

# Astronomický ústav

*Akademie věd České republiky, v. v. i.*



Akademie věd ČR hledá mladé vědce

**OTEVŘENÁ VĚDA**

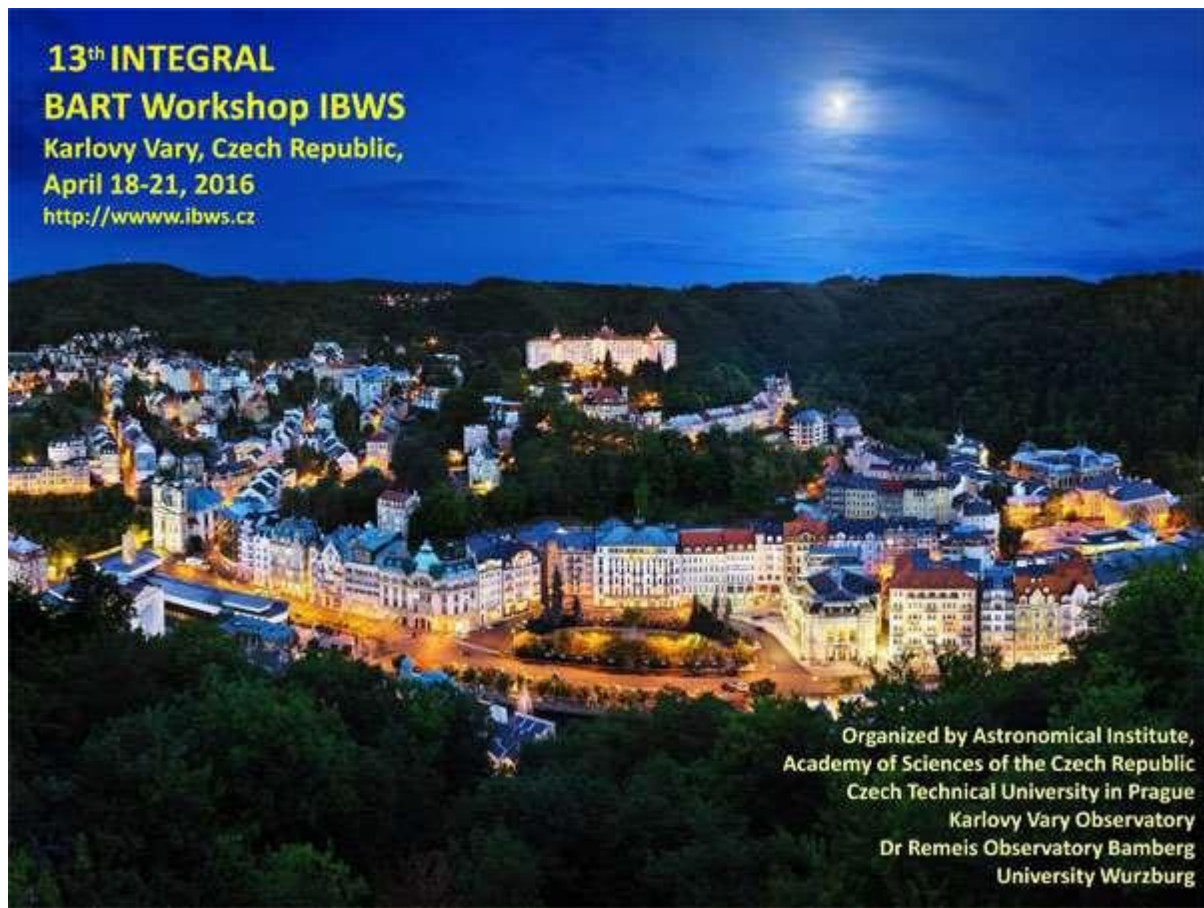
AKADEMIE VĚD ČR

## **Aktivní účast stážistky Otevřené vědy Kateřiny Remišové na mezinárodní konferenci o vysokoenergetické astrofyzice IBWS 2016**

Třináctý z řady úspěšných workshopů věnovaných astrofyzice vysokých energií a pozemním experimentům, pozorováním zejména robotickými dalekohledy a také rentgenovým družicím se uskutečnil v **Karlových Varech od 19. do 21. dubna 2016. IBWS (INTEGRAL/BART Workshop)** je pracovní setkání odborníků především z oblasti rentgenového výzkumu vesmíru s pomocí družic pozorujících v gama a rentgenovém oboru a návazných pozemních robotických dalekohledů.

