

## Докторантския лекционен курс

### Тема: Влияние на енергетичните частици от Слънчев и Галактичен произход върху баланса на Озона в атмосферата **Solar and galactic cosmic rays influence on the balance of atmospheric ozone**

**Лектор:** проф., д-р Наталия Андреева Килифарска  
Lecturer: professor, Dr. Natalya Andreeva Kilifarska  
Тел: (02) 979 33-29;  
E-mail: nkilifarska@geophys.bas.bg

**Хорориум:** 30 часа

**Анотация:** Настоящия курс е предназначен за докторанти с интереси в областта на пространствено-временните вариации на атмосферния озон.

Целта на курс е да запознае докторантите с основни понятия свързани с произхода и факторите определящи траекторията на заредените частици при движението им в земната атмосфера. Акцентира се върху ролята на градиентното, нехомогенно геомагнитно поле за фокусирането на енергетичните частици в определени райони както и за модулиране на дълбочината на проникването им в атмосферата. На вниманието на участниците в курса ще бъде поставен въпроса за асиметрията в разпределението на озона в земната атмосфера. Ще бъдат дискутирани причините за тази асиметрия в светлината на най-новите концепции за влияние на енергетичните частици върху баланса на озона.

**Annotation:** This course is targeted to the PhD students with interest of factors influencing spatial-temporal variability of the atmospheric ozone.

The course is aimed to build up knowledge about the source and factors determining trajectories of energetic particle in their movement through the Earth's atmosphere. The accent is put on the gradient, heterogeneous geomagnetic field as a factor creating zones of convergence and divergence of the charged particles; modulating at the same time the depth of particles' penetration in the atmosphere. The participants will be introduced to the problem of asymmetrical distribution of atmospheric O<sub>3</sub> over the globe. The reasons for this asymmetry will be discussed in the light of the recent concepts for energetic particles' impact in the ozone balance.

# ПРОГРАМА

на

докторантския лекционен курс на тема:

## ВЛИЯНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧНИТЕ ЧАСТИЦИ ОТ СЛЪНЧЕВ И ГАЛАКТИЧЕН ПРОИЗХОД ВЪРХУ БАЛАНСА НА ОЗОНА В АТМОСФЕРАТА

- 1. Произход, състав и вариации на енергетичните частици проникващи в земната атмосфера**
- 2. Движение на енергетичните частици в хетерогенно магнитно поле**
  - 2.1 Въвеждане на понятия за сила на Лоренц; жирочестота; апроксимация на водещия център; дрейф и пр.;
  - 2.2 Решения на уравнението на движение на заредена частица в градиентно магнитно поле;
  - 2.3 Отчитане кривината на силовите линии на магнитното поле;
  - 2.4 Взаимодействие на енергетичните частици със земната атмосфера;
- 3. Механизми за влияние на галактичните космични лъчи върху озона**
  - 3.1 Автокаталичен цикъл за производство на озон в ниската стратосфера
  - 3.2 Създаване на отрицателни йони на озона в тропосферата; водни кълъстери
- 4. Механизми на влияние на слънчевите протони и електрони върху баланса на озона**
  - 4.1 Активиране на  $\text{HO}_x$  и  $\text{NO}_x$  озоноразрушаващи цикли в мезосферата и високата стратосфера;
  - 4.2 Механизъм на „самовъзстановяване“ на озона;
- 5. Асиметрия в пространственото разпределение на озона**
  - 5.1 Анализ на съвременните спътникови и наземни данни;
  - 5.2 Формиране на озонни „дупки“ в полярните райони – роля на стратосферната циркулация и халогенните съставки в атмосферата;
  - 5.3 Обяснение на асиметрията между северното и южното полукукло;
  - 5.4 Обяснение на дължинните вариации на озона;

## ЛИТЕРАТУРА

Banks P.M., Kockarts G., *Aeronomy – part A*, Acad. Press, New York and London, 1973.

Brasseur, G., Solomon, S. *Aeronomy of the middle stratosphere: chemistry and physics of the stratosphere and mesosphere*, third ed., Springer, Dordrecht, Netherlands, 2005.

Bazilevskaya G.A. et al. Cosmic Ray Induced Ion Production in the Atmosphere, *Space Sci Rev.*, **2008**, 137, 149–173, DOI 10.1007/s11214-008-9339-y.

Cacace, F., de Petris, G., Rosi, M., Troiani, A., 2002, Formation of  $\text{O}_3^+$  upon ionization of  $\text{O}_2$ : The role of isomeric  $\text{O}_4^+$  complexes *Chem. Eur. J.*, 8, 3653-3659.

Chapman S. A., A Theory of Upper-Atmospheric Ozone, *Memo. Royal Met. Soc.* **1930**, 3(26), 103.  
Fehsenfeld F.C., Ferguson E.E. Laboratory studies of negative ion reactions with atmospheric trace constituents, *The Journal of Chemical Physics*, 61(8) 1974.

- Fiandrini E., Esposito G., Bertucci B., Alpat B., Ambrosi G., Battiston R., Burger W.J., Caraffini D., Di Masso L., Dinu N., Ionica M., Ionica R., Pauluzzi M., Menichelli M., Zuccon P., 2004, High-energy protons, electrons, and positrons trapped in Earth's radiation belts, *Space Weather*, 2, S09S02, doi:10.1029/2004SW000068.
- IPCC, 2007. (Intergovernmental Panel on Climate Change), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, edited by Solomon, S., et al., Cambridge Univ. Press, New York. 996 pp.
- Jackman C.H.; Frederick J.E.; Stolarski R.S. Production of Odd Nitrogen in the Stratosphere and Mesosphere: An Inter-comparison of Source Strengths, *J.Geophys.Res.* **1980**, 85(C12), 7495-7505.
- Kilifarska N.A., Bi-decadal solar influence on climate, mediated by near tropopause ozone, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2015.08.005i>
- Kilifarska N.A. An autocatalytic cycle for ozone production in the lower stratosphere initiated by Galactic Cosmic rays, *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 66(2), 243-252, 2013.
- Kilifarska N.A., V.G. Bakhmutov, G.V. Melnyk, Energetic particles influence on the Southern Hemisphere ozone variability, *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 66(11), 1613-1622, 2013.
- Matejcik S., Cicman P., Kiendler A., Skalny J.D., Illenberger E., Stamatovic A., Mark T.D., Low-energy electron attachment to mixed ozone/oxygen clusters, *Chemical Physics Letters* 261 (1996) 437-442.
- Müller M.D., Kaifel A.K., Ozone profile retrieval from GOME data using a neural network inverse model, J1.1 <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.515.3457&rep=rep1&type=pdf>
- Rusch D.W.; Gerard J.C.; Solomon S.; Crutzen P.J.; Reid G.C. The effect of particle precipitation events on the neutral and ion chemistry of the middle atmosphere – I. Odd nitrogen, *Planet, Space Sci.* **1981**, 29(7), 767-774.
- Slanger T.G., Jusinski L.E., Black G., Gadd G.E. 1988. A new laboratory source of ozone and its atmospheric implications, *Science*, 241, 1988, 945–950.
- World Meteorological Organization (WMO) Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010, Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 52, Geneva, Switzerland, 2011.