum from radio to very-high energy gamma-rays. At present, mostly the spectra or surface brightness distribution are used for analysis of accelerated particles on shock waves of supernova remnants. Other important observational data, namely, the radio polarization maps are almost out of use.

We use our theoretical model and numerical three-dimensional magneto-hydrodynamic simulations in order to produce the radio polarization maps of SN 1006. The Faraday rotation and ambient medium with non-uniform distribution of magnetic field are taken into account in our model.

**Investigation of Galactic star clusters mass loss processes using the star-by-star large scale direct N-body simulations**

I. Bilinsky<sup>1,4</sup>, P. Berczik<sup>2,3,4</sup>, A. Just<sup>2</sup>, B. Shukirgaliyev<sup>2,5,6</sup>, D. Ivanov<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Physics of Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Astronomisches Rechen-Institut, Zentrum für Astronomie der  
Universität Heidelberg, Heidelberg, Germany

<sup>3</sup> National Astronomical Observatory of China, Chinese Academy of  
Sciences, Beijing, China

<sup>4</sup> Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>5</sup> Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

<sup>6</sup> Faculty of Physics and Technology, Al-Farabi Kazakh National  
University, Almaty, Kazakhstan

Galactic open star clusters play sizable role in the process of feeding the Galactic disk with different stellar star populations. In comparison with the

globular cluster populations the open star clusters are much younger, less massive and mainly located inside the Galactic disk. We investigate the complex dynamical evolution of the star cluster population in Milky Way disk using the large scale direct N-body simulations which include also the stellar evolution routines. We present the results of computer modeling and investigating of models of young star clusters on Galactic disk with the direct star-by-star simulations. Kroupa Initial Mass Function was considered with the different star formation efficiencies (15%, 17%, 20%, 25%). The models were integrated using the direct MPI parallel N-body phi-GRAPE/GPU code. We investigated a time dependence of such parameters: virial ratio, tidal radius (Jacobi radius), half mass radius and tidal (bounded) mass. We also try to fit the number distribution of stars with a King profile for a different stages of evolution.

**Superspace treatment of the spherically-symmetric configurations  
with gravitational field**

M.S. Dmytriiev

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

According to the canonical approach of general relativity, the initial space-time manifold  $M$  is decomposed into the time-parametrized family of the three-dimensional spacelike hypersurfaces  $\Sigma$ . Then time dynamics of such hypersurfaces geometry is investigated. Resulting that, we get a system with 4 constraint equations (Hamilton constraint  $H_{\perp}$  and momentum constraint  $H_i$ ), which confirm space-time coordinate invariance of gravitational field action. Besides that, these equations determine the inner geometry of  $\Sigma$ . As generalized coordinates we have 10 components of the space-time metrics. Four of them (lapse function  $N$  and shift functions  $N^i$ ) are Lagrange multipliers corresponding to four constraints, and the other six are components of space metrics  $h_{ij}$  on  $\Sigma$ .

We denote the set of geometries on  $M$ , which satisfy vacuum Einstein equations, as  $\text{Riem}(M)$ . Since  $N$  and  $N^i$  are the Lagrange multipliers, the way of their choice does not affect the solution of constraint equations (we emphasize that although canonical constraint equations are equivalent to Einstein equations, the solution of the latter should be obtained from constraint equations solution by selecting the coordinate system, that are functions  $N$  and  $N^i$ ). Now we identify all geometries from  $\text{Riem}(M)$ , which

have different  $N$  and  $N^i$  but the same  $h_{ij}$  as functions of coordinates on  $\Sigma$ . In other words, due to the gauge symmetry of gravitational field we identify different geometries of  $M$  with the same embedding of  $\Sigma$  into  $M$ . We get the set  $\text{Riem}(M)$ , which contains geometries of hypersurfaces  $\Sigma$ . But some elements of  $\text{riem}(M)$  have relations with others over diffeomorphism of  $\Sigma$ . So we define superspace  $S(M)$  as factorization of  $\text{Riem}(M)$  by diffeomorphisms  $\text{Diff}(\Sigma)$ .

Using this definition, we have 6 components of  $h_{ij}$  as dynamical degrees of freedom, which satisfy 4 constraints, so only 2 of them are independent variables. We notice that count of independent generalized coordinates can decrease in the presence of additional symmetry conditions. For example, in spherically-symmetric case we suppose that some non-diagonal elements of  $h_{ij}$  are equal to zero, so we have only 2 dynamical variables instead of initial 6. These 2 variables satisfy 2 constraints — Hamilton one and momentum constraint, which correspond to the time and radial coordinate transformations. Thereby for spherically-symmetric gravitational field we have the count of degrees of freedom that is equal to count of constraint equations, so such system is totally determined by its constraints. Physical meaning of this assertion is following. Any two spherically-symmetric metrics  $h_{ij}$  (which satisfy  $H_{\perp}$  and  $H_i$ ) can be obtained from each other by certain coordinate transformation or, in other words, all spherically-symmetric solutions of the Einstein equations are physically equal. This assertion is equivalent to the well-known Birkhoff theorem. As a result,  $S(M)$  of this model contains only one element that is one physically unique solution (it is unique up to reference frame choice).

Such consideration can be used for spherically-symmetric electrovacuum too. In this case we have 3 field variables (2 components of gravitational field and 1 electromagnetic potential component) and 3 constraint equations ( $H_{\perp}$ ,  $H_i$  and Gauss constraint). Because of this, all solutions of such field system are physically equal in the sense described above.

Given conclusions are important for the construction of quantum model. As known, quantum field theory predicts probability of certain field solution realization (in our case it is a constraint equations solution). But described field configurations have only one physically unique solution, those realization probability issue is therefore incorrect. So spherically-symmetric gravitational field and spherically-symmetric electrovacuum can not be quantized. We highlight that this result is agreed with quantum electrodynamics, namely with the statement that spherically-symmetric electromagnetic field can not be quantized.

**Solar cosmic ray distribution function under prolonged particle injection**

Yu.I. Fedorov

Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The solar cosmic ray propagation is considered on the basis of Fokker-Planck kinetic equation. It is known that solar cosmic ray distribution function averaged over a period of solar proton event contains valuable information about energetic charged particles scattering by interplanetary magnetic fields. Steady state solution of kinetic equation in small angle approximation is obtained and the dependence of angular distribution function on the distance to the particle source is analyzed. This solution is only correct when the distance to the particle source is small relative to cosmic ray mean free path, and when the particles are moving preferentially in the radial direction.

The particle angular distribution on large distances to the particle source (bigger than cosmic ray mean free path) is also investigated. The analytical expression of the cosmic ray distribution function in a form of a sum of isotropic and small anisotropic components is derived. It is shown that the angular cosmic ray distribution depends essentially on the anisotropy of the cosmic ray scattering. The estimates of features of energetic charged particle scattering by interplanetary magnetic field fluctuations are made based on the observational data of some solar cosmic ray flares.

**X-ray properties of 3C 111: primary nuclear emission and jet contamination**

E. Fedorova, B.I. Hnatyk, V.I. Zhdanov

Astronomical observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

3C111 is a broad line radio galaxy with signatures of flat spectrum radio quasars and the S1 disk corona in the X-ray spectrum. Significant X-ray observational dataset was collected with INTEGRAL, XMM-Newton, SWIFT, Suzaku and the other observatories. The overall X-ray spectrum of

3C 111 shows signs of peculiarity for typical radio-loud active galactic nucleus (RL AGN), probably due to jet contamination. Separating the jet counterpart in the X-ray spectrum of 3C 111 from primary nuclear counterpart can answer the question is the nucleus truly peculiar or this is a fake "peculiarity" due to the significant jet component. Correspondingly, the main purpose of our work is to separate the thermal disk/corona and nonthermal synchrotron self-Compton (SSC) jet emission in the 3C 111 X-ray spectra within different observational periods using the X-ray and radio spectral data about continuum emission and Fe-K emission lines. We propose two methods to recover contributions of disk/corona and jet emission to the total X-ray spectrum of a RL AGN. The first one is based on the idea that radio and X-ray characteristics of jet emission are similar and thus one can extrapolate the photon index of the jet spectrum from radio to X-rays. The second method uses the link between the continuum and the level of the line emission (on particular, Fe\_K). We have tested both methods and compared the results. We show that at least for 3C 111 both are reasonable and the values of photon indices of jet base SSC emission of these methods are in a satisfactory agreement. We also revealed that the primary nuclear emission of 3C 111 in some periods remains peculiar with high-energy exponential cut-off above 100 keV.

### **Classical and quantum descriptions of the geometrodynamics of charged black holes**

V. D. Gladush

Department of Theoretical Physics, Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

We study the problems of the classical and quantum descriptions for the spherically symmetric configuration of the electromagnetic and gravitational fields. Based on the Einstein-Hilbert action in the ADM form and taking into account the electromagnetic field, a Hamiltonian action is constructed, containing Hamiltonian and momentum constraints, and Gauss law constraint. The lapse and shift functions, and radial component of the electromagnetic potential are included in the Hamiltonian action, as Lagrange multipliers.

By virtue of the Gaussian constraint and spherical symmetry, the momentum conjugate to the radial component of the potential leads to the

charge conservation. The system also admits an additional dynamic quantity, which is conserved and corresponds to the total mass of the configuration. The mass function allows us to express the momentum  $P_L$ , conjugate to the metric coefficient  $L$ , through the total mass  $M$  and the charge  $Q$  of the system. Further, taking into account the Hamiltonian constraint, then we find the momentum  $P_R$  conjugate to the scale factor  $R$ . It turns out that for the obtained values of  $P_L$  and  $P_R$ , the momentum constraint is performed identically. The system of equations that associate functional derivatives of the hypersurface action  $S [L, R, A_r, r; M, Q]$  with the corresponding momenta is integrable. This allows us to find the functional of the hypersurface action  $S$ , as the solution of the Einstein-Hamilton-Jacobi equation in functional derivatives. Variations of the action  $S$  with respect to mass  $M$  and the charge  $Q$  lead to the trajectories in a mini-superspace for an arbitrary embedding of the hypersurfaces family  $t = \text{const}$  in space-time. The family of these curves correspond to the set of Einstein equations solutions for different  $M$  and  $Q$ .

Then, we construct the minisuperspace metric and study its geometry. It is shown that if we use the trivial embedding of the hypersurfaces family  $t = \text{const}$  in the T-region of a black hole, when  $L$  and  $R$  depend only on time, the minisuperspace degenerates into a single flat space. This allows us to introduce pseudo-Cartesian 3D coordinates, in which the supermetric takes the Lorentz form. Therefore, the minisuperspace admits the motions group  $O(1, 2)$ . For an arbitrary foliation of space-time, this leads to a pseudo-Cartesian supermetric in a nonholonomic basis. The correspondences between the space-time and minisuperspace of the configuration are studied.

We are also considering quantizing the spherically symmetric configuration of the electromagnetic and gravitational fields. The latter is reduced to the consistent solution of the Devitt equation and the eigenvalue equation for the mass operator in functional derivatives, taking into account the momentum constraints. We study the problem of the operators ordering for the construction of Hermitian operators with respect to the measure determined by the supermetric. Since the minisuperspace is flat, the construction of the DeWitt operator is reduced to the construction of the Laplace-Beltrami operator with respect to the supermetric on the minisuperspace. For the mass operator, the problem turns out to be more complicated and not so single valued.

**Magnetar SGR 1900+14 as a very high energy gamma-ray source**

R. B. Gnatyk

Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Magnetars are a new class of neutron stars with extremely high magnetic fields  $\sim 10^{14} - 10^{15}$  G and appear as two sub-classes: transient soft gamma repeaters (SGRs) and anomalous X-ray pulsars (AXPs). In three of them giant flares were observed (in SGR 0526–66 on 1979 March 5; in SGR 1900+14 on 1998 August 27; in SGR 1806–20 on 2004 December 27), with the release of energy of order of  $10^{44}$ – $10^{46}$  erg during a short time interval  $\sim 0.1$  s.

In our work we elaborate a model of the observed high energy ( $E > 100$  MeV, detected by Fermi LAT ) and very high energy ( $E > 100$  GeV, detected by H.E.S.S) gamma-ray emission from the vicinity of the magnetar SGR 1900+14. We show that the total observed gamma-ray flux can be provided by magnetar-connected Supernova remnant and giant flare of the magnetar.

**Comparison of E1 photon strength function expressions.**

O.M. Gorbachenko, V.A. Plujko, K.M.Solodovnyk

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

The calculation of element abundances in Universe resulted from synthesis by r- and s- processes during star evolution is strongly depend on the model of electric dipole (E1) photon strength function (Goriely (1998)). Therefore the theoretically correct and experimentally proven practical expressions for E1 photon strength function (PSF) are required.

In this contribution, calculations of the E1 PSF within different models are compared and tested for description of the experimental photo data from EXFOR base, namely Standard Lorentzian, Simplified Modified Lorentzian model (SMLO), Triple Lorentzian Model and the Generalized Lorentzian (GLO). For models with energy-dependent width (GLO and SMLO), the energy-weighted sum rule is violated due to permanent growing the width

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

with energy. The extended these models (SMLOe and GLOe) with constant widths above the GDR energy are proposed and tested. It was shown that energy-weighted sum rule for E1 gamma-ray photoabsorption is approximately fulfilled for GLOe and SMLOe. For the description of the "pygmy" dipole resonance (PDR), the two-state excitation model (TSE) is proposed and used as well as the model of two independent Lorentzians (PDR and GDR).

The experimental data are compared with theoretical calculations using the criteria of minimum of least-square and root mean square deviation factor. It was shown that the best description of photoabsorption data is achieved using the SMLO model in the energy range 5-30 MeV and SMLOe model for energies above  $\sim 30$  MeV. The TSE model better describe the experimental data with PDR and GDR structures. However, due to the lack of precise experimental data the usage of two independent Lorentzians is currently more preferable. So, the SMLOe model with additional Lorentzian can be recommended for description of the PSF due to response of GDR and PDR structures for using in nucleosynthesis analysis.

This work is partially supported by the IAEA through a CRP on Updating the Photonuclear Data Library and generating a Reference Database for Photon Strength Functions (F41032).

### **Transient sources of ultra high energy cosmic rays**

B.I. Hnatyk

Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

The origin of ultra high energy cosmic rays (UHECRs) with energies exceeding  $10^{18}$  eV is still the subject of discussion. The list of potential sources of UHECRs includes a variety of extragalactic objects (active galactic nuclei (AGN), gamma-ray bursts, starburst galaxies, newborn millisecond pulsars and magnetars, tidal disruption events in supermassive black hole gravitation fields etc.). AGN jets are well-known potential sources of UHECRs, especially in the case of giant AGN flares.

We investigate the possible contribution of Virgo A jet flares to the flux of events with trans-GZK energies from the recent Auger and Telescope Array data sets ( $E > 52$  EeV and  $E > 57$  EeV, respectively). We simulate

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

UHECR propagation from Virgo A jet taking into account their deflections in galactic and extragalactic magnetic fields and show that there is no excess of UHECR arrival directions from Virgo A, but well-known Hot/Cold Spot region is a part of a larger arc-like spot, possibly created by the diffusively spreading jet of UHECRs, accelerated in the relativistic jet of Virgo A during a prominent nuclear outburst about 10 - 12 Myr ago.

### **The distribution of low energy particles in the heliosheath with take account of deceleration of the solar wind beyond of the termination shock**

Yu. Kolesnyk, B. Shakhov

Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

We present a stationary modern composite model of the heliosphere to describe the physical processes of cosmic rays (CRs) propagation therein. Model includes an environment that contains of adjacent spherically symmetric regions with different modes of propagation of the solar wind (SW) for each area. In particular, the radial SW speed for internal part of the heliosphere is constant and supersonic,  $u_{in}$  and beyond the termination shock, SW speed drops to a value,  $u_{ihs}$  and spreads there with deceleration. Such deceleration in a form of power law depending on heliocentric distance with index  $n$ :  $V_{ihs} = u_{ihs}(r/r_{ts})^{-n}$  was presented. An exact solution of the proposed problem of CRs modulation was first derived. CRs distribution in the heliosheath for large numbers  $n$  was analyzed.

### **Compton-thin absorber in type 2 Seyfert Markarian 417 observed by NuSTAR and Swift/BAT**

O.V. Kompaniets<sup>1,2</sup>, A.A. Vasilenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Faculty of Physics of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

We present results of X-ray spectral analysis of the Seyfert type 2 galaxy Mrk 417 observed by the NuSTAR satellite in 2017 for ~21 ks as well as the

Swift/BAT satellite. We use the spectral data obtained from two FPM detectors in 3 -50 keV energy band together with the spectrum from Swift-BAT 105 month catalogue in the 14-195 keV band. This broad-band spectrum shows a good fit with a baseline model composed of an absorbed cutoff power-law component and reflected emission form accompanied by a narrow fluorescent Fe-K $_{\alpha}$  line from cold matter. A semi-infinite neutral slab was used as the reflecting medium. The continuum of spectrum is steep ( $\Gamma \sim 1.6$ ) and is absorbed by Compton-thin ( $N_{\text{H}} = 30 \cdot 10^{23} \text{ cm}^{-2}$ ) neutral gas. Fe\_K $_{\alpha}$  energy of 6.4 keV and moderate EW $\sim 116$  eV are consistent with transmission through this absorber. Therefore, we also decided to explore more physically motivated approach which can take into account both absorption and reflection in a self-consistent way. To this aim, we applied the MYTorus model in “coupled” mode. This model includes three separate components: transmitted flux, reflected flux and fluorescence lines. Using this assumption we derived that inclination angle and the equatorial column density of the absorber are  $86^{\circ}$  and  $34 \times 10^{23} \text{ cm}^{-2}$  respectively. The intrinsic luminosities are estimated to be  $3.2 \times 10^{23} \text{ erg/s}$  in 2-10 keV and  $4.4 \times 10^{23} \text{ erg/s}$  in 10-40 keV energy band.

### **Thermal emission of dark ages halos in lines of HeH $^{+}$**

Yu. Kulinich<sup>1,2</sup>, B. Novosyadlyj<sup>1,2</sup>, V. Shulga<sup>1,3</sup>, W. Han<sup>1</sup>

<sup>1</sup> College of Physics of Jilin University & International Center of Future Science of Jilin University, People’s Republic of China

<sup>2</sup> Astronomical Observatory of Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine;

<sup>3</sup> Institute of Radio Astronomy of NASU, Kharkiv, Ukraine

The interest in the helium-hydride molecular ion, HeH $^{+}$ , caused by its stability, in contrast to the neutral version, and by its composition – this molecule is composed of the most widespread atoms in the Universe – hydrogen, and helium, and a long time is considered as one of the most promising candidates for observational searches in radio astronomy. Even though this molecule had not yet been observed, it is presumed that it can play a significant role in the history of first stars emerging at the end of dark ages and/or at the beginning of cosmic dawn since it is one of the first molecules to appear in the early Universe along with H $_2$ , HD, LiH, and their ions (on the cosmological background: Galli & Palla (1998); Lepp et

al. (2002); Dalgarno (2005); Hirata & Padmanabhan (2006); in an evolutionary proto-halo and virialized halo: Novosyadlyj et al. (2018)). Molecules are known to be the only obvious coolants for baryon matter in the early Universe at temperatures below  $\sim 8000$  K (Galli & Palla (1998)) because then there was nothing else to do that. These molecules can emit radiation away, causing the protostar clouds of gas to cool and keep collapsing to allow first stars creation at the end of dark ages. In particular, molecules  $\text{HeH}^+$  should be effectively cooled (Coppola et al. (2011)) by emitting of radiation due to the large value of their electric dipole moment, 1.722 D, and should be present predominantly in the ground and low lying rotational excited states. The population of  $\text{HeH}^+$  by its ground and excited rotational states as well as the flux of its emission and/or absorption spectrum in the epoch of dark ages is defined by collisions with photons of the cosmic microwave background<sup>1</sup> (CMB), free electrons and neutral atoms of hydrogen. Calculations for rotational and vibrational excitations/de-excitations rates for electron- $\text{HeH}^+$  collisions were performed by Rabadan et al. (1998); Hamilton et al. (2016); Curik & Greene (2017); Khamesian et al. (2018). However, up to date, there are no estimates for  $\text{HeH}^+$  rotational excitations/de-excitations by collisions with neutral hydrogen (Roueff & Lique (2013)).

The potential energy surface (PES) for H- $\text{HeH}^+$  collisions in analytical and numerical approximations is obtained. The state-to-state integral cross sections for rotational transitions during H- $\text{HeH}^+$  collisions are obtained and corresponding rate coefficients are calculated. The role of collisional excitations of low-lying rotational levels of  $\text{HeH}^+$  in Dark Ages is discussed as on the cosmological background and inside evolutionary proto-halos and virialized halos. The dark ages halos brightness were obtained in rotational levels of the helium-hydride molecular ion,  $\text{HeH}^+$ .

### **Three-dimensional MHD Simulations of Tycho SNR**

T. Kuzyo, O. Petruk

Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and  
Mathematics, Lviv, Ukraine

The remnant of Tycho's supernova (SN 1572) is one of few historical Galactic SNRs. In last decades, it has been well-studied with radio and X-ray telescopes. Observations reveal its typical for type Ia shell-like structure

with multiple asymmetries. Moreover, radio and thermal X-ray morphology lack any substantial correlation.

At present, there is no self-consistent model of the SNR and its circumferences, so we aim to model evolution of Tycho SNR in a non-uniform interstellar medium (ISM) which would be compatible with the existing observations. The ISM non-uniformity will be introduced in the form of spatial gradients of both the gas density and magnetic field strength. Based on the features of radio and X-ray observations we can deduce the range of gradients parameters. Having this information as the model input we simulate the evolution of the Tycho SNR from the explosion up to its current age.

**Results of optical monitoring of active galactic nuclei Mrk 501, 1ES 1011+496, PKS 1510-089**

D.A. Orikhovskiy<sup>1</sup>, V.A. Ponomarenko<sup>2</sup>, A.O. Simon<sup>1</sup>,  
V.V. Vasylenko<sup>1</sup>, I.O. Izviekova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Physics of Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of  
Kyiv, Kyiv, Ukraine

The results of systematical monitoring of selected object from the CTA optical follow up list, started in 2018 are presented. The observations are carried out with the AZT-8 ( $D = 70$  cm,  $F = 2.8$  m) telescope of the observation station Lisnyky of Taras Shevchenko National University of Kyiv. This telescope was included in the list of supporting instruments for the CTA Consortium. The AZT-8 equipped with the PL4710-1-BB-E2V CCD and broadband Bessel UBVRI filters.