Konference se aktivně s velmi zajímavým příspěvkem *Vision in the Deep Sea: Mirror Eyes* zúčastnila stážistka programu Otevřená věda Akademie věd na Astronomickém ústavu AV ČR Kateřina Remišová. Ve svém příspěvku prezentovala studii unikátních zrcadlových očí některých živočichů, především koryšů a hlubinných ryb, a jejich možnou aplikací ve vědě a technice, zejména v astronomii.

Tento příspěvek byl mimořádně pozitivně přijat a vyvolal velký zájem a diskuze. Celá řada významných kosmických projektů prezentovaných na konferenci totiž vychází z astronomické aplikace račího oka - například se jedná o družici ESA ve spolupráci s Čínou SMILE, malou českou družici VZLUSAT a uvažovanou českou družici BRITE CZ. Na akci byl i demonstrován modul rtg optiky račí oko a to jak na malé optické lavici, tak i na snímání Slunce na balkonu konferenčního sálu, i celá družice VZLUSAT dokončované k odeslání na start a rovněž s optikou typu račí oko.



Konferenční poster.



Účastníci mezinárodní konference IBWS2016 při prohlídce Karlových Varů, stážistka Otevřené vědy K. Remišová v první řadě první zleva.

# Vision in the Deep Sea: Mirror Eyes

Kateřina Remišová<sup>1</sup>, René Hudec<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Science, Charles University in Prague, Albertov 6, 128 43 Praha 2, Czech Republic

<sup>2</sup> Astronomical Institute ASCR, Fričova 298, 251 65 Ondřejev, Czech Republic

## MOTIVATION AND GOALS OF THE STUDY

### MOTIVATION

- Understanding of very specific mirror eyes of sea animals may help to design and develop special optics for scientific applications
- e.g. Lobster Eye optics used in wide field astronomical X-ray telescopes

### GOALS

- To understand the way mirror eyes work
- To learn what are the advantages of these eye arrangements
- To find out whether these optics can be used in advanced devices, e.g. in astronomy

## PROPERTIES OF THE DEEP SEA ENVIRONMENT

- Day light penetrates only the upper 1 000 m = photic zone
- Below 1 000 m (aphotic zone) the only light comes from the bioluminescent flashes produced by marine animals
- The light in the ocean is organized as an extended scene of visual features (brighter shallower depths) or point-like (bioluminescent flashes)
- Which visual adaptations evolve depends on which light type (extended, pointed or both) has the greatest ecological meaning (which varies from species to species)
- Another crucial factor is the variety of species and the density of individuals and consequently the availability of food and mates
- The ocean's water column and its fauna can be divided into several zones
  - The upper epipelagic zone constitutes the bright sunlight waters and it is rich in plankton and fishes
  - The mesopelagic zone can be divided into two subzones
    - The richest diversity and the greatest biomass can be found in the "darker" mesopelagic zone
    - In the "twilight" mesopelagic zone, there are many camouflaged animals, e.g. opaque crustaceans
  - The aphotic zone is dark, still and very cold with low food and wastes levels; only specifically adapted animals can survive there
  - The benthic area covers the region of sea floor (while pelagic area means the region of open sea); it is very rich in nutrients compared to the depths above thanks to the "marine snow" of organic and inorganic particles; due to this fact a huge variety of animal species can be found there



## MIRROR EYES – SCALLOPS, CRUSTACEANS, FISHES

### SCALLOPS – SIMPLE MIRROR EYE

- Genus *Pecten* and their close relatives
- 60-100 small eyes between the tentacles of the mantle
- A single eye chamber consists of:
  - 'Lens' (works as Schmidt corrector plate)
  - Two-layered retina (with ciliary and microvilli photoreceptors)
  - Argentine (works as mirror)



### CRUSTACEANS – REFLECTING SUPERPOSITION EYE

- Ostracods (*Nomdromus*, *Gigantocypris*), amphipods (*Scyphoitescola*), decapods (shrimps, prawns, lobsters, crayfish)
- Parabolic shaped eye for aberration-free focus
- Weak lens in the cornea to pre-focus the light
- Mirror bores – corner reflector
- Decoconvolution, pigment movement and other features



