

# Jsme schopni na Zemi vytvořit podmínky podobné vesmírným?

Martin Vastl, Michal Hošna a Libor Matásek

SPŠ a VOŠ Písek, Karla Čapka 402, 397 11 Písek  
*martin.vastl2@gmail.com, michal.hosna@gmail.com, equistrx@gmail.com*

16. 4. 2015

## Abstrakt

Článek pojednává o schopnosti lidí vytvořit na Zemi podmínky podobné vesmírným. Konkrétně vakuum, magnetickém pole, quark-gluonové plazma a černé díry. Dozvíte se, proč nelze vytvořit ideální vakuum, co je Hawkingovo záření, Heisenbergův princip neurčitosti, kvantové fluktuace, sluneční vítr či neutronová hvězda.

## Abstract

The article is about mankind ability to create conditions on Earth similar to space conditions. Specifically about vacuum, magnetic field, quark-gluon plasma and black holes. You will learn why perfect vacuum cannot exist, what is Hawking's radiation, Heisenberg's uncertainty principle, quantum fluctuations, solar wind or neutron star.

## 1 Quark-gluonové plazma

### 1.1 Vlastnosti

Quark-gluonové plazma (dále jen QGP) je skupenství hmoty, při kterém přestává působit silná interakce, tyto mezony a baryony se rozpadají a vytvářejí velkou směs kvarků a gluonů. Toto skupenství hmoty nastává jen za velké hustoty a teploty ( $2 \times 10^{12}$  °C). V tomto stavu byla hmota krátce po Velkém třesku (v řádech mikrosekund). Vědci předpokládali, že QGP bude plyn. Pokusy ale ukázaly, že QGP je téměř perfektní kapalina. Jedná se o nejdokonalejší kapalinu, která kdy byla pozorována a je jí možné popsat pomocí hydrodynamických rovnic [1].

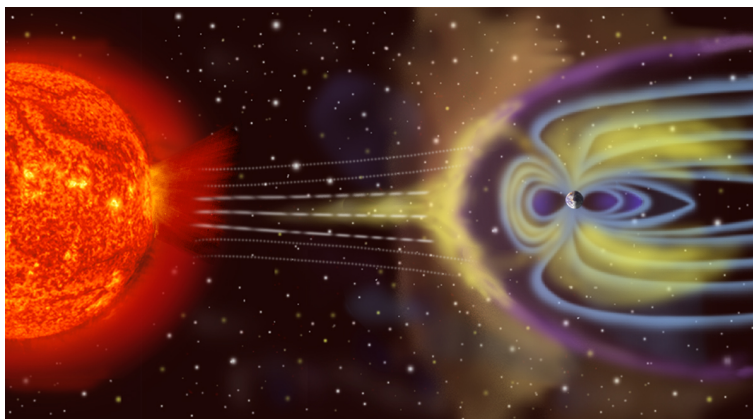
### 1.2 Experimenty

V roce 1980 až 1990 probíhaly v CERNU pokusy na Super Proton Synchrotron. QGP se vytvářelo za pomoci srážení atomů zlata nebo olova. Poté byly za 10 let prezentovány výsledky experimentu, které nepřímo dokazovaly její existenci. Dalším zařízením, kde probíhaly pokusy s QGP byla Brookhaven National Laboratory [2].

## 2 Magnetické pole

### 2.1 Meziplanetární magnetické pole

Ve sluneční soustavě najdeme mezi planetami tzv. sluneční vítr, což je plazma a jako takové vytváří magnetické pole, čímž ovlivňuje zemi a interaguje s jejím vlastním magnetickým polem [3].



Obrázek 1: Grafické znázornění slunečního větru působícího na zemi.

Se slunečním větrem se musí počítat také při návrhu družic. Na povrchu Slunce je dipólové magnetické pole o intenzitě  $10^{-4}$  T, vzhledem k naší vzdálenosti a slábnutím magnetického pole se čtvercem vzdálenosti, by měl sluneční vítr v okolí Země vytvářet magnetické pole o intenzitě  $10^{-11}$  T, měření družic však vykazují magnetické pole o intenzitě  $10^{-9}$  T. Možné vysvětlení tohoto jevu poskytuje magnetohydrodynamická teorie, která predikuje, že pohyb elektricky vodivého plazmatu, vytváří elektrický proud, který indukuje další magnetické pole.

### 2.2 Magnetar

Magnetar je neutronová hvězda, s extrémně silným magnetickým polem. Taková hvězda je tvořená pouze neutrony, její velikost je přibližně 20 km v průměru a hustota v jádře  $8 \times 10^{17} \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . To je hustota tak velká, že náprstek plný této hmoty by vážil cirka 100 milionů tun. Magnetické pole magnetaru je asi mezi  $10^8$  T až  $10^{11}$  T [4].