We investigate the light curves for three objects Mrk 501, 1ES 1011+496, and PKS 1510-089. For each source the time variability of the color indexes was analysed. In addition, we tested all these sources for intraday variations (IDV), short (STV) and long term variability (LTV) where it was possible and determined the variability amplitude. The results are discussed

**Compact galaxies with active star formation: emission in the radio continuum at 1.4 GHz**

S. Parnovsky, I. Izotova

Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

The fraction  $A$  of thermal (free-free) emission in the radio continuum at the frequency of 1.4 GHz in 193 compact star-forming galaxies (CSFG) from SDSS DR12 was studied in the paper by Parnovsky & Izotova, BTSNU, 2018, 57(1), 41. The 1.4 GHz fluxes for these galaxies were selected from the FIRST catalogue. The fluxes of the thermal component at 1.4 GHz were derived from the extinction- and aperture-corrected fluxes of the  $H\beta$  emission line in SDSS spectra. Correction of observations for aperture was carried out with comparing of the total galaxy apparent magnitude  $m$  and the magnitude  $m(3'')$  inside the SDSS spectroscopic aperture of  $3''$ . This procedure sometimes quite considerably increased the flux of free-free emission in the radio range and consequently the value of  $A$ . To select the most compact galaxies and to obtain reliable results we consider only CSFGs with  $m(3'') - m \leq 1$  mag. This refined subsample contains 92 galaxies.

The results of a study considering the initial sample are presented in the paper mentioned above. Considering a refined subsample and comparing it with the initial sample we find that the distribution of  $A$  is still close to the log-normal, and average values of the fraction of free-free emission at 1.4 GHz for both samples are  $A \approx 0.15$ . However, the results of the statistical analysis of the dependence of  $\log(A)$  on various parameters have been changed. For the initial sample, correlations of  $A$  with the equivalent width  $EW(H\beta)$  of the  $H\beta$  emission line and the  $g-r$  colour index are strong. For the refined subsample, the statistical significance of the correlation  $A$  with the colour index becomes negligible, and it corresponds to a confidence level of 92% for dependence of  $A$  on  $EW(H\beta)$ . The reasons for the differences in the properties of the two samples are discussed. The fraction of thermal radiation increases with increasing  $EW(H\beta)$ .

**Collisionless shock heating of heavy ions in SN 1987A**

O.Petruk<sup>1</sup>, M.Miceli<sup>2,3</sup>, S.Orlando<sup>3</sup>, D.Burrows<sup>4</sup>, K.Frank<sup>5</sup>,  
C.Argiroffi<sup>2,3</sup>, F.Reale<sup>2,3</sup>, G.Peres<sup>2,3</sup>, F.Bocchino<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute for Applied Problems in Mechanics and Mathematics, Lviv,  
Ukraine

<sup>2</sup>Dipartimento di Fisica e Chimica, Università di Palermo, Italy

<sup>3</sup>Osservatorio Astronomico di Palermo, Italy,

<sup>4</sup>Department of Astronomy and Astrophysics, Pennsylvania State  
University, USA

<sup>5</sup>Northwestern University, Technological Institute, Evanston, USA

Across the shock fronts, electrons, protons, and ions are expected to be heated to different temperatures. Strong nonrelativistic shocks of supernova remnants (SNRs) are reasonable good targets to study collisionless processes within the shock transition because the bright emission arises mostly from the post-shock regions. Optical observations of Balmer-dominated shocks in young SNRs showed that the post-shock proton temperature is higher than the electron temperature. In contrast, dependence of the post-shock temperature on the particle mass is still unknown. The analysis of deep multi-epoch and high-resolution observations of the youngest nearby supernova remnant, SN 1987A, made with the Chandra X-ray telescope are used, together with a novel data analysis method by studying the observed spectra in close comparison with a dedicated full 3-D hydrodynamic simulation. The simulation is able to reproduce self-consistently the whole broadening of the spectral lines of many ions altogether. Therefore, we could measure the post-shock temperature of protons and selected ions. It is found that the ion to proton temperature ratio is always significantly higher than one and increases linearly with the ion mass.

**Peculiar motions of the gas at the centre of the galaxy UGC 4056**

L.S.Pilyugin, I.A.Zinchenko, P.P.Berczik

Main Astronomical Observatory of National Academy of Sciences of  
Ukraine, Kyiv, Ukraine

The rotation curves of the gaseous and stellar discs of the giant spiral galaxy UGC 4056 with active galactic nucleus (AGN) are derived using the 2D spectroscopy obtained within the framework of the MaNGA survey. We found that the gas motion at the central part of the UGC 4056 shows peculiar features. The rotation velocity of the gaseous disc shows a hump within around three kiloparsecs while the rotation velocity of the stellar disc falls smoothly to zero with the decrease of the galactocentric distance. The radial motion of the gas is detected in the central part of the galaxy. This evidences that the inflow of the gas towards the nuclei of the galaxy occurs in the UGC 4056. The unusual motion of the gas takes place within the region with the AGN-like radiation.

**Vela pulsar wind nebula: physical characteristics, radio and  
gamma-ray emission.**

P. Plotko<sup>1</sup>, R. Gnatyk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Physics of Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of  
Kyiv, Kyiv, Ukraine

Vela Supernova remnant (SNR) is a result of Supernova outburst at the boundary of the stellar wind bubble created by binary (WR11 and O-star) star  $\gamma^2$  Velorum. Once more, pulsar wind nebula (PWN) created by Vela pulsar is deformed and shifted by anisotropic reverse shock wave of Vela SNR. Fermi LAT image of PWN shows disk-like structure around pulsar position, while radio map of PWN (aka Vela X) shows wing-like structures around pulsar position – “Vela Wings”. We analyze the physical conditions in the Vela PWN and Vela Wings on the basis of their radio and gamma-ray maps and recover the magnetic field and cosmic ray parameters from radio

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

(synchrotron) and gamma-ray (inverse Compton and pp-collisions with subsequent pion decays) emission data.

### **Kinetics of charged particle propagation in the magnetic field under various directions of their injection**

B.A. Shakhov, Yu.I. Fedorov, Yu.L. Kolesnyk

Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The energetic charged particle propagation in magnetic field, which is a superposition of the mean homogeneous magnetic field and magnetic inhomogeneities of various scales, is considered on the basis of the Fokker-Planck kinetic equation. The analytical expression for the cosmic ray distribution function corresponding to instantaneous particle injection in the direction, which is perpendicular to the regular magnetic field, is obtained. Under particle emission along the mean magnetic field the kinetic equation solution in the small angle approximation is applied. It is shown that the spatial-temporal cosmic ray distribution depends substantially on the particle injection direction. The evolution of the angular distribution of solar cosmic rays is analyzed on the basis of derived kinetic equation solutions.

### **Mathisson–Papapetrou equations in non-Lagrangian theory of gravity**

V.I. Shyta, P.O. Nakaznoy

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",  
Kyiv, Ukraine

Since the problem of dark energy and dark matter arose, two main concepts of its solution appeared. The first one is based on the assumption that there is a possibility of broadening the Standard Model through finding new particles and fields which would be able to resemble dark matter and dark energy behavior. Another approach consists in modification of General Relativity (GR) as a theoretical paradigm of the Lambda-CDM model. Among existing modified gravity theories, attempts to take into account

corrections from the spacetime curvature into Einstein's field equations stand out. This kind of modified gravity theories can be divided into two categories — Lagrangian and non-Lagrangian generalizations. As in GR existence of any kind of matter (e.g. vacuum) causes the curvature of spacetime, it can be assumed that vacuum density is not obligatory constant and such corrections can be interpreted as a response of the vacuum to its own curvature. In the research we focus on the non-Lagrangian approach taking into account linear curvature corrections to the energy-momentum tensor of the vacuum ( $\Lambda = \Lambda_0 - kR$ , where  $k \ll 1$ ).

In such model the problem of deriving equations of motion for a point particle was examined. It was shown that the method of their derivation in the GR is not applicable, since it is necessary to take into account the renormalization of the energy-momentum tensor of the particle through the interaction with the vacuum. The method of renormalization of the given tensor is proposed, which is consistent with the results of the GR when  $k \rightarrow 0$  and allows to obtain the equation of motion which is coincident with the geodesic equation.

To investigate the motion of a non-zero size particle, the obtained results were applied to examine Mathisson–Papapetrou equations in the suggested model and to compare the outcome with the results of GR.

### **Test body orbits around relativistic objects with scalar fields and the EHT image of accretion disk**

O.S. Stashko<sup>1</sup>, V.I. Zhdanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Physics of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

We consider the scalar field (SF) described by a Lagrangian with the canonical kinetic term and massive or massless monomial SF potentials (the case of minimally-coupled SF). The static spherically symmetric solutions of the joint system of Einstein – SF equations are derived numerically under conditions of asymptotic flatness; all non-trivial solutions describe the naked singularity in the center. Then we study the effective potentials that define geodesics in this space-time. We show that distributions of the stable circular orbits describing the test particle motions can be qualitatively

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

different of the Schwarzschild case. Possible observational signals that single out different types of distributions are discussed. We compare the results with the image of the accretion disk around the putative supermassive black hole in the center of M87 giant elliptical galaxy, which has been recently observed by the Event Horizon Telescope. We note that this observation allows us to limit the range of acceptable parameters describing the above configurations with SF.

### **Infrared counterparts of X-ray galaxies**

A.V. Tugay<sup>1</sup>, S.Yu.Shevchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Physics of Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Schmalhausen Institute of Zoology, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

XMM-Newton is leading X-ray space telescope, which was used to compile the largest catalog of X-ray sources. Current version of XMM SSC catalog contains more than half a million sources. In our previous works we selected and analyzed a sample of 5021 X-ray galaxies observed by XMM. Identification and classification of these sources is essential next step of the study. We used infrared apparent magnitudes from WISE catalog of AGN candidates. In 2010 space telescope WISE performed full sky survey in four infrared bands and detected 747 millions sources. WISE catalog of AGN candidates amounts 4 millions of possible extragalactic sources. We built infrared color-color diagram for our sample of X-ray galaxies and assessed their types using WISE data. In the further studies we are planning to investigate the distribution of different types of X-ray galaxies within the large-scale structure of the Universe.

### **The algorithm of darning the Milky Way Zone of Avoidance to restore the large-scale distribution**

I.B. Vavilova, A. A. Elyiv, M. Yu. Vasylenko

Main Astronomical Observatory of National Academy of Sciences of  
Ukraine, Kyiv, Ukraine

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

The incompleteness of data depending on wavelengths, the velocity flow fields towards the Great Attractor and the CMB dipole indicate that there are still not resolved problems such as the dynamics in the Local Group and in the Local Universe as well as the large-scale structure of the Universe in the sky region obscured by the Milky Way.

We present a brief overview of methods for restoring the large-scale structure of the Universe behind the Zone of Avoidance (ZoA) of the Milky Way and discuss a new “algorithm of darning the ZoA” and the general scheme of a new approach based on the generative adversarial network (GAN) to recover the galaxy distribution in the ZoA as an additional machine learning platform to resolve this problem.

### **A giant water maser flares in the Galactic source W49N**

L.N. Volvach<sup>1,2</sup>, A.E. Volvach<sup>1,2</sup>, M.G. Larionov<sup>3</sup>, G.C. MacLeod<sup>4,5</sup>, P. Wolak<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Radio Astronomy Laboratory of Crimean Astrophysical Observatory,  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

<sup>2</sup> Institute of Applied Astronomy, Russian Academy of Sciences, St.  
Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Astro Space Center, Lebedev Physical Institute, Russian Academy of  
Sciences,  
Moscow, Russia

<sup>4</sup> Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory, Krugersdorp, South  
Africa

<sup>5</sup> The University of Western Ontario, London, Canada

<sup>6</sup> Centre for Astronomy, Faculty of Physics, Astronomy and Informatics,  
Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland

We report the detection of significant flaring events of the water masers associated with W49N using the radio telescopes RT-22 (Simeiz) and RT-32 (Torun) from September 2017 and during 2018. At its maximum, the -81 km/s water maser feature reached 50 kJy. The correlation of the observed exponential growth in flux density with a decreasing line width is consistent with the expected behavior of an unsaturated maser. A second, longer flare may consist of several ones, which may reflect the fine structure of maser formations. We note the similarities between super bursting water maser features in W49N, Orion KL, and IRAS 18316-0602. This may imply a

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

commonality of exciting phenomenon. The flare profiles are not identical and may indicate that the flares are associated with different sources. Possible reasons of energy release in the system, which lead to super flares, are considered.

The water maser feature at  $\sim+6$  km/s reached a peak flux density of  $\sim 80$  kJy. The water maser feature at  $+6$  km/s during the flare appears to be unsaturated based on the relationship between the flux density and line width. We propose that it is a single maser feature dominating the flaring. The processes occurring during major flares in the sources W49N, IRAS 18316-0602 and Orion KL are noted to be similar. More observations, both interferometric and single-dish monitoring, are needed to better characterize such strong flaring events.

### **Monte Carlo simulations of ultra high energy secondary neutrino detection in the DUNE experiment**

A.Yovych<sup>1</sup>, V.Aushev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

The Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE) that is located at Fermilab and SURF in the USA will be a world-class neutrino observatory and nucleon decay detector designed to answer fundamental questions about the nature of elementary particles and their role in the universe.

In this research we do an evaluation on expected secondary neutrino flux in the DUNE detector from ultra high energy cosmic rays. Using Monte Carlo simulation software *SimProp v.2.r.4*. spectra of ultra high energy secondary neutrinos were obtained, and their flux on the Earth was evaluated. Two different primary sources (protons and  $^{56}\text{Fe}$  nuclei) that correspond to different cosmic rays origins were used. For the calculations the source was considered to have cosmic ray injection power as  $L \approx 10^{45}$  erg/year. Simulations were conducted at three distances (in terms of redshift  $z$ ):  $z=0.1$ ,  $z=1.0$  and  $z=3.0$ . Numbers of secondary neutrino events in DUNE over 1 year is expected to be: 39.7, 0.17 and 0.006 for protons and 0.006, 0.0002 and  $1.6 \cdot 10^{-5}$  for  $^{56}\text{Fe}$  nuclei accordingly.

**Which close active galaxy nuclei and star-burst galaxies can contribute to the observed flux of extremely high energy cosmic rays**

V. Voytsekhovsky<sup>1</sup>, R. Gnatyk<sup>2</sup>

1 Faculty of Physics of Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
Kyiv, Ukraine

2 Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of  
Kyiv, Kyiv, Ukraine

The sources and mechanisms of acceleration of ultra high energy cosmic rays (UHECRs,  $E > 10^{18}$  eV) are still unknown. Protons and nuclei as UHECR components on their way from the source to the observer lose their energy due to interaction with extragalactic background light, and, additionally, heavy nuclei suffer as well from photodisintegrations. Deflection of UHECR trajectories in Galactic and extragalactic magnetic fields, up to transition from ballistic to diffusive propagation, further complicates the search for sources of UHECRs.

The magnetic field deflection decreases with increase the energy of UHECRs, therefore we search for sources of extremely high energy cosmic rays (EHECRs,  $E > 10^{20}$  eV) among the nearby potential sources of EHECRs: active galaxy nuclei (AGN) and star-burst galaxies (SBGs). Analysis of chemical composition (atom mass abundance) support C-N-O group as a dominant component of UHECR total flux.

To this end we recover a sky position of sources of EHECRs, detected by TA and AUGER detectors, taking into account EHECR deflections in Galactic and extragalactic magnetic field and energy losses of EHECRs. A set of potential EHECR sources among AGN and SBGs is determined and analyzed according to the recent models of EHECR acceleration.

**Super-Penrose process**

O. B. Zaslavskii

Department of Physics and Technology, Kharkiv V. N. Karazin  
National University, Kharkiv, Ukraine

A brief review of the effect of acceleration of particles to unbounded energies in their centre of mass frame due to collision is presented. The main emphasis is made on the properties of debris after collision that can be observed at infinity. When collision occurs near a black hole, the efficiency of the process is limited. However, near singularities and near the throats of wormholes an unbounded efficiency (the so-called super-Penrose process) becomes possible. Consideration applies to a wide class of axially symmetric stationary rotating spacetimes.

### **Нові аспекти поляризаційних ефектів у полі Керра**

В. О. Пелих<sup>1</sup>, Ю. В. Тайстра<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Інститут прикладних проблем механіки та математики  
ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів, Україна

<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Вплив гравітаційного поля на електромагнітне випромінювання проявляється у багатьох ефектах – відхиленні, лінзуванні променів, червоному зміщенні та впливі на поляризацію випромінювання. Гравітаційні поля тіл, що обертаються, здійснюють вплив на поляризацію випромінювання за рахунок т. зв. гравітомагнітного компонента гравітаційного поля.

Вперше цей вплив – поворот площини поляризації випромінювання, або гравітаційний ефект Фарадея – було описано у 1957 році Скроцьким.

У низці робіт за припущення про високі або низькі частоти хвиль наближеними методами досліджується інший ефект, пов'язаний з поляризацією – вплив спіральності та частоти розсіяної в полі чорної діри Керра хвилі на її амплітуду.

Для повного опису поляризаційних ефектів ми розглядаємо алгебраїчно-спеціальні поля Максвелла, в першу чергу – вихідне в розумінні Чандрасекара. На основі отриманого у аналітичній формі загального та з відокремленими змінними розв'язку ми отримуємо точні (в усьому діапазоні частот) залежні від параметрів чорної діри, частоти та азимутального числа параметри Стокса та вирази для кутів орієнтації та еліптичності.

**Тестування загальної теорії відносності за допомогою  
Галактичного мікролінзування**

В.М. Слюсар, В.І. Жданов, О.М. Александров

Астрономічна обсерваторія Київського національного  
університету  
імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

При проходженні зорі переднього плану поблизу лінії зору на віддалене джерело відбувається підсилення його блиску, пов'язане з ефектом відхилення променя в гравітаційному полі. Збільшення потоку від джерела, яке має місце в подіях мікролінзування на зорях нашої Галактики, може сягати декількох разів і більше з характерним часом від тижнів до місяців. Ми використовуємо цей ефект з метою перевірки формули для кута гравітаційного відхилення світла в загальній теорії відносності (ЗТВ). Для цього в стандартну формулу вводиться поправка  $\epsilon$ , яка характеризує відхилення від ЗТВ, де вона дорівнює нулю. Для оцінки  $\epsilon$  ми використали публічні дані багаторічних спостережень подій Галактичного мікролінзування групою «Optical Gravitational Lensing Experiment». В опрацювання увійшли більше 7000 кривих блиску, при цьому отримана нами оцінка  $|\epsilon| < 10^{-3}$ . Обговорюються шляхи покращання оцінки та ефекти, які впливають на її достовірність.

**АСТРОМЕТРІЯ І МАЛІ ТІЛА  
СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ**

**ASTROMETRY AND SMALL BODIES  
OF THE SOLAR SYSTEM**

**Monitoring of space objects using Odessa observatory network of telescopes**

S.M. Andrievsky<sup>1</sup>, N. V. Bazyey<sup>1</sup>, V.V. Zhukov<sup>2</sup>, N. I. Koshkin<sup>1</sup>,  
V. I. Kashuba<sup>1</sup>, S. G. Kashuba<sup>1</sup>, Yu.M. Gorbanev<sup>1</sup>, P. P. Sukhov<sup>1</sup>,  
S.V. Podlesnyak<sup>1</sup>, S. N. Udovichenko<sup>1</sup>, L. E. Keir<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Astronomical Observatory of Odessa National University, Odessa,  
Ukraine, [smandrievsky@onu.edu.ua](mailto:smandrievsky@onu.edu.ua)

<sup>2</sup> Skyline Electronics Ltd. Co., Odessa, Ukraine, [vadim@skyline.od.ua](mailto:vadim@skyline.od.ua)

In this paper we are presenting optical telescopes of Astronomical Observatory of I. I. Mechnikov Odessa National University. We are describing technical characteristics and scientific program for each telescope. Here we also present a description of the tools with which the unique collections of astroplates were obtained under the program “The Sky Service”. Odessa Observatory (46°.28 N, 30°.45 E, altitude 64 m, observation code 086) it has several observation stations. Among them: Mayaki (46.39° N, 30°.27 E, altitude 25 m, observation code 583) and Kryzhanovka (46°.37 N, 30°.48 E, altitude 40 m, observation code A85). Both stations have a good geographical location, as well as good astroclimate (up to 200 clear nights or part of the night). Telescopes are equipped with modern CCD and photometric light detectors. Odessa Observatory has its own mechanical and optical workshops that are used construction the new telescopes and manufacture and repair other astronomical equipment.

**Astrometry and photometry observations of transneptunian objects (Pluto, Eris, Haumea) at Kyiv comet station**

A. Baransky, O. Lukina

Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

We present the results of astrometric and photometric observations of transneptunian objects (TNO) obtained at Kyiv comet station (Code MPC 585) of Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

University of Kyiv in 2017-2019. For observations we used the 0.7 m (f/4) telescope AZT-8 with FLI PL47-10 CCD camera and filters of Johnson's photometric system.

Our objects are dwarf planets Pluto, Eris and Haumea. Pluto is the largest TNO that has a system of 5 satellites. In 2015 the 'New Horizon' mission conducted flyby study of Pluto and its satellites. Eris is the most massive TNO. The most interesting feature of this object is its extremely high albedo – 96% which means that Eris reflects almost all light that reach its surface. Also, Eris has a satellite – Dysnomia. Haumea is very unusual object because of its elongated shape and the ring. It is the first such object around which the ring was found. Haumea breaks the record in the Solar System, because it has the shortest period of rotation – only 4 hours.

Astrometric positions and physical properties of objects: color index (V-R), absolute magnitude (H) and geometric albedo (p), were measured. The accuracy of the all observations and calculations was analyzed. The measured physical properties were compared with data from Asteroids with Satellites Database Johnston's Archive.