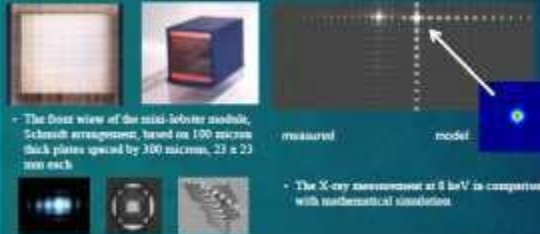
### FISHES – MIRROR DIVERTICULUM

- Devichopteryx longipes*
  - Connection with the tubular eye (common retina)
  - Parabolic off-axis mirror
  - Granite plates in argentine derived from tapetum (RPE)
- Rhynchelystes reticulatus*
  - A new discovery (2014)
  - Mirror developed from the choroidal argentine
  - Crystals are orientated almost parallel to the mirror's surface



## BIOMIMETICS OF MIRROR EYES – LOBSTER EYE

- Novel Wide Field X-ray Telescopes
- FOV of 100 sq. deg. and more easily possible (classical X-ray optics only 1 deg. or less)
- Analogy with lobster eyes
- Designed for astronomy, but laboratory applications also possible



The front view of the mini-lobster module, Schottsch arrangement, based on 100 micrometre thick plates spaced by 300 micrometre, 23 x 23 mm each

measured

model

The X-ray measurement at 8 keV in comparison with mathematical simulation

## BASIC TYPES OF MARINE SPECIES EYES



Spherical lens eye  
e.g. fishes, cephalopod

Simple mirror eye  
e.g. *Pecten*, *Gigantocypris*

Apposition compound eye  
e.g. shallow water crustaceans

Reflecting superposition compound eye  
e.g. shrimps, prawns

## MIRROR EYES

### PROPERTIES OF NATURAL MIRRORS

- Multilayers of material with alternating high and low refractive indices
- Interference of light reflected from the upper and lower surfaces of each layer

### ADVANTAGES OF MIRROR EYES

- High sensitivity to light
- High spatial resolution



## REFERENCES

- Collicchia, G., Walter, C., Hopt, M. and Wiesner, H. (2009) The scallop's eye – a concave mirror in the context of biology. *Physics Education*, 44(2).
- Riles, L. (2015) *Photobiology – The Science of Light and Life*, 3rd ed. Springer.
- Glaeser, G. and Peskin, H. (2015) *The evolution of the eye*. Springer.
- Land, M. (1998) The optics of animal eyes. *Contemporary Physics*, 39(5), pp.435-455.
- Land, M. (2000) Eyes with mirror optics. *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, 2(8), pp.844-850.

## ACKNOWLEDGEMENTS

- This poster was created as a part of the project of the Academy of Sciences of the Czech Republic 'Open Science'



Poster K. Remišové prezentovaný na konferenci IBWS2016.

Letošního ročníku s charakterem evropské regionální konference se zúčastnilo 46 účastníků z 5 zemí. Na organizování INTEGRAL / BART Workshop se podílí Skupina astrofyziky vysokých energií Stelárního oddělení Astronomického ústavu AV ČR. Kromě