### 2.3 Replikace na zemi

Zatím nejsilnější permanentní neodymové magnety, které jsme schopni vytvořit na Zemi, mají magnetické pole o intenzitě přibližně 1 T. Zatím vůbec nejsilnější magnet na Zemi vytvořili v roce 2011 na floridské statní univerzitě a má intenzitu 25 T [5].

### 3 Vakuum

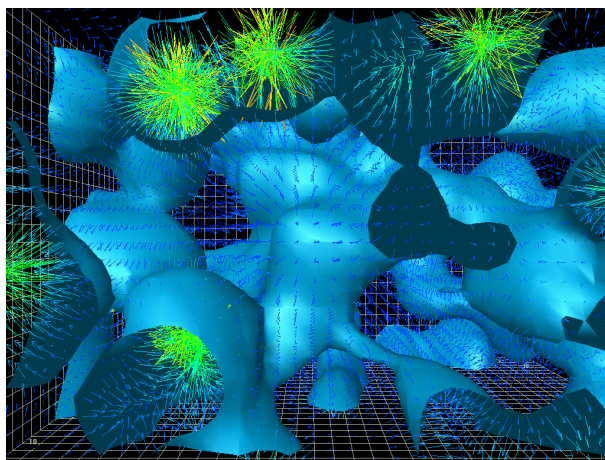
Vakuum, je prostor bez hmoty a energie. Dokonalé vakuum je prostor, který neobsahuje žádné částice a je pouze teoretické [6]. Nejblíže dokonalému vakuu je vesmír, ve kterém je však stále circa 50 atomů vodíku na  $\text{m}^3$  [7]. V technické praxi se termín vakuum používá pro částečné vakuum, jakýkoli prostor jehož tlak je značně nižší než tlak atmosférický [8]. Na Zemi jsme schopni dosáhnout různých úrovní částečného vakuua, dělí se podle tlaku nebo počtu částic na objem.



Obrázek 2: Přístroj používaný pro demonstraci vakuu.

Nejlepšího vakuua, kterého jsme na zemi schopni dosáhnout, je vakuum o tlaku  $10^{-12}$  atmosférického tlaku tedy 100 nPa a obsahující 100 částic na  $\text{cm}^3$  [9].

#### 3.1 Kvantové fluktuace ve vakuu



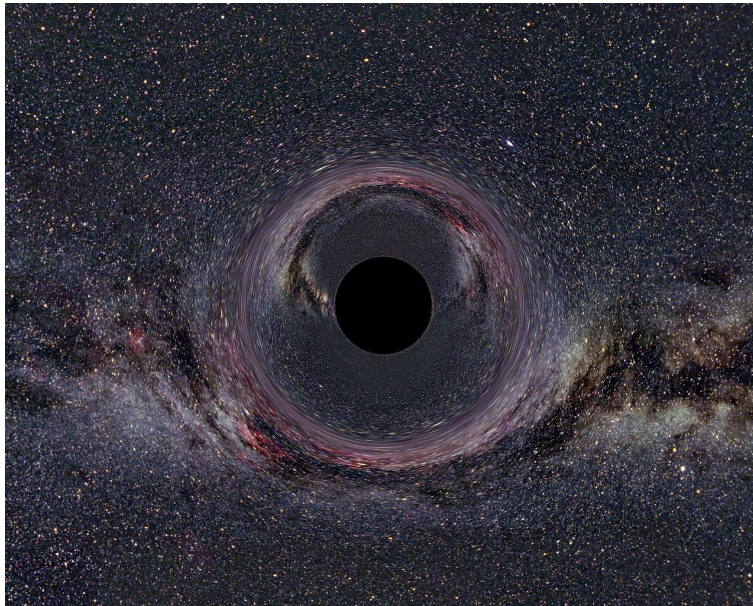
Obrázek 3: Grafické znázornění kvantových fluktuací.

Díky Heisenbergovu principu neurčitosti nemůže být žádné vakuum opravdu dokonalé, protože v něm spontánně vznikají a zanikají páry částic a antičástic [10].

## 4 Černá díra

### 4.1 Vlastnosti

Černá díra je objekt natolik hmotný, že jeho gravitační pole je natolik silné, že žádný objekt včetně světla nemůže opustit určitou oblast. Tato oblast se nazývá horizont událostí [11].



Obrázek 4: Ilustrace černé díry.