Astrometric data were published in Minor Planet Supplement and Minor Planet Center database with residuals 0.06-0.32", which show that the observations have a high astrometric quality. Color Index for Eris was measured, from result  $0.41 \pm 0.1$  we conclude that the object has ice rich white surface. Calculated photometric parameters for Eris:  $H = -1.5$ ,  $p = 0.83$ ; Pluto:  $H = -1$ ,  $p = 0.54$ ; Haumea:  $H = -0.3$ ,  $p = 0.54$ .

Our research results have shown good consistency with the data from Asteroids with Satellites Database Johnston's Archive. Results show that photometric system of Kyiv comet station can be successfully used for further TNO observations and researches. Our future plans are to increase the precision of calculations, start long-term program of observations, observe more objects and collaborate with other observatories.

We want to thank Serhii Borysenko from Main Astronomical Observatory for consultations about photometry methods and calculations.

### **Broadband photometry of asteroid 6478 Gault**

S. Borysenko<sup>1</sup>, A. Baransky<sup>2</sup>, A. Simon<sup>2,3</sup>, V. Vasylenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Main Astronomical Observatory of National Academy of Sciences,  
Kyiv, Ukraine

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

<sup>2</sup>Astronomical observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>Astronomy and Space Physics Department, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

6478 Gault is an S-type asteroid from the inner regions of the asteroid belt. In January 2019, it was found that Gault shows cometary activity, and that it has multiple tails. It was subsequently realized that it had been active since at least 2013. Upon analyzing archive images taken in 2013, 2016 and 2017, it was found that Gault had been perpetually active for at least five years prior to the discovery, with a tail visible when the asteroid was near its furthest distance from the Sun during the 2013 apparition.

The asteroid began to break up as its spin accelerated due to the YORP effect, and its rotation speed approached two hours – near the limit of stability for an asteroid. The ejected matter created two tails, the longer of which has been estimated at over 800,000 km long (by Hubble Space Telescope observations).

Short observational program with using of V and R Johnson filters was realized at Kyiv Comet Station during January – April, 2019. Color indices and distribution of brightness in the cometary tails were calculated. We made comparative analysis of circumstances of the asteroid 6478 Gault activity. The results point to the exceptional uniqueness of this phenomenon.

### **Some aspects of the hypothesis about massive perturber on the periphery of the Solar System as a source of long-period comets.**

Guliyev R.A., Guliyev A.S.

Shamakhy Astrophysical Observatory of ANAS

The paper discusses various aspects of the Guliyev's hypothesis about the existence of the massive planet-source of a certain part of long-period comets on the periphery of the solar system. The hypothesis suggests the presence of a significant perihelion concentration of long-period comets near the plane of the planet motion, which has the parameters:  $i_p = 86.2^\circ$ ;  $\Omega_p = 271.74^\circ$ . By applying the Kolmogorov-Smirnov and Pearson's chi-squared tests, it was shown that the estimated concentration has a very high confidence level (greater than 0.99). The values of the Tisserand's criterion

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

( $T$ ) of 1249 long-period comets relative to the putative planet are calculated. The significant maximum was found that in the range of 2.5–3, which can serve as an additional argument of the hypothesis.

### **A search for a possible new planet by deviations of Pluto's positions**

A. Kazantsev

Kyiv National Taras Shevchenko University  
ankaz@observ.univ.kiev.ua

Since 2006, when Pluto was reclassified as a dwarf planet, scientists intensified search for new trans-Neptunian planets. They are looking for a new planet by its possible influence on the orbits of the Kuiper belt bodies, and on the orbits of comets. Among all bodies of the Kuiper belt, Pluto has the longest observation history and its orbit has the most precisely defined orbit elements. That is why it is expedient to evaluate the orbital and physical characteristics of a possible new planet by its influence on the orbit or position of Pluto.

There were calculated Pluto's apparent position for various moments from 1930 to 2010 and for various observatories of the world. Comparison of such positions with the observational ones is performed. The perturbations from eight major planets, as well as from three dwarf planets in the Kuiper belt were taken into account in the calculations. The differences between the calculated positions and the observational ones usually do not exceed 1'', which corresponds to the accuracy of the observations.

There were carried out new calculations with taking into account perturbations from a possible unknown planet with different characteristics of its orbit and mass. The estimates of the maximum possible mass of such planet, depending on its orbit were made.

### **The results of astrometric reduction for old photographic observations using the Gaia stellar catalogue**

L. Kazantseva<sup>1</sup>, S. Shatokhina<sup>2</sup>, V. Andruk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Taras Shevchenko National University of Kyiv, Astronomical Observatoty, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Some digitized photographic plates of 1970-1990s with various celestial objects were re-processed. These are plates with simultaneous images of Pluto and asteroids, some plates of the Northern Sky Survey project with identified asteroids, comets 65P and 24P.

The data used for new reduction was the Gaia DR2 stellar catalogue and results were compared to previous similar processing with other catalogues. Evaluated the effectiveness of taking into account the proper motions of Gaia stars for reduction of observations with great differences of epochs more than 50 years. For this, we re-processed some of the old positional observations of Ceres, Pallas and other selected minor planets in 1950-1980s. The accuracy of astrometric coordinates was evaluated and analyzed.

### **Dust component of comet 2P/Encke in apparitions of 2013 and 2017**

V. Kleshchonok<sup>1</sup>, V. Rosenbusha<sup>1</sup>, O. Ivanova<sup>1,2,3</sup>, N. Kiselev<sup>2,6</sup>,  
L. Kolokolova<sup>4</sup>, V. Afanasiev<sup>5</sup>, O. Shubina<sup>2</sup>, D. Petrov<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Slovak Republic

<sup>4</sup>University of Maryland, USA

<sup>5</sup>Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Russia

<sup>6</sup>Crimean Astrophysical Observatory, Nauchnij, Crimea

We present the results of study dust component of comet 2P/Encke from imaging photometric and long-slit spectroscopic observations on November 4, 2013 and on January 23, 2017. Observations were carried out at the 6-m BTA telescope with the multimode focal reducer SCORPIO-2 of the Special Astrophysical Observatory (Russia). The images of comet Encke were obtained with the broad-band r-sdss and V filters in 2013. In 2017 images of comet Encke were obtained with the narrow-band cometary BC, RC, and NH<sub>2</sub> filters as well as the medium-band SED500 and broad-band r-sdss. The long-slit spectroscopy of comet Encke was performed in 2017 with the grisms in the wavelength range of 3600–7000 Å. The normalized gradient

of the cometary dust reflectivity is on the average  $(9.0 \pm 2.9) \% / 1000 \text{ \AA}$ . A low dust production  $Af\rho = 38 \pm 7 \text{ cm}$  (BC filter) and  $57 \pm 12 \text{ cm}$  (RC filter) confirmed the status of the comet as optically dust-poor one. In January 2017, the dust was in general concentrated near the nucleus, the dust/gas ratio was 2.9 in the r-sdss filter, however, this ratio was larger than 1 at distances 3000–40000 km from the nucleus. We found that about 75% of the flux of the reflected light in the central pixel was due to the nucleus, whereas the nucleus's flux contributed 48% in the total intensity of the 2000 km area of the coma, what corresponds to nucleus magnitude  $19.4^m \pm 0.2^m$ . Observed color profiles showed a strong color gradient across the coma: color index BC-RC was  $\sim 1.1^m$  in the near-nucleus area of the comet, and then decreases sharply, reaching a value of about  $0.1^m$  at a distance of about 2400 km. The complex structure of the coma was detected in both observational periods. We performed a dynamical simulation of dust particles to characterize the morphology and found that visible jets in both observational periods were formed by a single active source located in the north hemisphere at the cometocentric latitude  $+55^\circ$ .

### **Complex for observation of occultation. First results.**

V.V. Kleshchonok<sup>1</sup>, V.L.Karbovsky<sup>2</sup>, M.I. Buromsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The complex for observation of occultation of stars by solar system bodies was created in the Main Astronomical Observatory of NASU in cooperation with the Astronomical Observatory of the Kyiv National Taras Shevchenko University. It consists of the Apogee Alta U47 CCD camera, the optical reducer, the filter unit with BRV filters, a GPS receiver and a computer. The camera operates in the drift scan mode. Line transfer occurs in the direction of the declination axis. This allows recording the tracks of stars, which allows obtaining the occultation photometric curve with a time reference. The system was designed for installation on the MAO AZT-2 telescope in the Cassegrain focus. The first test observations were carry out with this system. A photometric curve for the event of a close approach between comet 21P / Giacobini-Zinner and a star HD 45314 was obtained on September 21, 2018. An estimate of the optical thickness of the cometary coma at a distance of 160 km from the nucleus  $< 0.05$  was obtained.

Occultation of the star UCAC4-475-051755 asteroid (259) Aletheia was registered on April 1, 2019. The occultation duration is  $19.2 \pm 0.3$  s, which determines the occultation chord equal to  $210.2 \pm 1.6$  km. Earlier estimations of the diameter of the asteroid from photometric and infrared measurements give value of the diameter in the range of 175-198 km. This testifies to the existing ellipticity of the shape of an asteroid with an axis ratio greater than 1: 1.13.

**Medium resolution spectroscopy of comet 46P/Wirtanen at 2018 apparition**

P. Korsun<sup>1</sup>, V. Ponomarenko<sup>2</sup>, I. Kulyk<sup>1</sup>, I. Sokolov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine

<sup>2</sup>Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv

<sup>3</sup>IC AMER Terskol Observatory, Terskol, Kabardino-Balkaria Republic

Comet 46P/Wirtanen belongs to a small family of “hyperactive” comets whose activity level is higher than expected. Taking into account size of its nucleus, the comet seems to emit more water than it should do. The orbit of the comet is very suitable for spacecraft rendezvous. It was the original target of Rosetta mission and possibly will be the target of one future mission as well. The 2018 apparition of the comet is very favorable to study the innermost coma.

The spectroscopic observations of comet 46P/Wirtanen were carried out with the 2-m Zeiss Telescope of Pik Terskol Observatory operated by the International Center for Astronomical and Medico-Ecological Research (Ukraine, Russia). The Multi Mode Cassegrain spectrometer was used to obtain spectra of moderate spectral resolving power with a wavelength coverage from 3750 to 5850 Å. Emission bands of C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, CN, and NH<sub>2</sub> have been identified by comparison of the observed and theoretical spectra of the molecules. The gas production rates of the recorded molecules were derived using the Haser model. The dust production rate was also calculated.

**Preliminary future orbital evolution of comets discovered in 2016-2018**

Nataliya Kovalenko

Astronomical Observatory of Kyiv National University  
kievplanet@ukr.net

Each year dozens of new comets are being discovered. In order to investigate their future orbital evolution and potential hazard to Earth the orbits of new comets discovered in 2016-2018 were traced 100 kyr forward in time using Swifter integration package. The 8 planets and the Sun were taken into account and new comets were traced as massless test particles, without considering the non-gravitational forces caused by the outgazing. For comets that reached the 0.3 AU vicinity of Earth over the simulation period more detailed integrations were performed, for initial test particles along with their clones. Results of simulations are presented and discussed.

**Optical observations of near isotropic comet C/2006 OF2 (Broughton) at two different heliocentric distances**

I. Kulyk<sup>1</sup>, I. Lukyanyk<sup>2</sup>, O. Ivanova<sup>1,2,3</sup>, P. Korsun<sup>1</sup>, V. Afanasiev<sup>4</sup>,  
L. Lara<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

<sup>2</sup>Astronomical Observatory, Taras Shevchenko National University of Kyiv

<sup>3</sup>Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Tatranská Lomnica, Slovak Republic

<sup>4</sup>Special Astrophysical Observatory of the Russian Nizhnij Arkhyz, Karachaevo-Cherkesia, Russia

<sup>5</sup>Instituto de Astrofísica de Andalucía - CSIC, c/ Glorieta de la Astronomía s/n, 18008, Granada, Spain

Comet C/2006 OF2 (Broughton) was discovered on July 17.66, 2006 by J. Broughton as an object of 18<sup>th</sup> magnitude moving at a distance of 7.6 au from the Sun. Although dynamical status of the comet is still not clear, it is

very likely that the comet is a dynamical new one originated from the Oort cloud and will leave the Solar system region in the near future. The integrated visual magnitude of the comet reached to about of 12 mag at the perihelion. The comet was among the targets of two space missions: the Japanese satellite AKARI provided the infrared measurements at distances of 2.43 and 3.20 au from the Sun respectively, when the comet moved at the outbound leg of its orbit; the NEOWISE/WISE mission delivered the far infrared observations of the cometary coma at a distance of 6.30 au after the perihelion passage. We complement the existing set of the data with spectral and photometric ground-based observations obtained with the 6-m telescope of the Special Astrophysical Observatory (SAO RAN, Russia) and with the 4.2-m William Herschel Telescope (La Palma, Canary Islands, Spain).

The spectra were gathered with the multi-mode focal reducer SCORPIO attached to the 6-m telescope, when the comet just passed through the perihelion, at a distance of 2.59 au. The emission lines CN ( $B^2\Sigma^+ - X^2\Sigma^+$  (0, 0) and (1, 0)) and C<sub>3</sub> ( $A^1\Pi_u - X^1\Sigma_g^+$ ) bands were identified in the cometary spectrum. The gas production rates of CN and C<sub>3</sub> molecules were estimated. The V-images were used to retrieve level of the cometary activity around the perihelion.

The dust environment of the comet before it had passed through the perihelion was analyzed with the B,V,R-images extracted from the archive of William Herschel Telescope. It enabled us to characterize the activity level at 4.24 au. The coma morphology revealed the faint morphological features like jet-like collimated streams, which were extracted from the bright coma using the Larson-Sekanina technique. We derived the color of the cometary coma and analyzed the spatial color variation. Some asymmetry of the color distribution seems to correspond to the locations of the faint jet-like features within the cometary coma.

**Analysis of the APASS DR9 catalogue photometric system based on the direct comparison with the UBVRI Standard Star fields\***

N. Maigurova<sup>1</sup>, I. Kulyk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute "Mykolaiv Astronomical Observatory", Ukraine

<sup>2</sup>Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

The AAVSO photometric all-sky survey (American Association of Variable Star Observers, APASS) can be a powerful tool for the photometric investigations of the solar system bodies. The catalogue has been obtained in five main photometric bands: Johnson B, V and Sloan  $g'$ ,  $r'$ ,  $i'$ . The magnitudes covering are between 10 and 17mag, which includes approximately 61 million stars from 99% of the sky. The mean photometric error provided by authors is about 0.03mag although it decreases drastically for stars fainter than 14mag. Since the catalogue stars cover all the sky it considerably facilitates photometric calibration enabling to find 5-10 stars on an image with the field of view of about  $10 \times 10$  arcmin.

Our goal is to test the photometric accuracy both systematic and statistical in order to clarify in how much extend we can use the catalogue for studies of the photometric properties of the solar system bodies.

We performed the cross-identification of the Landolt fields with the high-quality CCD-based UBVRI standard stars (Clem J.L. & Landolt A.U., 2013, 2016) to find their counterparts in the APASS catalogue. 5718 stars were identified in the APASS magnitude range and extracted; the differences of the magnitudes in all five bands were created. To investigate  $g'$ ,  $r'$ ,  $i'$  Sloan band the direct comparison was done as well as the intermediate expressions to transform the SDSS photometric system into the Johnson-Cousins were used. We present the expressions for direct transformation SDSS magnitudes from the APASS catalogue to the Johnson-Cousins system and the mean photometric errors depending on the magnitude and colors of the stars.

*\* This research has made use of the APASS database, located at the AAVSO web site. Funding for APASS has been provided by the Robert Martin Ayers Sciences Fund.*

### **Revision of the formulas used to determine the geometrical albedo**

O.I. Mikhhalchenko <sup>1,2</sup>, V.G. Shevchenko <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Department of Astronomy and Space Informatics, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup> Institute of Astronomy, V.N. Karazin Kharkiv National University  
[olgafantomsky@gmail.com](mailto:olgafantomsky@gmail.com), [shevchenko@astron.kharkov.ua](mailto:shevchenko@astron.kharkov.ua)

Absolute magnitude  $H$ , effective diameter  $D$  and visual geometrical albedo  $p_v$  are three important physical parameters of atmosphereless Solar

system bodies, especially asteroids. These parameters are connected in known way:  $\lg(p_v) = k - 2\lg(D) - 0.4H$ , where  $k$  is a coefficient depending on the accuracy of determining the apparent magnitude  $M_V$  of the Sun and the astronomical unit.

The combination of data on the reflected ( $H$ ) and re-emitted (IR-observation) radiation from object makes it possible to determine simultaneously the  $p_v$  and  $D$  of the object using the relation of the geometrical albedo with the spherical albedo  $A$  through the phase integral  $q$ .

Researchers of small bodies of the Solar system primarily seek to obtain as accurate as possible the values of  $H$ ,  $D$ , and  $p_v$ . However, they overlook a few facts. Firstly, characteristics of the solar radiation vary affecting such values as the solar constant and the apparent magnitude  $M_V$  of the Sun. Secondly, the methods and tools for determining the solar irradiance are improved. In addition, parameters such as the astronomical unit and some constants, for example, the Boltzmann constant, underwent changes over several decades.

The use of the phase function  $HG_1G_2$  to determine the absolute magnitude  $H$  is also an opportunity to determine more accurately the phase integral  $q$  of the object if the parameters  $G_1$  and  $G_2$  are known.

The authors have carried out a revision of the formulas used to determine the geometrical albedo  $p_v$ . The purpose of the report is to present the results of modeling the influence of new values of the astronomical constants on the  $p_v$  value.

### **Spectrophotometry research of comet 21P/Giacobini–Zinner**

V.A. Ponomarenko<sup>1</sup>, O.V. Ivanova<sup>1,2</sup>, I.V. Lukyanyk<sup>1</sup>, A.V. Sergeev<sup>3</sup>,  
I.O. Izviekova<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Astronomical Institute Slovak Academy of Sciences, Tatranska  
Lomnica, Slovakia

<sup>3</sup>IC AMER Observatory of NASU, Ukraine

We obtained the optical spectra of comet 21P/Giacobini–Zinner in August 2018 on the mountain observatory Peak Terskol (International Center for Astronomical and Medico-Ecological Research, MPC code B18) with the help of the reflecting telescope Zeiss-2000 ( $D = 2.0$  m;  $F_2 = 16$  m). The Multi Mode Cassegrain spectrometer was used to obtain spectra with

moderate spectral resolving power ( $\lambda/\Delta\lambda \approx 1200$ ) on the wavelength coverage from 4160 to 6300 Å. The comet was on the heliocentric distance  $r = 1.05$ - $1.09$  AU, geocentric distance  $\Delta = 0.46$ - $0.51$  AU and had the integral magnitude  $T \approx 8^m$ . Identification of the spectral emission lines and bands of molecules CN, C<sub>2</sub>, NH<sub>2</sub> and other has been carried out. Some physical parameters of neutral gaseous and dust cometary atmospheres were calculated with the help of Haser model. The distributions of general and reflected energy in spectra were built. The spectrophotometric gradient on the basis of the reflected energy is found.

### **On peculiarities of the polarization in comet 2P/Encke**

V.K. Rosenbush<sup>1,2</sup>, N.N. Kiselev<sup>2,3</sup>, O.V. Ivanova<sup>1,2,4</sup>,  
V.V. Kleshchonok<sup>1</sup>, V.L. Afanasiev<sup>5</sup>,  
L.O. Kolokolova<sup>6</sup>, D.V. Petrov<sup>3</sup>, O.S. Shubina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>Crimean Astrophysical Observatory, Nauchnij, Crimea

<sup>4</sup>Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Tatranská  
Lomnica, Slovak Republic

<sup>5</sup>Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of  
Sciences, Nizhnij Arkhyz, Russia

<sup>6</sup>University of Maryland, College Park, MD 20742, USA

We present the results of imaging polarimetry of comet 2P/Encke performed on January 23, 2017 at the heliocentric (1.05 au) and geocentric (1.34 au) distances and phase angle 46.8°. Observations were made through the medium-band SED500 ( $\lambda 5019/246$  Å) and broad-band r-sdss ( $\lambda 6200/1200$  Å) filters with the multimode focal reducer SCORPIO-2 at the 6-m BTA telescope of the Special Astrophysical Observatory (Russia). Dust in comet 2P/Encke is mainly concentrated in the near-nucleus region of the coma: the maximal dust/gas ratios are 1.5 and 2.9 in the SED500 and the r-sdss filters but dropped sharply to  $\sim 0.2$  and  $\sim 1$  at the distance  $\sim 2500$  km, respectively. At distances about 12000 km from the nucleus, the dust/gas ratio was  $\sim 0.3$  (SED500) and  $\sim 1.3$  (r-sdss). There are the significant variations of polarization over the coma which correlate with dust color and dust/gas ratio. The maximum degree of polarization,  $\sim 8\%$  in the r-sdss filter, is observed in the dust shell which is shifted by  $\sim 1000$  km towards the

Sun. Polarization sharply dropped to ~4% at the distance ~3000 km and then gradually increased with wave-like fluctuations with the distance from the nucleus, reaching ~8% at distance ~12000 km. After correction for a gas contamination, using the dust/gas ratios from spectroscopy made at the same night, polarization increased by ~4% in the near-nucleus region, and at distance ~12000 km reached ~11–12 %. However, at the distance of about 3000 km from the nucleus, the polarization degree remained at the same level of 4% that only slightly exceeds the polarization degree of molecular emissions, which is 3.95% at the observed phase angle. The similar changes in polarization were found for the SED500 filter. We also found the effect of nucleus contamination on the polarization of dust coma in comet Encke, the maximum value of which is ~0.4% in the r-sdss filter. We assume that the observed limitation of the observable polarization degree is caused by numerous unidentified molecular emissions, which cannot be taken into account. Changes in polarization, color, and dust/gas ratio across the 2P/Encke coma indicate a change in the physical properties of dust particles, including a change in the particle size distribution depending on a time-of-flight timescale. Our computer simulation with using the Sh-matrix approach for light scattering by Gaussian particles confirms these observed trends.