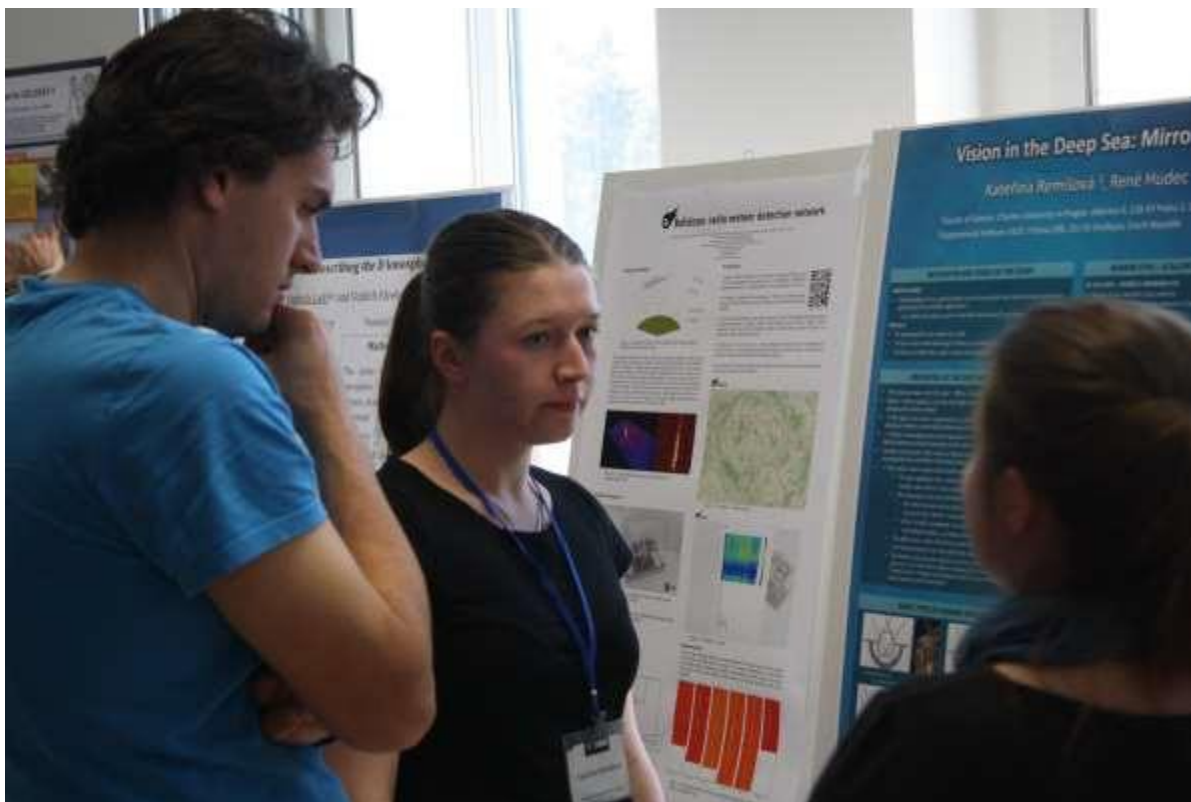
Astronomického ústavu AV ČR dalšími spoluorganizátory jsou České vysoké učení technické v Praze, Hvězdárna Astronomického ústavu Friedrich - Alexander Universität Erlangen - Nürnberg v Bambergu (Německo), Univerzita Würzburg (Německo) a Hvězdárna Karlovy Vary.



Demonstrace modulu rentgenové optiky pro astronomii račí oko během konference. Stážistka Ot. Vědy K. Remišová druhá zprava.



Demonstrace výsledků Otevřená věda



U posteru.



Prezentace české družice VZLUSAT připravované ke startu do vesmíru v létě 2016. Družice má na palubě miniaturní rentgenový dalekohled s optikou račí oko.

**Na programu konference** bylo 40 referátů a 10 posterů z oblasti družicové vysokoenergetické astrofyziky, výzkumu vysokoenergetických kosmických zdrojů, jednalo se i o využití robotických dalekohledů a přípravě dalších kosmických misí a experimentů. Diskutovalo se např. o první české astronomické minidružici VZLUSAT1 a také o projektu malé, ale ryze české astronomické družice BRITE CZ pro výzkum kosmických zdrojů rentgenového a ultrafialového záření pomocí miniaturizovaných rentgenových a ultrafialových teleskopů, na jejíž studii se podílí Astronomický ústav AV ČR. A právě tyto teleskopy využívají optiku typu račí oko.



Skupinové foto konference IBWS2016, stážistka OV předposlední řada 2. zprava

Kontakty:

Oficiální stránky konference <http://www.ibws.cz/>.

Doc. RNDr. René Hudec, CSc.

Vedoucí skupiny Astrofyziky vysokých energií Stelárního oddělení ASÚ AV ČR

Tel.: 323 620 128, 731 502 542

E-mail: [rhudec@asu.cas.cz](mailto:rhudec@asu.cas.cz), [rene.hudec@gmail.com](mailto:rene.hudec@gmail.com)