### 4.2 Možnosti vzniku na zemi

S postupným narůstáním energií v urychlováčích částic zde nastala otázka, zda-li nemůže při srážce vzniknout malá černá díra. Dokonce z tohoto důvodu bylo podáno pár žalob a stížností na CERN. Jejich argumenty nebyly dostatečně průkazné, a proto byly zamítnuty [12].

### 4.3 Miniaturní černé díry

Minimální energie k vytvoření miniaturní černé díry o poloměru Planckovy délky je  $10^{19}$  GeV. Pokud bychom počítali pouze s Planckovou hmotností, energie by se pohybovaly v řádech TeV (LHC je konstruován až na 7 TeV na jeden urychlovaný svazek).

### 4.4 Hawkingovo záření

Další otázkou, která zde vystává je: Pokud tato černá díra vznikne, co se stane? Odpověď na tuto otázku nám dává teorie z roku 1975 od Stephena Hawkinga.

Tzv. Hawkingovo záření (někdy také uváděno jako vypařování černé díry). Teorie nám říká, že kvůli Heisenbergově principu neurčitosti vznikají v prostoru páry částic a antičástic. Pokud bychom se nacházeli v normálním prostředí částice by anihilovaly a nic by se nestalo. Pokud tato situace nastane na horizontu událostí, může se stát, že se jednu z částic pohltí černá díra a druhé se podaří uniknout. Tato absence energie se projeví ve zmenšení černé díry [13].

## 4.5 Závěr

V současnosti urychlovače nedosahují dostatečných energií na vytvoření černých děr o poloměru Planckovy délky. Pokud by i přes to černá díra vznikla, ihned by se vypařila, díky Hawkingovu záření, čímž by se potvrdila jeho teorie.

## 5 Závěr

Na Zemi jsme schopni, alespoň prozatím, replikovat podmínky jen ve velmi malém a omezeném měřítku. Pro výzkum můžeme předpokládat, že v makroskopických podmínkách by se experimenty chovaly alespoň podobně.

## Reference

- [1] Wikipedia contributors: *Quark–gluon plasma*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [15 Apr. 2015] [http://en.wikipedia.org/wiki/Quark%E2%80%93gluon\\_plasma](http://en.wikipedia.org/wiki/Quark%E2%80%93gluon_plasma).
- [2] Brookhaven National Laboratory, the Relativistic Heavy Ion Collider: *A New Area of Physics* <https://www.bnl.gov/rhic/newPhysics.asp>.
- [3] J. W. Dungey: *The interplanetary magnetic field and the auroral zones* Air force cambridge research labs hanscom afb ma, AFCRL 62-423 (1962); <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0274336>.
- [4] Wikipedia contributors: *Magnetar*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [15 Apr. 2015] <http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetar>.
- [5] Florida state university: *Strongest magnet* <http://www.fsu.edu/indexTOFStory.html?lead.splitmagnet>.
- [6] Wikipedia contributors: *Vacuum*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [15 Apr. 2015] <http://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum>.
- [7] Tadokoro, M.: *A Study of the Local Group by Use of the Virial Theorem*. Publications of the Astronomical Society of Japan 20: 230. Bibcode:1968PASJ...20..230T. (1968). <http://adsabs.harvard.edu/abs/1968PASJ...20..230T>.
- [8] Harris, Nigel S.: *Modern Vacuum Practice*, McGraw-Hill. p. 3. ISBN 0077070992 (1989)

- [9] L. M. Rozanov, M. H. Hablanian: *Vacuum technique*. New York: Taylor & Francis. p. 112. ISBN 0-415-27351-X (2002). <http://books.google.cz/books?id=8yEGJctS2XgC>.
- [10] L. I. Mandelshtam, I. E. Tamm: *The uncertainty relation between energy and time in nonrelativistic quantum mechanics* USSR 9, 249-254 (1945) <http://daarb.narod.ru/mandtamm/index-eng.html>.
- [11] Wikipedia contributors: *Black hole*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [15 Apr. 2015] [http://en.wikipedia.org/wiki/Black\\_hole](http://en.wikipedia.org/wiki/Black_hole).
- [12] Wikipedia contributors: *Safety of high-energy particle collision experiments*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [15 Apr. 2015] [http://en.wikipedia.org/wiki/Safety\\_of\\_high-energy\\_particle\\_collision\\_experiments](http://en.wikipedia.org/wiki/Safety_of_high-energy_particle_collision_experiments).
- [13] Wikipedia contributors: *Hawking radiation*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [15 Apr. 2015] [http://en.wikipedia.org/wiki/Hawking\\_radiation](http://en.wikipedia.org/wiki/Hawking_radiation).