**Автоматизований відео-спектральний комплекс НДІ астрономії  
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна для  
спостережень метеорних явищ**

О.В. Голубас<sup>1</sup>, А.М. Мозгова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НДІ астрономії Харківського національного університету імені  
В.Н. Каразіна, [alexandr\\_sky1@ukr.net](mailto:alexandr_sky1@ukr.net)

<sup>2</sup>Астрономічна обсерваторія Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка, Україна, [alenamozgova@ukr.net](mailto:alenamozgova@ukr.net)

У 2018 році було розроблено і сконструйовано спостережний комплекс (автоматизований відео-спектральний метеорний патруль) для отримання кінематичних і фізичних характеристик метеорних тіл та визначення їх хімічного складу. Створений апаратний комплекс розширює не тільки матеріальну і наукову, але й навчально-наукову бази НДІ астрономії. Він використовуватиметься у навчальному процесі на кафедрі астрономії та космічної інформатики ХНУ імені

В.Н. Каразіна під час проведення практичних та лабораторних занять, виконання бакалаврських і магістерських робіт та розробці новітніх методик дистанційного дослідження астрономічних об'єктів Сонячної системи.

Метеорний патруль обладнаний двома CCTV камерами, одна з яких оснащена дифракційною ґраткою 500 ліній/мм для спектральних спостережень. Як приймачі випромінення використовуються CCTV камери фірми Watec (Японія): WAT-902H2 ULTIMATE з часовою роздільною здатністю 20 мс, та частотою зміни кадрів  $40 \text{ мс}^{-1}$  з точністю не гірше  $0.1 \text{ мс}^{-1}$ . За паспортними даними у таких камерах застосовується CMOS-матриця яка має розмір  $1/2''$ , фізичний розмір одного пікселя становить  $8.6 \times 8.3 \text{ мкм}$ , чутливість відеокамери 0.0001 Лк (при відносному отворі F/1.4). Роздільна здатність відеокамери більше 570 телевізійних ліній, відношення сигнал/шум більше 46 дБ. При спостереженнях автоматичне регулювання посилення було відключено. Для перетворення аналогового сигналу з камери в цифровий застосовується телевізійний тюнер з восьмирозрядним АЦП. У якості програмного забезпечення для захоплення відеозображення використовується автоматичний ресстратор метеорів UFOCapture. Часова прив'язка метеорних патрулів здійснюється за рахунок GPS-приймачів. Усі астрокамери оснащені варіфокальними об'єктивами Tamgon 12VM1040 ASIR (F=10 мм, відносний отвір F/1.4), який забезпечує поле зору  $34.4^\circ \times 25.8^\circ$ . Розмір одиничного пікселя у кутовій мірі становить  $2.65'$ . Оптичні прилади встановлені на екваторіальному монтуванні Sky-Watcher EQ6-R Equatorial GoTo mount і працюють у автоматичному режимі. Для кожної камери створена динамічна база даних, що безупинно поповнюється під час первинної обробки нових спостережень. Для обробки спостережного матеріалу створений пакет програмного забезпечення.

Для визначення оберненої лінійної дисперсії у спектрі камери, оснащеної дифракційною ґраткою, використовувалась неонева (Ne) лампа. У результаті отримано зображення перших двох порядків спектру Ne. Обробка отриманого зображення спектру Ne показала, що обернена лінійна дисперсія у першому порядку спектра становить  $1.60 \text{ нм/піксель}$  та  $0.76 \text{ нм/піксель}$  – у другому порядку спектра. Спектральна чутливість відеоспектрального комплексу лежить у діапазоні довжин хвиль від 350 до 800 нм, а максимальне значення спектральної чутливості оптичної системи припадає на  $\sim 700 \text{ нм}$ .

Проведено тестування створеного пристрою у режимі астрономічних спостережень протягом 7 ночей (з 06 вересня по 07

жовтня 2018 року). У результаті таких спостережень зафіксовано 119 метеорів та 44 метеорних явищ на камеру оснащеною дифракційною ґраткою 500 ліній/мм. Визначено, що гранична зоряна величина для спостережного комплексу (для камери без дифракційної ґратки) становить  $+5.4^m$ . Для спектральної камери гранична зоряна величина становить  $+4.0^m$ .

### **Визначення температури збудження атомів заліза FeI в метеорній комі**

А. М. Мозгова<sup>1</sup>, І. Боровічка<sup>2</sup>, В. В. Клецонок<sup>1</sup>, О. В. Голубаєв<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

<sup>2</sup>Астрономічна обсерваторія Астрономічного інституту Академії наук Чеської Республіки, Ондřejов, Чехія

<sup>3</sup>НДІ астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

В наближенні термодинамічної рівноваги та болцманівського розподілу населеності рівнів, визначено ефективну температуру збудження атомів FeI та кількість іонізуючих атомів в метеорній комі за дослідженнями спектра метеора, спостереженого 2 серпня 2011 року. Отримано криву блиску спектральної лінії заліза FeI (2) ( $\lambda 4427 \text{ \AA}$ ).

Для покращення точності та достовірності результатів взято 57 окремих спектральних ліній FeI. Виявлено нелінійну зміну температури метеорного тіла, спостереженого 2 серпня 2011 року, з висотою та з часом. Спостерігається підвищення температури збудження атомів FeI перед і одразу після спалахів та її зниження безпосередньо під час спалахів. До того ж температура збудження змінюється відносно повільніше, ніж інтенсивність.

Фізичний механізм, що приводить до різких спалахів яскравості метеорів, дотепер погано вивчений і вимагає накопичення спостережних даних. Для визначення температури збудження в даній роботі методом кривих росту вважалося, що випромінювання в лініях заліза відбувається в оптично тонкому середовищі. А для цього випадку при сталій інтенсивності випромінювання існує залежність: чим менша густина газу тим вища його температура, і навпаки. Таким чином можна стверджувати, що під час обох спалахів відбувалося

суттєве руйнування метеорного тіла з подальшими викидами метеорної речовини і розсіянням її в просторі навколо метеороїда. Внаслідок активного руйнування відкривалися менш нагріті ділянки метеорного тіла і відносно холодні пари не встигали прогріватися за рахунок взаємодії з молекулами атмосфери і температура збудження атомів в метеорній комі під час спалахів виявилася нижчою.

Ми вважаємо, що збільшення роздільної здатності при подальших дослідженнях спектрів метеорів, а також врахування того, що у метеорній комі відсутня локальна термодинамічна рівновага і не виконується болцманівський розподіл населеності рівнів дозволить більш точно визначити температуру збудження атомів різних хімічних елементів в комі метеора.

### **Динамічні властивості ієрархічних пилових агрегатів поблизу комети 67P/Чурюмова-Герасименко**

В. Решетник<sup>1</sup>, Ю. Скоров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут позаземної фізики, Брауншвайг, Німеччина

За результатами досліджень місії Розета, значна частина кометних пилинок є надзвичайно пористими частинками. У нашій роботі ми представляємо модель ієрархічних пористих частинок кометного пилу. Частинки побудовані з невеликих сферичних мономерів розміром 0,1 мкм. Прямі спостереження та результати обробки поляриметричних спостережень вказують на саме такі розміри мономерів, з яких складаються пилінки в 67P. Основні переваги нашого підходу полягають у тому, що ми можемо моделювати дуже великі пилові агломерати, розміром до міліметрів. Нами були досліджені геометричні та оптичні властивості запропонованих пилових агрегатів.

В роботі було проведено моделювання руху ієрархічних пилових агрегатів в околі ядра комети 67P/Чурюмова-Герасименко. При чисельному розв'язку рівняння руху було враховано тиск сонячного випромінювання, гравітацію ядра комети та змінний з відстанню газовий потік. Швидкість руху газу розглядається в рамках вільно-молекулярного та неперервного режимів. Розрахунок тиску сонячного випромінювання проводився на основі теорії Мі, але електрична

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

діелектрична проникність пористих агрегатів знайдена в наближені теорії ефективного середовища, що дозволило більш коректно врахувати пористість матеріалу пилинок. Результати моделювання руху пилових ієрархічних частинок, в рамках одномірної динаміки, якісно відповідають вимірюванням швидкості пилу за допомогою приладу GIADA з борту Розети.

**ФІЗИКА СОНЦЯ ТА СОНЯЧНА  
АКТИВНІСТЬ**

**SOLAR PHYSICS AND SOLAR  
ACTIVITY**

**Short-term prognosis of strong earthquakes and volcanic eruptions  
according to daily indexes of solar activity.**

A. M. Eigenson, I.B. Bazylevych, M.S. Shevchenko.

Ivan Franko Lviv National University, Ukraine.

Recently one of the authors has shown that when solar activity curve begins to go down, then in the vicinity of it's minimum earthquakes and volcanic eruptions occur. Analysis of data during the period 2010-2018 shows that the probability of false prognosis is no more 2 %. This feature could be used for forecasting these terrestrial events several days in advance. The "opposite" Forbush effect is proposed as possible reason for explanation of this phenomena. In our days, we see that the dangerous area lies between April 22 and May 2, 2019.

**Short-term variations of the monthly total area of groups of spots in  
12-24 cycles of solar activity**

V.M. Efimenko

Astronomical Observatory of the Taras Shevchenko National University  
of Kyiv, Kyiv, Ukraine. [efim@observ.univ.kiev.ua](mailto:efim@observ.univ.kiev.ua)

Periodicity in the indexes of solar activity was studied by many authors. The main ones, such as the eleven-year cycle of solar activity, Hale's double cycle (about 44 years old) are considered to be sufficiently studied. At the same time there is evidence of the existence of other cycles of solar activity, which require additional study.

The search for short-term fluctuations in the index of the monthly total area of groups of sunspots has been carried out. The data of the Greenwich catalog and its extension NOAA-USEF (<http://solar.science.msfc.nasa.gov/greenwich/>) were used.

To this end, the Fourier Fast Conversion Program was used to analyze the deviations of the current values of the total area of groups of spots from the smoothed monthly values for each cycle of solar activity. The main purpose of the work was to find the existence of periods in these deviations.

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

It is found that there are two modes of short-term fluctuations of 8-10 months and 14-16 months. Features of short-term oscillation of areas of groups of spots in separate solar cycles are considered.

### **Imbalanced magnetohydrodynamic turbulence modified by velocity shear in the solar wind**

G. Gogoberidze<sup>1</sup>, Yu.M. Voitenko<sup>2</sup>, N. Kevlishvili<sup>1</sup>, A. Mgeladze<sup>1</sup>,  
T. Rostomashvili<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ilia State University, Tbilisi, Georgia

<sup>2</sup>Belgian Institute for Space Aeronomy, Brussels, Belgium

We present the study incompressible imbalanced magnetohydrodynamic turbulence in the presence of background velocity shear. Using scaling arguments, we show that the turbulent cascade is significantly accelerated when the background velocity shear is stronger than the velocity shears in the subdominant Alfvén waves at the injection scale. The spectral transport is then controlled by the background shear rather than the turbulent shears and the Tchen spectrum with spectral index  $-1$  is formed. This spectrum extends from the injection scale to the scale of the spectral break where the subdominant wave shear becomes equal to the background shear. The estimated spectral breaks and power spectra are in good agreement with those observed in the fast solar wind. The proposed mechanism can contribute to enhanced turbulent cascades and modified  $-1$  spectra observed in the fast solar wind with strong velocity shears. This mechanism can also operate in many other astrophysical environments where turbulence develops on top of non-uniform plasma flows.

This research was supported by Rustaveli National Science Foundation grant FR-18-19964.

### **Temperature spectra in the solar wind turbulence**

G. Gogoberidze<sup>1</sup>, Yu.M. Voitenko<sup>2</sup>, N. Kevlishvili<sup>1</sup>, A. Mgeladze<sup>1</sup>,  
T. Rostomashvili<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ilia State University, Tbilisi, Georgia

<sup>2</sup>Belgian Institute for Space Aeronomy, Brussels, Belgium

We present the study of Alfvénic turbulent fluctuations and their spectral properties from magnetohydrodynamic to kinetic scales and compare obtained results with recent measurements of the Spektr-R spacecraft. An apparent contradiction is found between the temperature spectra derived from the Spektr-R data and the temperature spectra predicted theoretically. To resolve this contradiction, we show that the temperature fluctuations can be correctly estimated from the Spektr-R data only if the mean temperature is isotropic. Since the mean temperature in the solar wind is usually anisotropic, the derived fluctuations appear to be pseudo-temperature rather than temperature. These pseudo-temperature fluctuations are driven by the high-amplitude magnetic fluctuations in Alfvén waves rather than the fluctuations of temperature or thermal velocity. This finding explains why their amplitudes are usually significantly larger than the amplitudes of authentic temperature fluctuations.

This research was supported by Rustaveli National Science Foundation grant FR-18-19964.

### **Intrinsic photospheric magnetic field diagnostics using the Stokes V widths method**

M. Gordovskyy<sup>1</sup>, S. Shelyag<sup>2</sup>, V.G. Lozitsky<sup>3</sup>, P.K. Browning<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Manchester, Manchester, UK

<sup>2</sup>Deakin University, Melbourne, Australia

<sup>3</sup>Astronomical Observatory of Kyiv National University, Kyiv, Ukraine

Magnetic field in the solar photosphere is very non-uniform: optical and near-infrared observations with very high spatial resolution show that it has elements as small as few kilometres, which cannot be directly resolved by most solar telescopes. The magnetic field observed with limited spatial resolution, in fact, represents the magnetic flux per pixel, which depends on the actual (intrinsic) magnetic field and the horizontal filling factor.

Usually, the intrinsic photospheric magnetic field is evaluated using the magnetic line ratio (MLR) method, which is reliable for moderate magnetic field values, but saturates above 1-2 kG. Recently, we suggested an alternative method, based on measuring the widths of Stokes V peaks in the Fe I 6301.5Å line. In this study, we expand the Stokes V width (SVW) method to other classical magnetographic lines: green Fe I 5250Å line and

nearIR 15654A line. We use 3D magnetohydrodynamic models of magneto-convection in the photosphere developed using the MURAM code and the NICOLE radiative transfer code to calculate profiles of the spectral lines for different spatial resolution, from few km (model resolution) to 150 km (typical resolution of the Hinode/SOT and SDO/HMI instruments). The obtained line profiles are then used to compare the MLR and SVW methods.

We show that the SVW method is as good as the MLR for moderate fields and, unlike MLR, does not saturate for stronger fields (1-2 kG). Taking into account that SVW, unlike MLR, requires observations only in one spectral line, it makes it a very promising method for fast photospheric field measurements using the existing spectropolarimetric data as well as observation from the forthcoming optical solar instruments, such as DKIST.

This study was partially funded by the Taras Shevchenko National University of Kyiv, project No. 16БФ023-03.

### **The Yaglom Law in the Expanding Solar Wind**

N. Kevlishvili<sup>1</sup>, G. Gogoberidze<sup>1</sup>, Yu.M. Voitenko<sup>2</sup>, A. Mgeladze<sup>1</sup>,  
T. Rostomashvili<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ilia State University, Tbilisi, Georgia

<sup>2</sup>Belgian Institute for Space Aeronomy, Brussels, Belgium

We present the study of the Yaglom law, which relates the mixed third-order structure function to the average dissipation rate of turbulence, in a uniformly expanding solar wind by using the two-scale expansion model of magnetohydrodynamic (MHD) turbulence. We show that due to the expansion of the solar wind, two new terms appear in the Yaglom law. The first term is related to the decay of the turbulent energy by nonlinear interactions, whereas the second term is related to the non-zero cross-correlation of the Elsässer fields. Using magnetic field and plasma data from WIND and Helios 2 spacecrafts, we show that at lower frequencies in the inertial range of MHD turbulence the new terms become comparable to Yaglom's third-order mixed moment, and therefore they cannot be neglected in the evaluation of the energy cascade rate in the solar wind.

This research was supported by Rustaveli National Science Foundation grant FR-18-19964.

**Magnetic fields in area of a seismic source associated  
with large proton solar flare**

V.G. Lozitsky<sup>1</sup>, E.A. Baranovsky<sup>2</sup>, N.I. Lozitska<sup>1</sup> and V.P. Tarashchuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Astronomical Observatory of the Taras Shevchenko National  
University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Crimea Astrophysical Observatory, Nauchny, Crimea  
[lozitsky@observ.univ.kiev.ua](mailto:lozitsky@observ.univ.kiev.ua)

We present the new results on magnetic fields in an exceptionally powerful solar flare of 2003 October 28 of X17.2 / 4B class, which was observed with Echelle spectrograph of Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv. For time 11:14 UT, a unique observational material was obtained when the entrance slit of spectrograph was projected onto the location of a seismic source associated with the flare. Based on a detailed study of the  $I \pm V$  profiles of nine Fe I lines with various Lande factors, excitation potentials and formation heights in atmosphere, we conclude that magnetic field in this place was multi-component, with close contact of opposite magnetic polarities and with a very wide range of field strengths. All these components were inside a  $1.5 \times 1.5 \times 0.5$  Mm<sup>3</sup> volume, corresponding to the spatial resolution of the telescope as well as to the geometric thickness of the photosphere. Apparently, such a close proximity of strong and especially strong magnetic fields of opposite magnetic polarities created the necessary conditions for intensive reconnection of lines of force with a powerful energy release in the area of the seismic flare source. A semi-empirical flare model built using the algorithm PANDORA code shows that the strongest magnetic fields were localized in a fairly narrow altitude range (40-50 km) of the upper photosphere.

This study was funded by the Taras Shevchenko National University of Kyiv, projects Nos. 19БФ023-01 and 19БФ023-01, and by the Crimea Astrophysical Observatory, the project "Physical relationships of solar formations", grant РФФИ № 16-42-910467 p-аэ.

**General magnetic fields and activity cycles on non-degenerated stars**

S.I. Plachinda<sup>1,2</sup>, V.V Butkovskaya<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Crimean Astrophysical Observatory, Nauchny

The Sun and other stars with outer convective envelopes have magnetic fields. We collect integrated light from the visible stellar hemisphere, therefore we cannot distinguish with desired spatial resolution individual small-scale magnetic features, such as starspots and plages. Indirect evidences of the local magnetic activity have been detected during decades using photometric variability of different time-scales (flares, stellar axial rotation, activity cycles), chromospheric emission in some spectral lines, coronal emission in X-ray. Today, a number of precise magnetic field measurements is increasing, and we obtain already magnetic time-series which overlapped activity cycles of some stars. Magnetic field varying in phase with 7.3 years chromospheric activity cycle has been detected on 61 Cyg A (K5 V) by Boro Saikia et al. (2016). The first detections of small-scale magnetic fields, which probably belong to starspots, were also published for 61 Cyg A (K5 V) by Baklanova et al. (2011). Butkovskaya et al. (2017) have found the annual range of the magnetic field of  $\beta$  Aql (G9 IV) varies in antiphase with its brightness during the 969 day period as in the case when activity of the star is spot-dominated. We present the short review of direct magnetic field measurements during the activity cycles of selected stars.

**Si I 1082.7 nm line as a probe of solar photospheric velocity fields**

N.G. Shchukina<sup>1,2,3</sup>, R. I. Kostyk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

The aim of the talk is to analyze the validity of the lambda-meter technique for the diagnostics of solar photospheric velocities using the Si I 1082.7 nm line. We evaluate this technique by means of NLTE radiative

transfer calculations of the line in a three-dimensional model of solar magneto-convection. We consider the cases of spatially unsmeared profiles and the profiles smeared to the resolution of ground-based observations. We conclude that the lambda-meter technique applied to this line gives us a good opportunity to “trace” the non-thermal motions along the whole photosphere up to the temperature minimum and lower chromosphere.

**On the origin of subterahertz radiation from the April 2 2017 solar flare**

Yu.T. Tsap<sup>1,2</sup>, A.S. Morgachev<sup>2,3</sup>, V.V. Smirnova<sup>2,4,5</sup>, G.G. Motorina<sup>2,6</sup>

<sup>1</sup>Crimean Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences,  
Nauchnyi, Crimea

<sup>2</sup>Pulkovo Astronomical Observatory, St. Petersburg

<sup>3</sup>Radiophysical Research Institute, Lobachevsky State University of  
Nizhny Novgorod <sup>4</sup>University of Turku, Turku

<sup>5</sup>Sobolev Astronomical Institute, Saint Petersburg State University, St.  
Petersburg

<sup>6</sup>Astronomical Institute ASCR, Ondřejov

Millimeter (93 and 140 GHz) radiation from the M6.4 solar flare detected on April 2, 2017 in the NOAA 12644 active region by the RT-7.5 telescope of the Bauman Moscow State Technical University is analyzed using the observational data provided by the Radio Solar Telescope Network (4.9, 8.8, and 15.4 GHz); the SDO/AIA (UV), GOES and RHESSI (X-ray) satellites. It was found that the spectral flux density of millimeter radiation increases with frequency. The similarity between the profiles of millimeter and soft-X-ray radiation suggests the thermal nature of the burst. Based on the SDO/AIA data and numerical calculations of the differential emission measure it has been shown that the contribution of coronal plasma to the millimeter flare radiation is negligible. The simulation of thermal radiation of chromospheric flare plasma in terms of the atmosphere model proposed by Machado et.al. (1980) has shown that calculated millimeter fluxes are by several factors lower than the observed ones. The contribution function of millimeter emission source is determined. It has been shown that the observed emission is formed in the thin chromospheric layer with the thickness of about 10 km and temperature of about 0.1 MK. The homogeneous model of thin layer which is

responsible for the observed spectral peculiarities has been proposed. Estimates suggest that the millimeter radio source is heated by thermal fluxes from upper layers of solar chromospheres.

The work was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No.18-02-00856) and RAS Program of Basic Research 12 “Problems of Origin and Evolution of the Universe”.

### **Solar wind velocity and the fractional area of coronal holes**

Yu.T. Tsap<sup>1,2</sup>, Z.S. Akhtemov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Crimean Astrophysical Observatory, Nauchny, Crimea

<sup>2</sup>Pulkovo Observatory, Saint-Petersburg

The relationship between the fractional area of coronal holes and the maximum velocity of the fast solar wind at 1 AU based on AIA/SDO and ACE/SWEPAM observations is considered for the period from June 2015 to March 2017. Assuming the ballistic model of the solar wind propagation it has been shown that the coronal holes within the  $\pm 10^\circ$  in longitude and  $\pm 40^\circ$  in latitude give greatest contribution to the fast ecliptic solar wind. The maximum correlation coefficient between the fractional area of coronal holes and the maximum velocity was found to be equal to  $0.76 \pm 0.15$ . Probable reasons of the discrepancy between predicted and observed values of the solar wind velocity are discussed.

The work was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No.18-02-00856) and RAS Program of Basic Research 12 “Problems of Origin and Evolution of the Universe”.

### **Особливості змін профілів фраунгоферових ліній вздовж радіуса диска Сонця**

І.Е.Васильєва, С. М. Осіпов

Головна Астрономічна Обсерваторія НАН України, Київ, Україна.  
[vasil@mao.kiev.ua](mailto:vasil@mao.kiev.ua)

Відмінності в поведінці різних ліній при переході від центра до краю Сонця виникають через їх різну чутливість до фізичних умов

формування, тобто містять цінну інформацію про структуру атмосфери Сонця. Дослідження змін сонячного спектра від центру до лімбу проводилися протягом майже ста п'ятдесяти років. Однак, і зараз високоякісних спостережень профілів ліній вздовж радіуса диска Сонця все ще катастрофічно мало. Всі існуючі літературні джерела обмежені або невеликою спектральною областю, або декількома дискретними положеннями на диску Сонця.

На телескопі АЦУ-5 ГАО НАН України 15 вересня 2015 р. і 3 червня 2016 р. проведені серії вимірювань потемніння до краю сонячного диска в обраних спектральних ділянках  $\lambda\lambda$  532.0 – 532.8 і 539.1 – 539.9 нм. Ми проаналізували наші спостереження і спостереження інших авторів, виявили особливості в змінах центральних інтенсивностей ліній при переході від центра до краю Сонця і співставили їх із умовами формування ліній. У підсумку нами побудовані емпіричні залежності, які дозволяють прогнозувати поведінку більшості ліній вздовж радіуса диска Сонця виходячи з їх атомних параметрів.

**Залежність геомагнітної активності від переполюсовки  
магнітного поля Сонця  
в 22-24-у циклах**

М.М. Ковальчук<sup>1</sup>, О.А. Баран<sup>1</sup>, М.І. Стоділка<sup>1</sup>, М.Б. Гіряк<sup>1</sup>,  
І.П. Лаушник<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Астрономічна обсерваторія Львівського національного  
університету імені Івана Франка, Львів, Україна

<sup>2</sup>Львівська філія Дніпропетровського національного університету  
залізничного транспорту, Львів, Україна

У роботі представлені результати порівняльного аналізу часових рядів великомасштабного магнітного поля Сонця (ВМПС) та геомагнітного планетарного індексу  $A_p$ , що відображає рівень залежності геомагнітної активності від динаміки сонячної активності (СА). В центрі уваги даного дослідження було встановлення рівня відгуку в земній атмосфері (по індексу  $A_p$ ) на зміни магнітного поля Сонця у періоди переполюсовки.

У двох півкулях Сонця проаналізовано циклічні зміни щодобових характеристик ВМПС: полярного і фотосферного магнітних полів,

сумарних площ груп плям, а також часовий ряд геомагнітного індексу  $A_p$ . Дослідженнями охоплені пара парного 22-го і непарного 23-го циклів (1986-2009 рр.) та біжучий 24-й цикл СА (2009-2018 рр.). Використано повні однорідні ряди даних стенфордських магнітографічних щодобових вимірів ВМПС, синоптичних  $H_\alpha$ -карт полярностей фонових фотосферних магнітних полів, усереднених щодобових площ груп плям (грінвічська сонячна база даних) та усереднених щодобових значень  $A_p$  (база геофізичних даних, оснований на вимірах наземних магнітометричних станцій).

У результаті статистичної обробки спостережуваних даних встановлено:

- Відслідковується синхронізація плямотворчої діяльності Сонця у північній (N) і південній (S) півкулях на фоні асиметрії останніх. Це вказує на високу синхронність (коефіцієнт синхронності складає 0.68) магнітної взаємодії між активними областями на різних півкулях, особливо у фазах максимумів циклів. В інші епохи синхронізація активності у N- і S-півкулях також досить висока – 0.57.

- 23-й цикл СА є слабшим від 22-го за основними характеристиками – числом, площею, середньорічними широтами виникнення плям. У 22-у циклі максимум настає на третьому році – друга половина 1989 р., а у 23-у циклі пізніше – перша половина 2000 р. Максимум 24-го циклу наступив ще пізніше – на п'ятому році – у 2014 р. Більше того, максимумами активності у різних півкулях зсунуті більш як на 1.5 року.

- У всіх трьох циклах СА у південній півкулі вирізняються два чітких максимуми. Добре виражена динаміка переходів від епохи росту до епохи максимуму кожного циклу, і від епохи максимуму до епохи його спаду.

- На відміну від зміни знаків полярностей ведучих плям, що відбувається на початку кожного циклу, переполіусовка магнітного поля на полюсах проходить в періоди максимуму СА, причому не завжди одночасно. Наприклад, в біжучому 24-у циклі переполіусовка на S-полюсі відбулась пізніше – у 2015 р., ніж на N-полюсі – у 2014 р. Те ж саме відбувалося і у 22-у циклі: на N-полюсі – у 1990 р., на S-полюсі – у 1991 р. У 23-у циклі переполіусовка на полюсах проходила майже одночасно – у 2000 р. Вважається, що така еволюція магнітного поля на Сонці знаходить свій відгук у появі корональних дір, інтенсивності сонячного вітру, в геомагнітній активності.

- Геомагнітна активність повторює 11-літній цикл СА. Отже, на початку кожного циклу геомагнітна активність є мінімальною.

Максимуму вона досягає на спаді циклу СА, тобто показує запізнення приблизно на 1–1.5 року від періодів переполюсовки магнітного поля Сонця.

### **Який механізм відповідає за світіння сонячних факелів?**

Роман Костик

Головна астрономічна обсерваторія НАН України, 27, Заболотного  
вул., 03680, Київ, Україна  
[kostik@mao.kiev.ua](mailto:kostik@mao.kiev.ua)

Вважається, що яскравість сонячних факелів обумовлена не більш високою температурою по відношенню до навколишньої атмосфери, а наявністю саме магнітного поля (біля 1500 Гс), яке дає можливість "заглянути" в більш глибокі, а значить і більш гарячі шари сонячної атмосфери (т.з. ефект Вільсона). Результати наших досліджень, які ґрунтуються на спостереженнях та математичному моделюванні, свідчать про те, що сонячна плазма в місцях, де спостерігаються сонячні факели, дійсно, має вищу температуру, ніж "спокійна" атмосфера.

Спостереження проведені на телескопі VTT Інституту Астрофізики на Канарах одночасно в трьох ділянках спектра: FeI 15643-15658 Å - спектрополяриметричні. Реєструвались всі чотири параметри Стокса. BaII 4554 Å - фільтрові, вузькополосні в 37 довжинах хвиль. CaII 3968 Å - фільтрові, лише в центрі лінії.

Основні результати.

1. Контраст факельної ділянки в центрі лінії CaII 3968 Å ( $h=1400$  км) спочатку збільшується (від 1.30 до 1.65) з ростом напруженості магнітного поля (від 400 Гс до 1300 Гс), а потім зменшується (від 1.65 до 1.55) при зміні магнітного поля від 1300 Гс до 1650 Гс.

2. Яскравість факельної ділянки в центрі лінії CaII 3968 Å сильно залежить від напрямку розповсюдження хвилі. Контраст факела збільшується з ростом потужності коливань швидкості для хвилі, яка розповсюджується вгору, але падає для хвилі, яка розповсюджується вниз.

3. Математичне моделювання на основі тримірної магніто-гідродинамічної моделі показало, що температура в сонячних факелах ( $h=1400$  км) реально, майже в два рази вища, ніж температура

незбуреної атмосфери. Тобто, факел яскравий не тільки тому, що завдяки магнітному тиску випромінювання виходить з більш глибоких шарів атмосфери (ефект Вільсона), але вони реально гарячіші від навколишнього оточення.

### **Перерозподіл величини параметра електропровідності плазми поблизу "ядра сонячного спалаху"**

В.Н. Криводубський

Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна  
krivod2@ukr.net, krivod1@observ.univ.kiev.ua

Основна проблема електромагнітних моделей спалахів на Сонці полягає в тому, що в умовах високої електропровідності сонячної плазми важко забезпечити ефективне енерговиділення внаслідок джоулевої дисипації струмів в «ядрі спалаху». Для пояснення швидкої дисипації електричних струмів ми розглянули ефект зменшення величини електропровідності в турбулентному середовищі.

Висунуто ідею перерозподілу величини електропровідності в групах сонячних плям з складною конфігурацією магнітного поля. Запропоновано концепцію перерозподілу електропровідностей, яка базується на наступних фізичних ефектах і відомих із спостережень умовах в сонячній атмосфері. 1. Зменшення параметра електропровідності (збільшенні резистивності) в турбулентному середовищі. 2. Пригнічення турбулентності під впливом сильних магнітних полів. 3. Збудження великомасштабного електричного поля макроскопічними рухами плазми в фотосфері в присутності слабкого загального магнітного поля Сонця (фотосферне динамо). 4. Спостережена просторова неоднорідна структура магнітних конфігурацій в околі груп сонячних плям, яка призводить до формування струмових шарів з нульовими (нейтральними) магнітними полями.

В результаті проведених розрахунків знайдено, що у місцях нульового магнітного поля в фотосфері (які відповідають «ядру спалаху»), де немає пригнічення турбулентності магнетизмом, провідність є турбулентною за своєю природою. Водночас, в околі плям зовні «ядра спалаху» турбулентні рухи в значній мірі пригнічені сильними магнітними полями ( $B \approx 3000$  Гс), що майже нівелює ефект

впливу турбулентності на провідність плазми. Розрахована нами величина параметра МГД-турбулентної провідності на фотосферній ділянці електричного кола корона – фотосфера ( $\sigma_T \approx 5 \cdot 10^8$  CGSE) поблизу нульових ліній магнітних конфігурацій груп сонячних плям виявляється на 2-3 порядки величини менше значення коефіцієнта звичайної газокінетичної провідності частково іонізованої плазми ( $\sigma \approx 10^{11}$  CGSE) в місцях сильних магнітних полів в околі сонячних плям. Виявлені ділянки аномально низької турбулентної провідності можуть сприяти прискореній дисипації струмів, яка забезпечує ефективне теплове енерговиділення спалахів. Зокрема, отриманий результат може мати інтерес для моделі спалаху на основі перез'єднання електричних струмів [Somov B.V. On the magnetic reconnection of electric currents in solar flares // Astron. Letters. – 2012. – 38, No. 2. – P. 128-1380], оскільки в цій моделі для топологічного переривання електричних струмів досить локального збільшення величини опору плазми в ділянці магнітного перез'єднання.

**Збудження стаціонарного тороїдального поля  
в променистій зоні і чергування амплітуди сонячних циклів**

В.Н. Криводубський

Астрономічна обсерваторія Київського національного університету  
імені Тараса, Київ, Україна

krivod2@ukr.net, krivod1@observ.univ.kiev.ua

Питання про можливість утримання сильних глобальних полів у глибинних шарах сонячної конвективної зони (СКЗ) і присутність їх ще глибше в надрах Сонця має фундаментальну вагу, оскільки внутрішнє глибинне магнітне поле впродовж кількох десятиліть залучається дослідниками для пояснення низки спостережених явищ. Разом з тим, походження потужних магнітних полів в сонячних надрах вивчено недостатньо. В зв'язку з цим, нами проведено аналіз процесів перебудови глибинного тороїдального магнітного поля, яке збуджується радіальним диференціальним обертанням в стабільній променистій зоні, заповненій первинним (реліктовим) полоїдальним магнітним полем.

Дані геліосейсмологічних експериментів про розщеплення акустичних мод коливань поверхні Сонця свідчать про наявність

помітної радіальної неоднорідності кутової швидкості в шарах нижче СКЗ. Ми вважаємо, що цей радіальний градієнт кутової швидкості діє на первинне полоїдальне поле дипольного типу і тим самим збуджує тороїдальне поле ( $\Omega$ -ефект) постійного в часі спрямування, яке в міру його наростання буде виноситися із зони генерації вгору внаслідок магнітної плавучості. Із умови стаціонарності, коли  $\Omega$ -ефект компенсує втрати поля, зумовлені магнітною плавучістю, нами виведено формулу для оцінки максимального значення стаціонарного тороїдального поля, яке впродовж тривалого часу може утримуватися в променистій зоні. Якщо взяти до уваги інтенсивність реліктового радіального поля в променистій зоні  $B_r \approx 0,1 \div 10$  Гс, то визначений із геліосейсмологічних вимірювань радіальний градієнт кутової швидкості ( $\partial\Omega/\partial r \approx 2 \cdot 10^{-17}$  рад/с-см) здатний згенерувати досить сильне глибинне тороїдальне магнітне поле  $B_T (\approx 10^4 - 10^5$  Гс).

Тороїдальні поля, величина яких переважає зазначені стаціонарні значення, внаслідок магнітної плавучості поступово проникають із променистої зони у вищерозміщені шари СКЗ, де працює механізм  $\alpha\Omega$ -динамо. З огляду на це, в СКЗ тороїдальне поле буде складатися з двох компонент. Перше магнітна компонента збуджується процесом динамо і тому вона змінює свій напрям (полярність) з періодом 11 років. Водночас, друга компонента постійного спрямування, що проникає в СКЗ знизу із променистої зони, не може бути причиною циклічності. Однак вона буде впливати на амплітуду сусідніх циклів. В одному циклі сумарне тороїдальне поле, коли напрями двох компонент поля співпадають, буде мати більшу інтенсивність, ніж в сусідньому циклі, коли напрями цих компонент протилежні. Оскільки інтенсивність плямоутворення визначається спливанням на сонячну поверхню тороїдального поля, то в кінцевому підсумку це мусить приводити до чергування амплітуд сусідніх 11-річних циклів.

### **Численное моделирование генерации крупномасштабного магнитного поля Солнца его глобальными течениями**

А.А. Логинов<sup>1</sup>, В.Н. Криводубский<sup>2</sup>, О.К. Черемных<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт космических исследований НАНУ-ГКАУ,  
пр. Глушкова 40/1, Киев, 03022, Украина

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

<sup>2</sup>Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, ул. Обсерваторная 3, Киев, 04053, Украина  
lesha.loginov@gmail.com; krivod2@ukr.net

Данное исследование является продолжением серии публикаций авторов, посвященных исследованию роли дифференциального вращения Солнца в формировании глобальных течений и их последующему влиянию на структуру и динамику крупномасштабных (глобальных) магнитных полей в течение 22-летнего магнитного цикла. На первом этапе в рамках модели кинематического динамо были численно получены формулы, описывающие пространственную структуру и временную динамику всех известных солнечных глобальных течений. Проведено сравнение характеристик наблюдаемых на Солнце глобальных течений с численными образами и показано качественное совпадение в их строении и динамике. В этой докладе представлены результаты моделирования глобального переменного магнитного поля Солнца в течение его магнитного цикла. Показано, что в результате численного моделирования по ранее вычисленным глобальным течениям определены пространственно-временные характеристики крупномасштабного магнитного поля, дающие хорошее качественное совпадение с наблюдательными данными о циклическом поведении полоидальной компоненты магнитного поля Солнца.

### **Вплив космічних променів на демографічні показники**

Н.Й. Лозицька <sup>1</sup>, С.Є. Добровольський <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна  
[olozitsky@gmail.com](mailto:olozitsky@gmail.com)

<sup>2</sup>Навчально-науковий центр "Інститут біології та медицини"  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ,  
Україна. [stas000@gmail.com](mailto:stas000@gmail.com)

Індикатором дії іонізуючого випромінювання на популяції є залежне від поглинутої дози співвідношення числа новонароджених хлопчиків і дівчаток. Потік галактичних космічних променів (ГКП) є

природним дозоутворювальним фактором, який регулює рівень «спонтанних» мутацій в популяції, що виявляється у змінах вторинного співвідношення статей (ВСС). Усереднення щорічних значень ВСС на проміжках часу, порівняних з тривалістю циклу модуляцій ГКП сонячною активністю, дає сталу для обраного регіону величину цього співвідношення, меншу для південних широт (1.03), більшу для північних (1.07). На матеріалах демографічних даних за чотири останні десятиліття статистичного обліку ми знайшли щорічні значення ВСС в Україні. Проведено кореляційний аналіз ВСС з величинами потоку нейтронної компоненти ГКП, реєстрованого європейськими нейтронними моніторами, та з величинами середньорічного зменшення геомагнітного поля на низьких і середніх широтах, пропорційними повному потоку космічного іонізуючого опромінення. Виявлено зв'язки вказаних параметрів на рівні достовірності, що перевищує 95%. Коефіцієнти кореляції з потоком нейтронної компоненти ГКП та з індексом зменшення геомагнітного поля DST, зумовленого сонячними збуреннями, позитивні і складають 0.33 та 0.41 відповідно. Результат підтверджує реальність впливу на популяції малих доз (на рівні природних) радіаційного опромінення.

### **Порівняння результатів вимірювань магнітних полів сонячних плям в чотирьох обсерваторіях**

<sup>1</sup> Н.Й. Лозицька, <sup>1</sup> В.Г. Лозицький, <sup>2</sup> Г.В. Лямова, <sup>3</sup> Ю.Т. Цап,  
<sup>3</sup> О.А. Андреева, <sup>3</sup> З.С. Ахтемов, <sup>3</sup> В.М. Малащук <sup>3</sup> В.А. Перебейнос,  
<sup>3</sup> Н.І. Штерцер

<sup>1</sup>Астрономічна обсерваторія Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна  
[olozitsky@gmail.com](mailto:olozitsky@gmail.com)

<sup>2</sup>Астрономическая обсерватория Института естественных наук  
Уральского федерального университета, с. Слобода Свердловской  
обл., 623132, Россия. [galina.lyamova@urfu.ru](mailto:galina.lyamova@urfu.ru)

<sup>3</sup>Astrophysical Observatory, Nauchny, Crimea. [yur@craocrimea.ru](mailto:yur@craocrimea.ru)

Візуальні вимірювання напруженості магнітних полів сонячних плям дозволяють отримати результат з деяким розкидом значень, обумовленим реальними коротко- і довготривалими коливаннями в плямах, а також змінами умов спостережень, таких як турбуленція

повітря в атмосфері і на інструменті. Нами проведено порівняння даних візуальних вимірювань магнітного поля сонячних плям, проведених в 24-му циклі сонячної активності в обсерваторіях Маунт Вілсон, Уральського університету і в Криму з середніми даними вимірювань тих самих плям в обсерваторії Київського університету. Отримано, що нижня межа результатів вимірювань одних і тих самих плям, спостережених в різних обсерваторіях, збігається в межах похибки, яка менша за 100 Гс. Аналогічно максимальне значення збігається в Кримській і Уральській обсерваторіях, тоді як найбільші значення напруженості магнітного поля, виміряні в обсерваторії Маунт Вілсон, достовірно занижені. Величина заниження виміряного поля зростає і ростом середньої напруженості магнітного поля від 100 Гс при середньому значенні 2000 Гс до 600 Гс в плямах, середня напруженість яких перевищує 2500 Гс. Це потребує нового калібрування даних вимірювань обсерваторії Маунт Вілсон.

**Фізичні умови у сонячному спалаху 19 липня 2000 року  
балу M6.4/3N**

В.Г. Лозицький<sup>1</sup>, М.І. Стоділка<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Обсерваторна, 3, Київ, 01053, Україна

<sup>2</sup>Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету імені Івана Франка, Кирила і Мефодія, 8, Львів, Україна  
[lozitsky\\_v@ukr.net](mailto:lozitsky_v@ukr.net)

Ми досліджуємо сонячний спалах 19 липня 2000 р. балу M6.4/3N, який виник в активній області NOAA 9087. Ешельні зеєман-спектрограми цього спалаху були отримані на горизонтальному сонячному телескопі Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Ефективне магнітне поле  $V_{\text{eff}}$  було виміряне по лініях FeI 6301.5, FeI 6302.5 і H $\alpha$ . Виявилось, що у наяскравішому місці спалаху, яке проектувалось на невелику сонячну пляму N полярності,  $V_{\text{eff}}$  по всіх трьох лініях є близькими між собою і відповідають 1.0-1.2 кГс. Водночас, модуль наруженості магнітного поля на рівні формування FeI 6302.5 був у межах 1.6-2.6 кГс. Особливості бісекторів профілів I  $\pm$  V лінії FeI

6301.5 вказують на просту однокомпонентну структуру магнітного поля на рівні середньої фотосфери під спалахом. Напівемпірична модель фотосферних шарів спалаху будувалась по спостережним профілям Стокса I немагнітоточувливих ліній FeI 5123.7 і 5434.5 з використанням оригінального обчислювального коду одного із авторів (М.С.). При цьому враховувалось відхилення від ЛТР а також здійснювалась регуляризація розв'язків методом використання стабілізаторів Тихонова. Виявилось, що для розподілу температури з висотою ефекти відхилення від ЛТР є суттєвими для досить глибоких шарів, що відповідають висотам  $h \geq 0$  ( тобто  $\tau_5 \leq 1$ ). У всій товщі фотосфери ( $h = 0-500$  км) температура у спалаху понижена у порівнянні з незбуреною атмосферою, тоді як для  $h > 500$  км вона є дещо підвищеною. Мікротурбулентна швидкість підвищена на висотах  $h > 200-500$  км, тоді як на висотах  $h < 200$  км вона є пониженою. Отримані результати вказують на те, що верхня фотосфера і нижня хромосфера суттєво збурюються під час сонячних спалахів навіть тоді, коли у нижчих шарах (середня фотосфера) магнітне поле є квазіоднорідним.

Це дослідження було частково профінансоване Київським національним університетом імені Тараса Шевченка, НДР № 19БФ023-03.

### **Геліосейсмологічні індекси сонячної активності**

С. М. Осіпов

Головна Астрономічна Обсерваторія НАН України, Київ, Україна  
[osipov@mao.kiev.ua](mailto:osipov@mao.kiev.ua)

Дослідження за програмою довготривалого моніторингу спектральних ліній спокійної сонячної фотосфери, яка проводиться на телескопі АЦУ-5 ГАО НАН України з 2012р., показали наявність змін стану атмосфери спокійного Сонця впродовж 11-річного циклу сонячної активності.

Виявлена змінність порівнюється із змінами різноманітних індексів сонячної активності: числами Вольфа, загальною площею сонячних плям, середнім магнітним полем у фотосфері, потоком радіовипромінювання на хвилі 10.7 см.

В представленій роботі ми побудували геліосейсмологічні індекси активності Сонця. За даними тривалих рядів спостережень космічного експерименту SOHO/GOLF (T.Appourchaux et al., A&A, 617, A108, 2018) обрахована зміна потужностей р-мод акустичних коливань низьких просторових степенів з часом в частотному інтервалі 2.6–5.6 мГц в 1996–2017 рр. Внаслідок наявності сильних інструментальних шумів даних телескопа GOLF, які спотворюють результати отримані традиційними методами аналізу, дані оброблялись методом подвійного перетворення Фур'є коротких (декілька днів) рядів даних. Отримані значення змін потужностей р-мод чудово корелюють із змінами чисел Вольфа. Крім того, в якості іншого геліосейсмологічного індекса оцінено зміну потужності HIPs-мод на частотах 5.6–8.5 мГц. Загальний хід обох геліосейсмологічних індексів а ргіогі відрізняється між собою. Існує суттєва відмінність індексів протягом 23 і 24 циклів активності Сонця.

**Довготривалий моніторинг змін спокійного Сонця на телескопі  
Ернста Гуртовенка (АЦУ-5)**

С. М. Осіпов<sup>1</sup>, Н. Г. Щукіна<sup>1</sup>, Р. І. Костик<sup>1</sup>, М. І. Стоділка<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Головна Астрономічна Обсерваторія НАН України, Київ, Україна.  
[osipov@mao.kiev.ua](mailto:osipov@mao.kiev.ua)

<sup>2</sup>Астрономічна обсерваторія Львівського національного  
університету імені І.Франка

На телескопі АЦУ-5 ГАО НАН України починаючи з 2012р. проводяться спостереження за програмою досліджень довготривалих змін фраунгоферових ліній в спектрі Сонця. Метою цих досліджень є виявлення та вивчення характеру змін атмосфери спокійного Сонця протягом 11-річного циклу сонячної активності. Спостереження виконуються в 9-ти ділянках спектра при спектральній роздільній здатності ~300000. Реєстрація спектру проводиться ПЗЗ-камерою SBIG ST8300M (3326x2504 пікселів). При редукаціях спостережного спектру особливо ретельно враховуються впливи розсіяного світла в спектрографі та інструментального контура спектрографа.

Загалом протягом неповних восьми сезонів проведено 420 днів спостережень. Накопичено величезний обсяг інформації. Проаналізовано характер змін 27 фраунгоферових ліній (C I, Ca I, Cr I,

Mn I, Fe I, Fe II, Ti II), які формуються на різних висотах сонячної атмосфери.

В цілому зміни більшості параметрів ліній (центральна глибина, еквівалентна ширина, напівширина, прогин бісектора) корелюють з індексами магнітної активності Сонця. Більш слабкі лінії, які формуються в глибоких шарах атмосфери, демонструють значніші амплітуди змін. Виявлені свідчення того, що варіації таких ліній дещо випереджають зміни сильних ліній.

Застосувавши ЛТЕ-інверсійний код за допомогою стабілізаторів Тихонова ми відтворили температурні варіації сонячної фотосфери, які відповідають спостережним змінам досліджуваних фраунгоферових ліній. Виявлено, що в максимумі 11-річного циклу температурний градієнт сонячної атмосфери зростає.

## **Моделі фотосферних джетів спокійної атмосфери Сонця**

М. І. Стоділка

Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету імені І.Франка. [Myroslav.Stodilka@lnu.edu.ua](mailto:Myroslav.Stodilka@lnu.edu.ua)

За даними спостережень на шведському сонячному телескопі SST/CRISP спокійної області центру диска Сонця в магнето нечутливій лінії FeI  $\lambda 5576.08$  А побудовані (шляхом розв'язку оберненої задачі нерівноважного переносу випромінювання) 3D гідродинамічні моделі фотосферних джетів. Отримані моделі включають термодинамічні параметри і поле швидкостей.

Проведено дослідження впливу не-ЛТР ефектів на моделі джетів та навколишнього середовища.

Показано, що області найбільших швидкостей джетів зміщені відносно максимумів V-сигналу, тобто джети мають тенденцію виникати на краю магнітних концентрацій.

Дані відтворення фізичних умов, зокрема: висотні стратифікації температури, променевої швидкості та надлишкового тиску, вказують на наявність в шарах середньої фотосфери джерел енерговиділення. Останнє зумовлене взаємодією магнітних полів (які мають однакову полярність) трубки та горизонтального потоку навколишнього середовища. Досліджена динаміка активності джетів.

**ДОСЛІДЖЕННЯ АТМОСФЕРИ  
ТА ІОНОСФЕРИ**

**ATMOSPHERE AND IONOSPHERE  
RESEARCH**

**Physical Processes Operating in the Ionosphere after the Earthquake of  
Richter Magnitude 5.9 in Japan on July 7, 2018**

L. F. Chernogor<sup>1</sup>, K. P. Garmash<sup>1</sup>, Q. Guo<sup>2</sup>, V. T. Rozumenko<sup>1</sup>,  
Y. Zheng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup>Harbin Engineering University, Harbin, China

<sup>3</sup>Qingdao University, Qingdao, China

zhengyu@qdu.edu.cn

**Introduction.** The aim of this study is to present the observations of dynamic processes in the ionosphere accompanying the earthquake of a small magnitude, which occurred in Japan at 11:23:50 UT on July 7, 2018. The earthquake has deliberately been chosen to be small (Richter magnitude 5.9) in order to show the capability of revealing the response of the ionosphere at distances of  $(1 - 2) \times 10^3$  km.

**Technique.** The measurements of the parameters of the middle ionosphere from about 100- to 300 – 400-km altitude have been taken utilizing the multi-frequency coherent radio diagnostic system for sounding the ionosphere remotely. The system has been designed in collaboration between the Harbin Engineering University, the People's Republic of China, and V. N. Karazin National University, Ukraine. The system is placed at the Harbin Engineering University campus (45.78°N, 126.68° E), and it monitors the ionosphere continuously.

**Results.** In the ionosphere, aperiodic processes are determined to accompany seismic activity at distances of no less than  $(1 - 2) \times 10^3$  km from the earthquake epicenter. Also, multiple-mode propagation enhances, and the Doppler spectra significantly broaden. Three ways of carrying disturbances from the earthquake to the alterations in the character of Doppler spectrum oscillations have been determined by examination. First, the earthquake epicentre launches a surface Rayleigh wave that generates the disturbances, which have subsequently been discovered in oscillations with the 3 – 4-min periods, infrasonic range of periods. The electron density exhibits quasi-periodic oscillations with relative amplitude that has been determined to be in the range 1.7% – 9%. The oscillation trains have temporal durations in the 24 – 55-min interval and the propagation speed of approximately 3 km/s. Second, oscillations have also been revealed in the 15 – 30-min period range. The epicenter of the earthquake could generate

atmospheric gravity waves that subsequently propagate in the ionosphere and modulate the electron density. The electron density amplitudes of the oscillations are determined to be equal to 14 – 34%. The wave train has an approximately 100-min temporal duration and a speed of about 0.3 km/s. Third, the most noticeable Doppler feature of the disturbances, which are caused by the earthquake, is the Doppler spectrum widening towards negative shifts with a time delay determined to be in the 49 – 124-min interval, and whose value depends on the propagation path orientation. This time delay suggests approximately 0.3 km/s speed, and, as a consequence, it implies that this feature is most likely due to the atmospheric gravity waves generated at the earthquake epicenter. Supposedly, the rearrangement of the ionosphere causes the Doppler shift to reverse the sign when the atmospheric gravity waves reach at the reflection level.

Conclusions. A significant widening in the Doppler spectra and an increase in the number of rays with aperiodic ionospheric processes in the background accompany the seismic activity at the  $(1 - 2) \times 10^3$ -km range from the epicenter. The periods of one type of wave disturbance are revealed to lie in the range of infrasonic oscillations, from 3 min to 4min, which could be generated by a surface Rayleigh wave. The atmospheric gravity waves launched near the epicenter propagate in the ionosphere and modulate the electron density with periods in the 15 – 30-min range.

### **Effects of the Severe Ionospheric Storm of 26 August 2018**

L. F. Chernogor<sup>1</sup>, K. P. Garmash<sup>1</sup>, Q. Guo<sup>2</sup>, V. T. Rozumenko<sup>1</sup>,  
Y. Zheng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup>Harbin Engineering University, Harbin, China

<sup>3</sup>Qingdao University, Qingdao, China  
zhengyu@qdu.edu.cn

This presentation aims at covering observations of the effects of the severe ionospheric storm of 26 August 2018 with a new coherent multi-frequency multi path software-defined radio system.

An ionospheric storm is one of the components of a geospace storm, which is accompanied by a magnetic storm, significant disturbances in the neutral atmosphere parameters (atmospheric storm) and the electric field of

atmospheric, ionospheric, and magnetospheric origins (electric field disturbances).

Positive and negative ionospheric storms are distinguished. During a positive ionospheric storm, the electron density,  $N$ , in the ionospheric  $F$  region can increase by a factor of a few times, and during a negative ionospheric storm, the electron density in the ionospheric  $F$  region can decrease by a factor of 10 and greater. In the ionospheric  $D$  region, the  $N$  can be increased by 2 – 4 orders of magnitude. The ionospheric electron and ion temperatures, the plasma velocity, the electric field, etc., vary in addition to  $N$ .

The multi-frequency multipath coherent radio system is dedicated to continuously monitoring dynamic processes caused in the ionosphere by variations in space weather and by the impact of high-energy sources in the Earth–atmosphere–ionosphere–magnetosphere system.

The variations in HF radio wave parameters (Doppler spectra and signal amplitudes) and in ionospheric parameters over the China during the severe ionospheric storm of 26 August 2018 are described. During the storm, an uplift of the reflection level by ~50 – 100 km is repeatedly observed, as well as oscillations in the reflection level height with amplitude ~30 – 40 km. The events of uplifting in the radio wave reflection layer follow by cases of its lowering by many tens of kilometers. The uplifting and lowering of the reflection layer are caused by a factor of 1.5 – 2 times decrease in the electron density and a factor of a few times increase, respectively. An increase in the ionospheric  $E$  region electron density shows a maximum of 1.5 times and in the  $F$  region electron density a maximum of 3 times. The relative amplitude of the oscillations in the electron density attains many tens of per cent. On the reference days, the amplitude of the oscillations in the Doppler shift of frequency is a few times less. The observed oscillations in the Doppler shift of the frequency are apparently caused by atmospheric gravity waves generated at the high-altitude polar cusp and subsequently propagated from the high latitudes to the middle latitudes where the observation instrumentation is situated. The velocity of the wave disturbances lies in the 275 – 480 m/s range, and their period is approximately equal to 60 min.

The main results of the study are as follows. Observations have been taken of the ionospheric disturbances over the China area during the severe ( $K_p = 7$ ) geomagnetic storm of 25 – 26 August 2018 with the multi frequency coherent multi-path radio system dedicated for oblique incidence soundings of the ionosphere. The magnetic storm is determined to be accompanied by the intense positive ionospheric storm that lasted for no less than 16 h, from 22:00 on 25 August 2018 to 14:00 on 26 August 2018.

The basic parameters of regular and irregular disturbances occurring in the ionosphere during positive and negative ionospheric storms have been determined.

**Parameters of infrasonic signals generated in the atmosphere by multiple explosions at an ammunition depot**

L. F. Chernogor<sup>1</sup>, O. I. Liashchuk<sup>2</sup>, M. B. Shevelev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine.  
Leonid.F.Chernogor@gmail.com.

<sup>2</sup>National Center of Space Facilities Control and Test Center, State Space Agency of Ukraine, Horodok, Zhytomyr Province, Ukraine  
alex@gcsk.gov.ua

**Study Object and Aim.** The study objective is the investigation of the waveforms and the spectral content of the infrasonic signals, generated by multiple explosions at an ammunition depot, versus explosion energy. This study aims at investigating the features of the waveforms, amplitudes, and spectral content of the infrasonic signals from explosions at the ammunition depot near the Town of Ichnia (Ukraine) on October 9, 2018 during the man-made catastrophe.

**Techniques and Methodology.** The Ukraine network of infrasonic stations was used to study the basic parameters (spectral content, amplitudes, predominant oscillation periods, duration of the oscillation trains, and celerity) of the infrasonic waves, which propagated over long (~200 to 400 km) distances. The signal processing technique in this study was as follows. First, the time dependences of the atmospheric pressure fluctuation acquired in relative units were converted into absolute units. Then, they were band-pass filtered within the period range of 0.2 s to 5 s. Next, the filtered variations were subjected to the system spectral analysis that included the short-time Fourier transform, the adaptive Fourier transform in a sliding window with a width adjusted to be equal to a fixed number of harmonic periods, and the wavelet transform using the Morlet wavelet as a basic function. Finally, these waveforms were band-pass filtered in the 0.4 – 2.2-s period range.

**Results.** It has been shown that upward trends in the amplitude and period of the predominant oscillation are observed when the energy yield increases from 2 to 49.9 tons of TNT, while the period and duration of the oscillation trains vary from 0.6 s to 1.6 s and from 20 s to 30 s, respectively.

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

The differences in the waveforms are related to the orientation of the propagation paths. The analysis has revealed that the harmonics in the 1- to 2-s period range become predominant when the energy release is equal to 49.9 tons of TNT. The duration of the trains of oscillations with such periods amounts to 7 s.

The average celerity is calculated to change within the 330-m/s to 340-m/s interval for different propagation paths with stratospheric wave reflections.

Conclusions. The basic parameters of the infrasonic signals generated during the recurrent explosions at the ammunition depot near the Town of Ichnia and propagating in the atmosphere have been studied. The duration of the oscillation trains varies from 5 s to 7 s. The period is equal 0.6 – 1.6 s. The amplitude changes from 0.6 Pa to 3 Pa. The celerity varies from 320 m/s to 340 m/s.

### **Circumstances of the Earth's atmosphere observations by ScanPol instrument of the Aerosol-UA space project**

V. Danylevsky

Astronomical Observatory of the National Taras Shevchenko University of Kyiv, Ukraine. vdan@observ.univ.kiev.ua

Many parameters have to be known in order to plan the aerosol properties measurements by instruments of the Aerosol-UA project. The measurements program of each instrument is depend on the instrument purpose, functions and characteristics. The ScanPol instrument is designed to provide the measurements of the sunlight intensity scattered by the observed volume of the atmosphere at as many as possible scattering angles. These measurements are used to determine the aerosol particles optical and microphysical properties. The scattering angles observed are depended on positions of the Sun and the instrument relative to the observed point in the atmosphere. The scattering angles observed by the ScanPol at the different locations on the globe from different positions on the orbit, and some other parameters of the viewing scene and circumstances of measurements are presented and discussed in the report.

**Interannual variability of pollutants in the atmosphere of industrial cities**

I.V. Dvoretzka<sup>1</sup>, L.M. Nadtochii<sup>1</sup>, M.V. Savenets<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ukrainian Hydro Meteorological Institute, Kyiv, Ukraine

Interannual changes of pollutants in the urban atmosphere mainly characterized by tendency to concentrations' increasing or decreasing, which is the result of changes in emissions from stationary and mobile sources. However, analysis could show existence of quasi-periodic interannual variations, which are illogical in case of urban atmosphere because of tiny influence of natural emission sources there. The current research presents the analysis of pollutants' interannual variability in Ukrainian industrial cities and explains the reason of its existence.

The research is carried out on ground-based monthly average concentrations data for dust, sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and formaldehyde (HCHO) from 20 cities in Ukraine. The total period covered 15 years from 2000 till 2014.

There were found several groups of quasi-periodic variations for pollutants, for which the most significant were approximately 3–3.4, 5.2–5.4 and 6.1–6.3 years. These variations coincide with interannual changes of temperature, humidity parameters, meridional and zonal wind. The clear dependence with meteorological conditions found after autoregressive part withdrawal in pollutants' time series and allowed to get rid of dependence from previous pollution levels. Wind characteristics, which define the conditions of pollutants' removal, have the biggest influence on dust and SO<sub>2</sub> concentrations. Interannual temperature variability cause changes in the chemically active atmospheric constituents – NO<sub>2</sub> and HCHO. Humidity parameters influence the interannual changes of SO<sub>2</sub> and HCHO, for which the processes of wet deposition drive its removal from the atmosphere. Therefore, quasi-periodic interannual variations of pollutants in the atmosphere of industrial cities connected with interannual variability of meteorological parameters responsible for pollutants' accumulation and removal conditions in the atmosphere.

**Distinctions between Dobson and satellite total ozone observations over Vernadsky station**

A.V. Grytsai<sup>1</sup>, G.P. Milinevsky<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>College of Physics, International Center of Future Science, Jilin University, Changchun, China

<sup>3</sup>National Antarctic Scientific Center, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine. a.grytsai@gmail.com

Total ozone measurements with Dobson spectrophotometer at Vernadsky (former British station Faraday) have been carried out from the 1950s. Respectively, they are useful to analyze long-term tendencies during more than 60 years. The data are typical for the Antarctic region, in particular exhibiting a sharp decrease in the spring ozone values during the 1980s–1990s with the following stabilization. This evident trend is a consequence of the ozone hole development with its significant area and typical elongation into the Atlantic longitudinal sector. In spring months, Vernadsky (65.25S, 64.27W) is frequently located at edge of the ozone hole that leads to large total ozone variations (up to 150–200 Dobson Units – DU) during several days. Total ozone trends in other seasons are less significant.

Satellite total ozone observations are almost continuous from the end of 1978. They create daily maps which are close to the global pattern excepting winter polar areas and regions between the consecutive satellite flights. Durable satellite series are obtained with TOMS instruments onboard Nimbus-7 and Earth Probe, and SCIAMACHY/Envisat. Now, total ozone measurements are realized by OMI/Aura, GOME2/MetOp-A, and GOME2/MetOp-B. The instruments use backscattered solar radiation, predominantly in the near ultraviolet range (300–340 nm). The algorithms of total ozone retrieval from these measurements are more complicated in comparison with the ground-based ones where the Bouguer–Beer law is considered.

In this work, distinctions between ground-based Dobson observations at Vernadsky and satellite data series are studied. Two forms of the satellite SCIAMACHY, OMI, and GOME2 data are considered: individual measurements near the station (known as overpasses) and models with 6-hour step realized on their base. The discrepancies are connected with both

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

real differences and uncertainties of the existing algorithms. Probability of the large differences is higher in case of sharp spatial and (or) time total ozone gradients, complicated structure of the underlying surface, unfavorable conditions of the observations (high solar zenith angle, intensive cloudiness). Comparison of the ground-based and satellite data gives an information about possible sources of the differences.

Analysis of the Vernadsky observations shows their reliability. Differences with satellite data rarely exceed several per cents. There are signs of the little total ozone underestimation at the beginning and at the end of the observational season (July – early August and May). Models based on the satellite data are close with one another. Their yearly means typically exceed Dobson values by 4–12 DU. Unfortunately, meteorological conditions confine quantity of the most precise Direct Sun and Zenith Blue observations, but Vernadsky Zenith Cloud Dobson series can be also considered as reliable.

### **Arctic and Antarctic tropopause by the PACT data**

O.I. Ivaniha<sup>1</sup>, A.V. Grytsai<sup>1</sup>, G.P. Milinevsky<sup>1,2,3</sup>, A.R. Klekociuk<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>College of Physics, International Center of Future Science, Jilin University, Changchun, China

<sup>3</sup>National Antarctic Scientific Center Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>4</sup>Antarctica and the Global System Program, Australian Antarctic Division, Kingston, Tasmania, Australia

<sup>5</sup>Antarctic Climate and Ecosystems Cooperative Research Centre, Hobart, Tasmania, Australia  
ivaoksi94@gmail.com

The polar and subpolar tropopause in both hemispheres is investigated using the PACT data. The PACT database includes the high resolution ozone/temperature data from radiosondes (balloons) above selected polar sites. Each balloon ascent provides the profile of ozone concentration, pressure, temperature and humidity (PTU) as a function of altitude, and the spatial location of the balloon derived from ground-based radar or differential Global Positioning System (GPS) measurements.

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

Both the thermal and the ozone criteria are applied for determining of tropopause height. The behavior of the monthly averaged thermal and ozone tropopauses and their correlation with total ozone column and differences between temperature at the 500 and 100 hPa pressure levels have been analyzed in the report.

For both hemispheres maxima of tropopauses height occur during June – October (but South Hemisphere one later then North one). A comparison between the thermal and the ozone tropopause shows a very good agreement but the thermal tropopause height are more pronounce and shifted from ozone one approximately for 1-2 months. For both tropopauses, the minimum lag behind the maximum for about 4 months. Correlation coefficient between thermal and ozone tropopauses is close to 0.8 for both hemispheres.

Monthly averaged ozone tropopause height anticorrelates with monthly averaged total ozone correlation coefficient close to -0.8 for Northern and to -0.3 for Southern stations. In addition, there is height correlation between tropopause height and temperature difference at 500 and 100 hPa pressure levels ( $\approx 0.7$  for the ozone and  $\approx 0.8$  for the thermal tropopauses) despite the fact that temperatures and tropopause height correlate in Northern and anticorrelate in Southern hemispheres.

The work was partly supported by National Antarctic Scientific Center and by Taras Shevchenko National University of Kyiv, project 19BF051-08.

### **Estimation of aerosol distribution in the atmosphere using AERONET observations and chemical transport model GEOS-Chem**

N. Miatselskaya, H. Norika

Institute of Physics of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus  
nata.miat@gmail.com

The estimation of the aerosol content in the Earth's atmosphere is an important part of the monitoring of the state of the atmosphere. Aerosol has a considerable impact on air quality, and affects the planetary radiation balance, resulting in climate change. The estimation of the spatial and temporal distribution of atmospheric aerosol can be obtained by

observations utilising various space- and ground-based instruments, and by modeling.

Model simulations provide information on atmospheric aerosol concentration with complete spatial and temporal coverage. However, modeling results have a large uncertainty. Satellite observations provide good spatial and temporal coverage, but they also have a considerable uncertainty. The ground-based network of sun/sky photometers AERONET (Aerosol Robotic Network) provides globally distributed observations of aerosol optical properties in the total atmospheric column derived from direct and diffuse radiation measurements. The AERONET retrieval algorithm provides volume concentration for total, fine, and coarse aerosol modes. AERONET data are regarded to be accurate enough to validate model simulations and satellite remote measurements. However, AERONET observations are sparse in space and time.

To obtain a likely true estimate of the spatial and temporal distribution of aerosol volume concentration over the East-European region, we use the optimal interpolation method. We combine the output of chemical transport model GEOS-Chem and AERONET observations to obtain a weighted average. Weight coefficients are chosen so as to minimize the mean-square error in the estimate.

We assume that correlation between points depends only on the spatial and temporal distance between them. The single spatially homogeneous and isotropic, and temporally stationary correlation function was estimated from eight East-European AERONET sites data for the full period of observations (from 4 to 17 years for different sites). We use the correlation function to propagate the observational data from the AERONET sites to estimation points, and combine these data with the model results. We obtain estimates of daily averaged aerosol volume concentration defined on a regular grid  $2^\circ \times 2.5^\circ$  over the East-European region.

This work was partly supported by Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research.

**Proposal for polar mesosphere study by microwave radiometer and Na Doppler lidar**

V. Shulga<sup>1,2</sup>, G. Milinevsky<sup>1,3,4</sup>, W. Han<sup>1</sup>, Y. Wang<sup>1</sup>, W. Huang<sup>5</sup>,  
O. Evtushevsky<sup>2</sup>, A. Patoka<sup>2</sup>, A. Grytsai<sup>3</sup>, O. Ivaniga<sup>3</sup>

<sup>1</sup>International Center of Future Science, Jilin University, Changchun, China

<sup>2</sup>Institute of Radio Astronomy, NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

<sup>3</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>4</sup>National Antarctic Scientific Center, Kyiv, Ukraine

<sup>5</sup>Polar Research Institute of China, Shanghai, China

genmilinevsky@gmail.com, genmilinevsky@jlu.edu.cn

The project for development of the microwave radiometer and the new method/software for collaborative observations with Na Doppler is discussed. It is planned to provide the measurements using both instruments at Zhongshan Chinese Station. Microwave radiometer can provide simultaneous measurements the mesosphere altitude profiles of ozone and CO molecules thermal emission, and zonal wind. Na Doppler lidar is also able to derive temperature, wind speed and density of the sodium at altitudes between 80 and 110 km. The synergy of microwave radiometer and Na Doppler lidar instruments allows receiving new data on vertical and zonal winds in the middle atmosphere including temperature profiles. Exclusive combination of two methods – microwave radiometry and sodium lidar – for coherent observations will cover a gap in wind and temperature profile data at high latitude mesosphere up to mesopause region. These data are important for areas with the intensive mass and energy exchange between the different atmospheric layers and will be used for improve mesosphere-thermosphere exchange modeling and future climate change projections. The first results of microwave mesosphere observations using prototype MWR instrument (that developed for Antarctica) at mid-latitudes Kharkiv region during major sudden stratosphere warming in 2018 are discussed. The results of the project will be a base for future developments of joint collaborative research of atmosphere dynamics at Vernadsky station.

The work was performed at the International Center of Future Science, Jilin University (JLU), Changchun, China, and partly supported by National

Antarctic Scientific Center and by Taras Shevchenko National University of Kyiv, project 19BF051-08.

**Seismo-ionospheric coupling: electromagnetic channel, algorithm and new results**

Yu. Rapoport<sup>1,5</sup>, V. Grimalsky<sup>2</sup>, A. Krankowski<sup>3</sup>, S. Pulinet<sup>3,4</sup>,  
A. Fedorenko<sup>5</sup>, V. Ivchenko<sup>1</sup>, S. Petrishchevskii<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Autonomous University of State Morelos, Cuernavaca, Mexico

<sup>3</sup>University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Olsztyn, Poland

<sup>4</sup>Space Research Institute of RAS, Moscow, Russia

<sup>5</sup>Space Research Institute National Academy of Sciences of Ukraine and  
State Space Agency of Ukraine, Kyiv, Ukraine

yuriy.rapoport@gmail.com, v\_grim@yahoo.com, kand@uwm.edu.pl,  
aurora28@i.ua, pulse1549@gmail.com

We present in details the algorithm for the modeling the stationary / electromagnetic seismo-ionospheric coupling. This system of two second-order equations for electric field components is derived from the Maxwell equations. The rather strong penetration of electric field to the ionospheric E and F layers has been modeled.

The packet of atmospheric gravity waves (AGW) radiated by the near-ground source is proven to cause an effective initiation of electron concentration perturbations in the unstable near-equatorial plasma in the F layer of the ionosphere by Results obtained on the basis of this model correspond to the data of satellite observations is shown. Therefore atmosphere-ionosphere coupling due to AGW can be a mechanism, alternative to the electromagnetic coupling, of strong seismogenic electron perturbations in the ionosphere.

Two models of penetration of electrostatic field from the lower atmosphere into the ionosphere have been explored, namely the model of closed and opened field lines. It has been shown that the effectiveness of penetration of the field in the first case is two orders of value stronger than in the second case.

**Lower-Tropospheric wind pattern at the Antarctic Peninsula region**

V. Timofeev<sup>1</sup>, O. Evtushevsky<sup>2</sup>, G. Milinevsky<sup>2,3,4</sup>, O. Ivaniha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ukrainian Hydrometeorological Institute, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>College of Physics, International Center of Future Science, Jilin University, Changchun, China

<sup>4</sup>National Antarctic Scientific Center, Kyiv, Ukraine  
tvvladys@gmail.com

The tropospheric wind long-term pattern at the Antarctic Peninsula stations Esperanza, Faraday/Vernadsky and Rothera is discussed. The results of wind direction and wind speed analysis from measurements at these Antarctic Peninsula stations during Austral winter months June, July and August are considered. The difference in wind direction variability is retrieved at neighboring stations Faraday/Vernadsky and Rothera, where winter temperature correlated significantly ( $r = 0.91$ ). The wind speed values at these stations exhibit less but still reasonable correlation ( $r = 0.58$ ). Data from the Met READER project (<https://legacy.bas.ac.uk/met/READER/data.html>) and ERA-Interim database (<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/archive-datasets/reanalysis-datasets/era-interim>) are used for study, as well as the routine Vernadsky meteorological observations. The data for Vernadsky wind direction from the READER base and the ERA-Interim reanalysis are not consistent when monthly averaging values are compared. At Esperanza according the ERA-Interim data, the western wind prevails, which corresponds to the direction of the wind vector at the northern tip of the Antarctic Peninsula, where this station is located. At the Faraday/Vernadsky station according ERA-Interim data, the northern (meridional) wind prevails, which is in agreement with the direction of the wind vector, when cyclonic activity introduces the northern component of the wind in the middle part of the Antarctic Peninsula, where Faraday/Vernadsky station is located. However, the READER data, including measurements at the stations, show the prevailing wind direction at Faraday/Vernadsky from the wind sector 90-180°, which corresponds to the north and contradicts to the data from the ERA-Interim dataset.

The high variability in the wind direction at Faraday/Vernadsky could be explained by local orography with island landscape around the station

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

and the Antarctic Peninsula mountains to the east, which serves as a barrier to the zonal circulation. Besides, mean wind speed at Faraday/Vernadsky is about twice slower than at Esperanza and at Rothera stations. The establishing of the correct dominant direction of the zonal/meridional wind is important for identifying the source of climate impact in the area of the Faraday/Vernadsky station. Data at the measuring stations compared to the regional lower-tropospheric circulation index, showing general winds strengthening during the period of warming.

The work was partly supported by Ukrainian Hydrometeorological Institute, by Taras Shevchenko National University of Kyiv, project 19BF051-08, and by National Antarctic Scientific Center of Ministry of Education and Science of Ukraine. The work was performed in part at the International Center of Future Science, Jilin University, Changchun, China.

### **Results of lidar and sunphotometer observations at Kyiv**

Y. Yukhymchuk<sup>1,2</sup>, G. Milinevsky<sup>1,2,3</sup>, V. Bovchaliuk<sup>2</sup>, P. Goloub<sup>4</sup>, V. Danylevsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Main Astronomical Observatory of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>College of Physics, International Center of Future Science, Jilin University, Changchun, China

<sup>4</sup>Laboratoire d'Optique Atmosphérique, Université de Lille1, Villeneuve d'Ascq, France

In our study we present the results of the aerosol particles optical and microphysical properties and aerosol distribution analysis in the atmosphere over Kyiv city, Ukraine. For this purpose we used the data that have been obtained by lidar and sunphotometer observations. Lidar CIMEL CE370 has been provided by the Laboratory Atmospheric Optics of University Lille1 during July-September 2015. Lidar observations have been compared with the sunphotometer measurements at Kyiv AERONET station, which is located on the roof of the Main Astronomical Observatory building of the National Academy of Sciences of Ukraine in Kyiv. The sunphotometer observations at Kyiv station have been provided since 2008. Comparison of aerosol characteristics with corresponding aerosol optical thickness (AOT)

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

values obtained by the AERONET algorithm was done and the influence of air mass transport was studied.

The coefficient of extinction altitude variations and AOT were analyzed using lidar measurements. During the observation period, the extinction coefficient values vary within the range of 0.05 - 0.08 at altitudes up to 4 km. Average value of AOT varied from 0.2 to 0.3 for the same period. Higher values extinction coefficients and AOT were observed at the start of September, which associated with aerosol smog pollution over Kyiv (peat burning, forest fires). The map of the mean values of AOT for the territory of Ukraine using the platform GIOVANNI for scientific observational statistics was created. The cluster analysis air mass transfer over the territory of Ukraine has been provided for the lidar observations period using HYSPLIT model.

This work was supported in part by the Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine (NASU) in the framework of the Special Complex Program for Space Research 2018–2022 of the NASU; by Taras Shevchenko National University of Kyiv, project 19BF051-08; by the College of Physics, International Center of Future Science, Jilin University, China.

### **Classification and identification of sources of the periodic structures on the continental maps of total electron content**

Y. M. Zanimonskiy<sup>1</sup>, O.V. Paznukhov<sup>1</sup>, G. Nykiel<sup>2</sup>, M. Figurski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Radio Astronomy, National Academy of Sciences of Ukraine

<sup>2</sup>Gdansk University of Technology, Gdansk, Poland  
zanimonskiy@rian.kharkov.ua

Maps of total electron content (TEC) qualitatively and quantitatively represent spatial structure of an ionosphere and, in some cases, give an idea of flux of high-energy electrons from magnetosphere. This study is the continuation of the Authors' research presented at the Astronomy and Space Physics International Conference at the Kyiv University in 2018. We attempted to pass from research of separate ionospheric events to classification of the various types of periodic structures observed on the TEC maps. In addition, we associate them with the possible reasons.

The classification was based on visible morphological features – existence of spatial periodicity, and statistical characteristics of spatial distribution. The set of criteria included correlation functions in space and time, spectrums and functions of distribution of two-dimensional maps. This has been completed with estimates of the height of ionospheric inhomogeneities and its thickness.

Wavy-like variations of TEC with a spatial scale of hundreds of kilometers arising every day and lasting near tens of minutes can be associated with regular impact of thermospheric wind caused by the effect of Calvin-Helmholtz's instability in the stratified atmosphere.

Almost periodic structures of continental scale over Central Europe, which exist tens of minutes both in quiet and disturbed geomagnetic conditions, are clearly visible on the presented TEC maps. These structures are caused by the streams of electrons from the magnetosphere. Very similar, in a form and in parameters, large-scale heterogeneities of ionosphere over North America are observed but they must still be interpreted.

In the category of mid-scale inhomogeneities, we defined two groups. The first group contains more widespread inhomogeneities, which occurrence is associated with the effect of ionization caused by the electrons precipitation from magnetosphere. There are several arguments in favor of such a classification. These heterogeneities are observed in a northern part of the maps, near the border of a polar oval. Often they occur with direct manifestations of electrons streams and have chaotic character with a small lifetime. In addition, they are localized above the maximum of ionization of the F2 ionospheric layer.

The second group is characterized by the coincidence on time and space with intense meteorological events. The theoretical description of a possibility of such coincidence is described in many researches. There are also references with statement of coherence existence between phenomena occurring in the troposphere and ionosphere. Based on our research, we conclude that characteristics of the ionospheric inhomogeneities associated with tropospheric events are very specific. However, certain conclusions can be drawn after collecting additional experimental data.

We conclude that the ionospheric processes appearing regularly have accidental or chaotic parameters. Their quality prediction can be rather plausible, but the quantification may not be sufficiently reliable at the current state of knowledge of the ionosphere.

**Спільна обробка даних ГНСС і супутникових вимірювань *in situ* у березні 2013 і 2015 рр. для ідентифікації іоносферних неоднорідностей**

Є.М. Занімонський<sup>1</sup>, Є.Є. Занімонський<sup>2</sup>, А.О. Сопін<sup>1</sup>,  
О.В. Колосков<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Радіоастрономічний інститут Національної академії наук України,  
Харків, Україна

<sup>2</sup>“Acseptic” LTD, Харків

<sup>3</sup>Національний антарктичний науковий центр МОН України, Київ,  
Україна

zanimonskiy@rian.kharkov.ua

Предметом роботи є якісне та кількісне дослідження кореляції просторово-часових змін повного електронного вмісту іоносфери зі змінами потоку енергійних електронів в магнітосфері під час пориву сонячного вітру – істотного збільшення щільності і швидкості заряджених частинок. Повний електронний вміст розраховано по даним супутникових навігаційних систем, а дані про потік електронів отримані з вимірів “in situ” супутниками місії POES. Дослідження виконано на прикладі двох геомагнітних збурень дня Св. Патрика у 2013 і 2015 роках. Метою роботи є визначення умов, за яких великомасштабні неоднорідності іоносфери можуть бути наслідком висипання енергійних електронів.

Методика досліджень полягає у побудові часової послідовності карт просторового розподілу повного електронного вмісту та інтенсивності потоку електронів над Північною Америкою з подальшим співставленням карт розподілу різнорідних параметрів, оцінці ступеня подібності та розрахунку кореляційних коефіцієнтів. Регіон досліджень вибрано за умовами наявності густої мережі приймачів ГНСС та сприятливої конфігурації просторового розподілу потоків енергійних частинок на висоті орбіти супутників POES.

За допомогою розробленої методики опрацьовано супутникові та наземні дані під час геомагнітних збурень. Підсумувати результати можна наступним чином. Спостережуваний просторово-часовий розподіл повного електронного вмісту узгоджується з розподілом потоків енергійних електронів в тому випадку, якщо: наявні вертикальні струми з магнітосфери; потоки електронів мають

достатньо високу інтенсивність; геомагнітні збурення не перевищують певного рівня.

Пояснення зазначених умов досить очевидно. Вертикальні потоки енергійних протонів та електрони, що висипаються з магнітосфери і викликають появу вторинних електронів, які збільшують повний електронний вміст іоносфери. У спокійних геомагнітних умовах після бурі кількість енергійних частинок в радіаційних поясах зменшується і ефект додаткової іонізації падає до незначного рівня.

Під час сильної геомагнітної бурі в дію вступають інші чинники, які змінюють повний електронний вміст. Це можуть бути дрейфові процеси в іоносфері або вплив частинок з меншою енергією, що не реєструються супутниками місії POES "in situ".

Затримки в часі між першим контактом пориву сонячного вітру з магнітосферою Землі і істотним зростанням потоку енергійних електронів склали від півгодини у 2013 році та до трьох годин у 2015 році. Момент цього контакту фіксується наземними магнітометрами. За сучасних гіпотез про реакцію іоносфери на сонячні геоактивні події цей час витрачається на прискорення електронів в магнітосфері. Разом з тим, на тлі повільного розвитку подій, має місце і негайна реакція - в момент досягнення магнітосфери Землі поривом сонячного вітру в супутникових даних відзначено різке, майже трикратне збільшення потоків електронів і протонів різної енергії. Причини цього явища ще потребують подальшого дослідження. Затримка між збільшенням потоку енергійних електронів і повного електронного вмісту приблизно на півгодини відповідає за величиною постійній часу іоносфери.

Відмінності в деталях двох проаналізованих подій, викликані різною динамікою змін параметрів сонячного вітру перед основним поривом, мали місце на тлі загальних тенденцій характерних для потужних геомагнітних бурь. Подальші дослідження проводяться для накопичення статистичних матеріалів і створення автоматизованого пакету програм для обробки даних ГНСС в моніторинговому режимі.

**Характеристики влажности воздуха, их влияние на формирование облачности в районе украинской антарктической станции «Академик Вернадский» (Западная Антарктика)**

С.В. Клок

Украинский гидрометеорологический институт ГСЧС и НАН  
Украины, Киев, Украина  
sklok\_8@ukr.net

Перераспределение влажности воздуха (особенно адвективной ее составляющей) является основной отличительной особенностью формирования и развития облачности полярных районов. Поскольку облака и выпадающие из них осадки отыграют важную роль в процессах погодообразования, анализ характеристик влажности представляет особый интерес для исследователей этих территорий. Облака полярной атмосферы и стратосферы представлены существенным разнообразием форм, видов и разновидностей, что свидетельствует о сложности и многообразии атмосферных процессов, приводящих к их образованию и дальнейшему развитию.

В работе проведен анализ суточных данных характеристик влажности воздуха, общей облачности, количества пасмурных и ясных дней, а также атмосферных осадков по результатам наблюдений на Украинской антарктической станции «Академик Вернадский» (65°15' ю.ш., 64°15' з.д.) за 1971-2018 гг., исследована межсуточная изменчивость облачности.

Сезонная составляющая влажности воздуха является весомой частью общей ее изменчивости – в случае с парциальным давлением водяного пара она составила более 63%. Длиннопериодическая составляющая с периодом 17,2 года описана 37%. Амплитуды медленных колебаний представлены спектром составляющих, которые не превышающих 0,4 гПа, тогда как сезонная изменчивость описана одной амплитудой – 1,2 гПа. Полученные результаты являются статистически значимыми.

**Метеорологічні умови формування рівнів забруднення повітря  
в місті Маріуполь**

С. Кіптенко, Т. Козленко

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН  
України, Київ, Україна  
kozlenkot@ukr.net

Забруднення повітря в місті є складним багатофакторним явищем. Важлива роль у формуванні певного рівня забруднення атмосфери належить метеорологічним величинам. Аналіз випадків високого рівня забруднення повітря в місті дозволив встановити деякі закономірності впливу метеорологічних умов на концентрації шкідливих домішок. Основні метеорологічні величини, які в найбільшому ступеню впливають на забруднення атмосферного повітря в місті Маріуполь, наступні: вітер (напрямок та швидкість), температура повітря, синоптична ситуація та попереднє забруднення атмосферного повітря.

Режим вітру є одним із головних факторів, від якого залежить характер розповсюдження концентрацій забруднювальних домішок. Вплив напрямку вітру на забруднення атмосферного повітря найчіткіше проявляється, коли джерела викидів розміщені за містом, або навітряній чи підвітряній його частині. Маріуполь відноситься до міст, для яких напрям вітру відіграє важливу роль. У місті переважає в холодний і теплий періоди східний вітер. У місті відмічається незначна повторюваність як штилів, так і великих швидкостей вітру. В усі сезони найбільша повторюваність припадає на швидкість вітру 2 – 5 м/с.

Аналіз умов формування підвищеного рівня забруднення атмосфери в Маріуполі показав, що серед багатьох метеорологічних чинників, що впливають на забруднення атмосферного повітря, особливо важлива роль належить синоптичному фактору. Тип синоптичного процесу, характер циркуляції повітряних мас обумовлюють ступінь забруднення атмосфери.

Головним завданням залишається підвищення ефективності робіт для поліпшення стану атмосферного повітря міст за рахунок короткотермінового зниження викидів та концентрацій домішок у періоди несприятливих метеорологічних умов на основі їх короткострокового прогнозу.

**Дослідження сучасного стану складових радіаційного режиму та визначення фотосинтетично активної радіації за теплий період у 1986-2015 рр. на території України**

Л.С. Рибченко, С.В. Савчук

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України, Київ, Україна

За статистичним аналізом, на основі побудованих таблиць і карт щодо тривалості сонячного сяйва, прямої, розсіяної і сумарної сонячної радіації за 1986-2015 рр., проведено порівняння відносно кліматологічної норми 1961-1990 рр. на території України. Виконано розрахунки фотосинтетично активної радіації (ФАР) за спеціальними формулами у окремі місяці та теплий період року за 1986-2015 рр.

У останньому тридцятиріччі 1986-2015 рр. відбувались коливання складових сумарної радіації та тривалості сонячного сяйва у теплому періоді року відносно кліматологічної стандартної норми 1961-1990 рр. Для значної частини території країни спостерігалось підвищення прямої радіації і зниження розсіяної та зростання сумарної сонячної радіації. Відмічалось збільшення тривалості сонячного сяйва.

За спостереженнями над прямою, розсіяною та сумарною інтегральною сонячною радіацією розраховано значення фотосинтетично активної радіації (ФАР) у окремі місяці та теплий період року за 1986-2015 рр. із використанням непрямих методів розрахунку, одержаних в УкрГМІ за експериментальними дослідженнями на основі спектральних спостережень.

За непрямыми методами, розробленими у Метеорологічній обсерваторії Московського державного університету на основі спостережень над тривалістю сонячного сяйва, визначено рівняння та проведено розрахунки сумарної ФАР за окремі місяці й теплий період 1986-2015 рр. на метеорологічній мережі України.

Отримані перехідні коефіцієнти до прямої, розсіяної та сумарної ФАР в УкрГМІ майже збігаються із експериментальними співвідношеннями, що визначені в Головній геофізичній обсерваторії (Санкт-Петербург) та для сумарної ФАР у МО МДУ.

Розробка емпіричних методів розрахунку ФАР, що проводилась у різних країнах за визначальними чинниками: висотою Сонця, прозорістю атмосфери та хмарністю, узгоджуються з отриманими результатами.

**ІСТОРІЯ АСТРОНОМІЇ**  
**HISTORY OF ASTRONOMY**

**Diffuse interstellar bands. Historical overview**

V.B. Marusiak

Odessa I.I.Mechnikow National University, Odessa, Ukraine

Diffuse interstellar bands (DIBs) are features of the absorption spectra observed in the spectra of astronomical objects in the Milky Way and other galaxies. They are due to the absorption of light by interstellar medium. Now, About 500 bands have been spotted in ultraviolet, visible and infrared wavelengths.

The discovery of the first known DIBs by Mary Lee Heger of the Lick Observatory in his paper on "stationary" absorption lines in the spectra of remote double stars in 1922. After almost a century, the DIBs are now recognized as a main reservoir of organic material in the galaxy — but their origin remains unknown. Some characterize the DIBs as the oldest spectroscopic question in the astronomy.

Between the 1930s and the 1970s, astronomers active in the DIB problem favored a non-molecular origin. Instead of gas-phase molecules in the interstellar medium (ISM), dust grains with impurity centers came into trend. The movement away from molecular explanations was based primarily on the good correlation of DIB strength with interstellar dust extinction, and on perceived improbability of forming and maintaining a significant population of molecules in the diffuse interstellar medium where the DIBs reside. Friedman et al. (2010) summarized the literature on DIB/dust extinction.

In 1985 both Van der Zwet et al. and L'eger et al. stipulated explicitly the so-called PAH-DIB hypothesis. The main idea of the PAH-DIB hypothesis proposed by these authors states that: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are predicted to be the carriers of (some of) the diffuse interstellar bands. Essentially this was a direct follow-up on the pioneering work by Allamandola et al. (1985) and Puget et al. (1985) in which it was shown that PAHs emit in the unidentified infrared (UIR) bands due to excitation upon absorption of optical- UV photons.

Now, PAHs are among the major candidate as their carrier molecules.

**Математичні методи професора КПІ В.В. Булдігіна в астрономічних дослідженнях**

Л.С. Баштова

Державний політехнічний музей при КПІ ім. Ігоря Сікорського,  
Київ, Україна

Астрономія тісно пов'язана з математикою та фізикою. Фізичні закони дають пояснення явищам в астрономії. Зокрема, відкриття нових зірок, вивчення будови і складу зірок, розрахунок траєкторій руху комет стали можливими завдяки використанню спеціальних фізичних методів дослідження. З розвитком астрономії та фізики з'явилась така наука як астрофізика, яка вивчає фізичні властивості небесних тіл і процеси, що протікають в них і в космічному просторі. Однак, фізичні дослідження мають доказову базу тоді, коли спираються на точні математичні розрахунки. Тож, з розвитком математики з'являються нові можливості аналізу фізичних явищ. В ХХ ст. астрономічні дослідження суттєво збагатились завдяки стрімкому розвитку теорії ймовірностей (ТЙ). Зокрема, українська наукова школа ТЙ була створена в 50 - х рр. ХХ ст. Її засновником став Борис Володимирович Гнеденко, учень кращих провідних ймовірносників. Представники цієї наукової школи працювали в Інституті математики, Інституті кібернетики, Київському університеті та в Київській політехніці. Продовжувачем цієї наукової школи доктор фізико-математичних наук, професор Київського політехнічного інституту (КПІ), завідуючий кафедрою математичного аналізу та теорії ймовірностей — Валерій Володимирович Булдігін (1946 — 2012).

Він в 1970 р. отримав спеціальність «Теорія ймовірностей і математична статистика», запроваджену Б. В. Гнеденком в київському університеті. Вчений був учнем академіка А. В. Скорохода (школа Б. В. Гнеденка). Він увійшов в історію математики як фахівець з ТЙ, математичної статистики, теорії випадкових процесів та функціонального аналізу.

Наукові інтереси В. В. Булдігіна були сконцентровані на питаннях збіжності випадкових елементів у лінійних просторах. Нині широко відомими є його результати для сум незалежних випадкових елементів, які приймають значення у банахових просторах – це узагальнення нерівності Леві, принцип порівняння для рядів незалежних елементів,

принцип стискання для гауссових випадкових елементів. Ці результати стали основою його монографій “Сходимость случайных элементов в топологических пространствах” (1980 р.) та “Неравенство Брунна–Минковского и его приложения” (1985 р., спільно з О. Б. Харазішвілі).

Досліджуваний В.В. Булдігіним банахів-простір це повний нормований векторний простір. Вихідними для створення теорії банахового-простіру послужили введені Д. Гильбертом, М. Фреше і Ф. Рисом функціональні простори. Саме в цих просторах були спочатку досліджені фундаментальні поняття сильної і слабкої збіжності, компактності, лінійного функціоналу, лінійного оператора і ін.

Космічний простір можливо з математичної точки зору представити як нормований простір та застосовуючи ймовірнісні методи, при цьому виконувати різноманітні його дослідження, розрахунки й прогнозування динаміки космічних систем з високим ступенем вірогідності.

Векторний метод який застосовується для розв'язування задач банаховому-просторі на сьогоднішній день найбільш потужний і дозволяє розв'язувати фактично всі види математичних, фізичних, астрономічних, біологічних і технічних задач. Сутність цього методу полягає в тому, що геометрична задача перекладається на мову алгебри, і її розв'язання зводиться до розв'язання рівнянь, нерівностей чи їх систем. Нині вектори успішно застосовуються в класичній механіці Галілея - Ньютона (в її сучасному викладі), в теорії відносності, квантовій фізиці, астрофізиці.

Наприкінці 70-х років В. В. Булдігін почав вивчати субгауссові випадкові величини. Результатом цього стала монографія “Метрические характеристики случайных величин и процессов” (1998 р., у співаві з Ю.В. Козаченко). Іншими його досягненнями є дослідження імпульсних перехідних функцій у лінійних системах з випадковими шумами, корелограмних оцінок, а також узагальнення теорем Леві–Бакстера. В КПІ разом зі своїми учнями він досліджував осциляційні властивості гауссових послідовностей та граничних теорем для сум випадкових величин з операторними нормуваннями. Ці дослідження були покладені в основу монографії “Функциональные методы в задачах суммирования случайных величин” (1989 р., спільно з С.О. Солнцевим). Також Валерій Володимирович вивчав узагальнені процеси відновлення та відповідні класи функцій (зокрема, псевдорегулярні), які виникають у відповідних граничних теоремах.

Дослідження Валерія Володимировича стали потужним інструментом досліджень який дає певні кількісні і якісні характеристики просторових об'єктів.

Нині теорія банахового-простіру розвивалася паралельно із загальною теорією лінійних топологічних просторів і являє собою добре розроблену галузь функціонального аналізу, що має (безпосередньо або через теорію операторів) численні застосування в різних розділах математики. Зокрема за його допомогою можуть бути змодельовані космічні системи та рух об'єктів як космічного так і штучного походження в них.

Отримані висновки в роботах В. В. Булдигіна дають можливість будувати математичні моделі та досліджувати їх для розв'язування широкого класу астрономічних задач з високою точністю.

**Біографічні дослідження Астрономічного музею: маловідомі факти життя професора Р.П. Фогеля (до 160-річчя з дня народження) та співробітника обсерваторії П.Г.Духновського (110-та річниця народження).**

Л.В.Казанцева

Астрономічний музей Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Астрономічний музей продовжує збирати матеріали і вивчати наукові шляхи та долі колишніх співробітників Обсерваторії і кафедри астрономії. Білі плями та замовчування деяких фактів життя відомих київських астрономів, відновлення призабутих імен стають можливими завдяки вивченню матеріалів, які зберігають різні архіви, в тому числі і зарубіжні, співпраці з музеями, киевознавцями, дослідниками історії науки, контактам з родинами, спогадам сучасників.

Роберт Пилипович Фогель (1859-1920) – один з найбільш відомих директорів Київської обсерваторії. Його біографію вміщують практично всі видання відповідного профілю. Він випускник Київського університету, мав чудові можливості вдосконалення своєї спеціалізації у європейських фахівців, був непересічним викладачем, склав ряд підручників для навчання астрономів, викладав астрономічні та геодезичні предмети не тільки в Університеті, а й у Київських

Вищих жіночих курсах, був учасником і співзасновником багатьох просвітненьських громадських організацій, широко відомий своїми дослідженнями в галузі небесної механіки та теоретичної астрономії, його методи визначення орбіт і досі є актуальними. Він очолював КАО у важкі часи зламу політичних епох з 1901 по 1920 рр., брав участь у евакуації університету і обсерваторії у 1915 році, фактично зберіг Обсерваторію в часи розформування Університету Святого Володимира. Деякі факти його біографії, зокрема арешт та відомості про родину ніколи не були освітлені в науковій та біографічній літературі.

Петро Гілярович Духновський (1909-1963), випускник механіко-математичного факультету МДУ отримав спеціальність астронома у 1939, пропрацював науковим та старшим науковим співробітником в Київській університетській астрономічній обсерваторії трохи більше 5-ти років (1949-1954) спочатку в астрометричному, потім в астрофізичному відділах. Спостерігав на меридіанному крузі за програмою «Визначення постійної рефракції для міста Києва» та проводив обробку спостережень схилень Каталогу слабких зір, був активним спостерігачем астероїдів фотографічним методом та проводив виміри платівок і обчислював положення малих планет, вів теоретичні дослідження питань походження комет. Крім того, був активним популяризатором науки: проводив екскурсії в Обсерваторії для населення та прочитав багато науково-популярних лекцій з виїздами по Україні. Звільнився з Обсерваторії, отримавши місце викладача в Курському педагогічному інституті.

**"Вдосконалення виміру всесвітнього часу. Початок."  
( до 125 річчя від дня народження Миколи Стойко-Радиленко)**

А.О. Корсунь

Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ, Україна

Про наукову і організаційну діяльність Миколи Стойко-Радиленко (1894-1976), випускника Новоросійського (нині Одеського) університету, учня академіка О.Я.Орлова. З 1924 р. він працював у службі часу Паризької обсерваторії, а в 1944-1964 рр. був керівником Міжнародного бюро часу в Парижі. Вже на той час було відомо, що нерівномірне обертання Землі є причиною неможливості

безпосередньо з астрономічних спостережень встановити рівномірну шкалу для виміру часу. Саме завдяки ініціативам М.Стойко вводилися спочатку квазірівномірні шкали визначення Всесвітнього часу (UT1,UT2), а згодом при його сприянні і введення рівномірної шкали атомного часу. Він автор відкриття сезонної нерівномірності обертання Землі. Діяльність М. Стойко відзначена багатьма преміями і дипломами.

**Україномовні науково-популярні видання з астрономії періоду національно-визвольних змагань (1918-1920)**

М. Лашко

Київський Університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна

Повалення самодержавства й початок державотворчих процесів на українських землях спричинили масове друкування україномовних книжок. Створювалися друкарні, відроджувалися заборонені царизмом «Просвіти». Політична активність народних мас викликала величезний попит населення на всі види друкованої продукції. Не були винятком і науково-популярні брошури з астрономії, що друкувалися відразу кількома видавництвами. Особливо цьому сприяла відносна стабілізація за гетьманату П. Скоропадського. Так, тільки за 1918 р. було видано 4 брошури: «Про небо» С. Черкасенка (у двох книгах), «Небо і зірки» В. Лункевича, «Небо і земля» О. Григорович. В наступні роки внаслідок ряду негативних суспільно-політичних подій вийшло лише по одній брошурі в 1919 р. (переклад праці Д. Вайнштайна «Повстання світу і землі») і в 1920 р. «Комети» П. Аленича. Розглянемо їх докладніше. Брошура С. Черкасенка була по суті перевиданням 1907 р. і 1909 р. і побачила світ у 1918 р. в черкаському видавництві «Сіач». Перша книга подавала найсучасніші астрономічні знання про Всесвіт (Сонце, Місяць, сонячні та місячні затемнення і сонячну систему). Друга книга наводила сучасні відомості про планети, комети, падаючі зорі, сузір'я, зорі та туманності. Брошура містила лише одне доповнення, яке знайомило читачів з проблемою календаря, нового та старого стилю. Зокрема, пояснювалася історія виникнення Юліанського та Григоріанського літочислень, відмінність між старим та новим стилем, зазначалася також і очевидна недосконалість старого стилю. Брошура

В. Лункевича «Небо і зірки» знайомила читачів з походженням Землі і планет сонячної системи, Сонцем, природою сонячних плям. У розділі «Вічні подорожні» автор подав докладну характеристику всіх планет сонячної системи, докладно зупинившись на останніх дослідженнях П. Ловелла з пушку життя на Марсі. Також докладно розказано про планети-гіганти та пояс астероїдів. Питанню історії формування сучасної картини світобудови присвячений розділ «Птолемей і Коперник», де описано боротьбу гео- та геліоцентричної систем світу та роль Коперника, Бруно, Галілея і Кеплера в утвердженні ідеї геліоцентризму. В розділі «Поміж зірками» наведено опис найголовніших сузір'їв та відстаней до найближчих зір. Передостанній розділ «Хвостаті зірки» розвіював старі забобони щодо комет як передвісників лиха. Автор описав найвідоміші комети, висловив припущення про зв'язок комет з метеорними потоками. В останньому розділі «Кінець світу» автор описав процес поступового затухання сонця та загибель усього живого на землі. Брошура О. Григорович «Небо і Земля» за змістом мало відрізнялася від попередніх і складалася з двох частин. У ній наводилась інформація про кулястість Землі, її рух і положення у просторі, календар і зміни року, пояснювалася природа сонячних і місячних затемнень, подавався опис планет, зір, комет і падучих зір. Завершувалася перша частина історичним нарисом про еволюцію астрономічних уявлень про Всесвіт. Друга частина брошури містила огляд основних природних сил і речовин (вода, пара, світло, вітер, блискавка та ін.) та знайомила читачів з основними фізичними величинами. Ряд суспільно-політичних подій (повалення гетьманату П. Скоропадського, влада Директорії, вторгнення більшовиків та білої армії Денікіна, часті зміни влади) спричинив різке падіння видань подібних брошур. Порівняно з 1918 р. в наступні роки з'явилося лише дві брошури, але їхнє змістове наповнення зазнало змін. Зовсім відмінним від попередніх був переклад німецької брошури Д. Вайнштайна «Повстання світу і землі», яка вийшла в 1919 р. і знайомила читачів з уявленнями різних народів про походження світу, починаючи від вавилонян і закінчуючи уявленнями аборигенів островів океанії. У другій частині брошури подавалися наукові теорії утворення Всесвіту в уявленнях давньогрецьких натурфілософів та сучасних вчених (Декарта, Бюффона, Ньютона, Франкліна, Канта, Лапласа). Також у кінці розділу автор подавав і сучасні йому наукові теорії. Останнім виданням розглянутого періоду є брошура П. Аленича «Комети», що побачила світ в 1920 р. у Кам'янець-Подільському Українському державному

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

університеті. На 30 сторінках автор вмістив значний масив інформації, а саме опис вигляду та руху комет в просторі, результати спектральних досліджень комет, зміни їх вигляду при наближенні до Сонця, розміри хвостів комет, маси комет і теорія утворення кометних хвостів. Також автор розглянув окремі унікальні комети та порушив питання кометно-метеорних зв'язків. Завершувалась брошура розвінчуванням міфу про можливість зіткнення комети з Землею. Як бачимо, навіть за короткий період національно-визвольних змагань побачили світ шість науково-популярних брошур, що ставили за мету широко популяризувати астрономічні знання серед населення. Проте в даній публікації їх розглянуто поверхово. Детальніше про це йтиметься в подальших дослідженнях.

### **История «Астрономического календаря» Главной астрономической обсерватории Украины**

Е.М. Ненахова

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Киев,  
Украина

В докладе представлена история первого астрономического календаря на украинском языке, его редакция, авторы, справочная и эфемеридная информация, юбилейные и исторические заметки и статьи.

### **Георгій Степанович Меліхов (1908-1985) – повернення Астронома! (історична розвідка)**

Ю.О. Шевела

Геологічний музей Національного Науково-природничого музею  
НАН України

Георгій Степанович МЕЛІХОВ – Народний Художник України, член-кореспондент Академії художників СРСР, - художник зі СВІТОВИМ ім'ям!

Ще у 1949 році, за картину «Молодий Т.Г.Шевченко у майстерні К.Брюлова», отримав державну премію, а світове визнання принесла його картина «Весна 1945 року».

Із енциклопедій відома його біографія «київського» періоду життя (1934-1985). Але, до 1934 року, Георгій Меліхов проживав у рідному м. Харкові, а хист до малювання відкрився в нього ще з 5-літнього віку, і головне захоплення – малювати планети і сузір'я!

З 1916 року, Г.Меліхов активний член Астрономічного гуртка, при Харківському ун-ті, котрий вів зав.кафедрою Астрономії і Геодезії Л.О.Струве (онук В.Я.Струве – засновника Пулковської обсерваторії). Один із найпотужніших Астрономічних гуртків у Російській імперії. Серед гуртківців були напр. В.Каргер, М.Барабашов, заняття, окрім самого Л.Струве, вели В.Г.Фесенков, Б.П.Герасимович...

Після Першої світової війни і змін влади гурток, під кер. В.Каргера, було відновлено у 1921 році при Всеукраїнському Соціальному музеї ім.Артема, на тер. Покровського монастиря! Знову – найпотужніший гурток у тодішньому СРСР, - з 1924 року власна (!!!) обсерваторія, видання власного бюлетеня, і найактивніший член гуртка – Георгій Меліхов!

Талант художника допоміг йому стати одним із найкращих спостерігачів Зоряного неба, його замальовки Марса, під час великого протистояння 1924 року, майже нічим не відрізняються від фотографії NASA 2003 року! Мабуть, поєднання спостерігача і художника допомогло йому стати членом Французького Астрономічного тов-ва, про що він мав Сертифікат, за власним підписом Каміла Фламаріона!

Але, у 1934 році Харківський Художній інститут, де навчався Г.Меліхов, було закрито на реорганізацію, і Георгій Степанович, змушений був переїхати до Києва, щоб продовжити навчання тепер вже у Київському Художньому ін-ті.

На той час, такого потужного Астрономічного гуртка у Києві вже не було, а успіх його, як художника-реаліста, врешті-решт переміг. А, можливо, й через відоме «Пулковское дело» Г.Меліхов вирішив не афішувати своє «астрономічне» минуле...

Відомості, про Г.Меліхова, як Астронома, виявились випадково, - при знайденні його власного щоденника, і придбанні мною, його власної Астрономічної бібліотеки!

**Прихована історія в знахідках (на прикладі французького сферометра 1850р)**

Ю.О. Шевела

Геологічний музей Національного Науково-природничого музею  
НАН України

Цікава знахідка з прихованою історією: СФЕРОМЕТР – прилад для вимірювання кривизни поверхні оптичного скла (лінзи). На внутрішній шкалі напис – «DIOPTRES», а на зовнішній – «POUCES». «DIOPTRES» - стара французька форма діоптри, що є показником потужності лінзи (1 діоптр – фокусна відстань в 1 метр). «POUCES» - старий французький INCH. Так, французи використовували ДЮЙМИ!

У 1799 році Наполеон Бонапарт встановив, що POUCE рівняється 1/36 м. Але ЯКОГО метра?! При переході до метричної системи Наполеон зустрів величезний супротив і, щоб заспокоїти маси, у 1812 році була введена перехідна система, під назвою «USUEL», - де, традиційна французька система була переглянута, з точки зору десяткової метричної системи! Метр до 1812 року був коротшим від «наполеонівського», котрий ввійшов в дію у 1840 році. Наполеон вирішив, що новий метр буде рівнятись 1/10 000 000 відстані від екватора до полюса, вздовж Паризького меридіану! Тобто дюйм не 1/36м, а 1/39,7м! А сучасна система діоптрій була введена Феліксом Монойе у 1872 році.

Саме в цьому сферометрі поєднується десяткова метрична система (1840р) і стара французька система DIOPTRES (до 1872р)! А коли в нашій країні була введена метрична система? У Російській імперії дозволили використовувати метричну систему у НЕОБОВ'ЯЗКОВОМУ порядку (факультативно) з 4.06.1899 року, а остаточно, лише при Радянській владі – 14 вересня 1918 року! «Из декрета о введении международной метрической десятичной системы мер и весов, Совет Народных комиссаров постановил: Предписать всем правительственным и общественным учреждениям и организациям ввести во всех своих делах не позднее 1 января 1922 года метрические меры, применение которых сделать обязательными также и для торговли и промышленных предприятий и частных лиц в сделках с означенными учреждениями. С 1 января 1922 года прекратить изготовление мер и гирь русской системы, а с 1

## **ASTRONOMY AND SPACE PHYSICS IN KYIV UNIVERSITY**

января 1923 года прекратить их продажу. С 1 января 1924 года воспретить применение всяких мер и весов, кроме метрических». Додати до цього треба, що з 20 травня 1875 року існує Метрична конвенція, створена у Парижі, і з 7 серпня 2018 року, Україна має повноправне членство, разом з іншими 60-ма країнами!

**Наукове видання**

**Астрономія та фізика космосу  
в Київському університеті**

*в рамках Днів науки в Україні*

Міжнародна конференція

м. Київ, 28 травня – 31 травня 2019 р.

***Збірка тез доповідей***

Підписано до друку **10.05.11**. Формат 60x84<sup>1/16</sup>.

Гарнітура Times. Папір офсетний.

Друк офсетний. Наклад **100**. Ум. друк. арк. **7,0**. Зам. № **ККК-НННН**.

Надруковано у Видавничо-поліграфічному центрі „Київський університет”  
01601, Київ, б-р Т.Шевченка, 14, ☎ 239 3128

Свідоцтво внесено до державного реєстру **ДК № 1103 від 31.10.02**