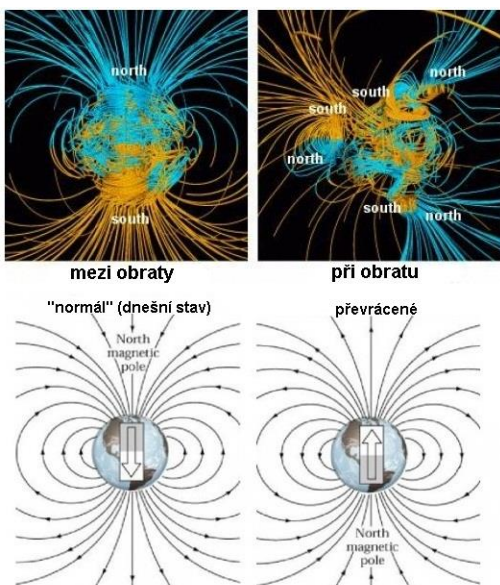
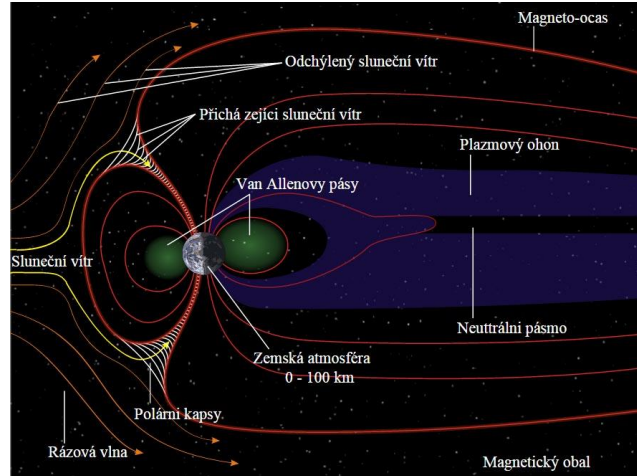


## 36 Magnetické pole ve Vesmíru

### a) planety

#### Magnetické pole Země

- **vlastní magnetické pole** (druhý je Merkur)
- velikost:  $B = 60 \mu\text{T}$  (póly),  $B = 30 \mu\text{T}$  (rovník) (magnet: 10 mT, elektromagnet 100 mT, neodym 0,2 až 1,5 T !!!)
- **dipólový charakter** jako u tyčového magnetu: jižní magnetický pól je na severní polokouli, geograficky nejsou totožné, osa pólů neprochází středem Země, oba póly se nachází na západní polokouli
- **zdrojem magnetického pole je elektrický proud vznikající při tření rotujícího polotekutého zemského jádra**, které tak vytváří obrovské **hydrodynamické dynamo**
- **geomagnetické pole** chrání život na Zemi před slunečním větrem, který odklání mimo oblast planety
- trvalým měřením od roku 2014 pomocí satelitů SWARM se zjistilo, že **magnetické pole Země slabne**, což může být předzvěstí blížícího se přepólování (od roku 1831 poklesla intenzita o 10 % - 15 %)
- **polární záře (Aurora Borealis (severní), Aurora Australis (jižní))** – vzniká v oblasti obou magnetických pólů;
  - ⇒ **vzniká v ionosféře** ve výškách od 80 km do 1000 km (nejčastěji 100 km)
  - ⇒ **částice slunečního větru** – protony, elektrony, jádra hélia – jsou v oblasti pólů zachycena magnetickým polem Země a **po spirále** se pohybují vysokou rychlostí **do horních vrstev atmosféry, kde se sráží s molekulami kyslíku** (zelená a červená), dusíku a dalších plynů, dochází k ionizaci při které vznikají na **kvantové úrovni** barevné světelné efekty
- **Prostorová orientace živočichů** – magnetické pole využívají při orientaci v prostoru nejen ptáci, ale i savci a další živočichové; např. vodní ptactvo preferuje při přistávání na vodní hladinu S-J směr, lišky skáčí na kořist nejčastěji také v tomto směru, pasoucí se skot většinou stojí S-J směrem, stejně tak ryby v kruhové kádi

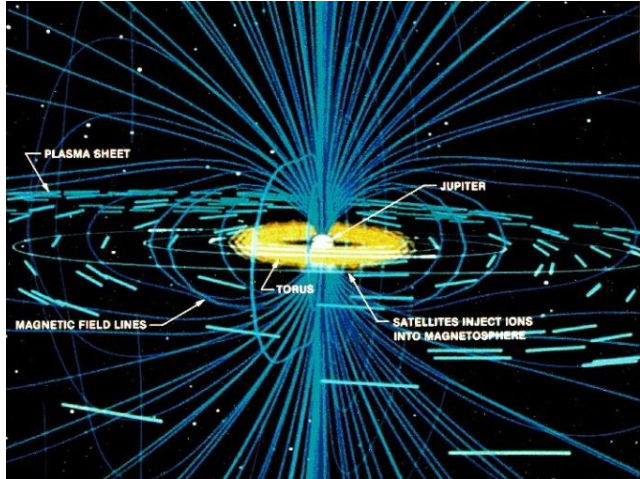


#### Přepólování magnetického pole Země

- k přepólování dochází opakovaně v časovém rozmezí 100.000 až 1.000.000 let (v průměru 300.000 let)
- k poslednímu přepólování došlo před 780.000 lety
- pole nezanikne, ale **zeslábně na asi 5 až 20 %** své běžné hodnoty a bude mít **kvadrupólový charakter**
- **zvýší se radiace slunečního větru a počet geomagnetických bouří** – negativní vliv na PC sítě, život na Zemi celkově, možný zánik civilizace
- **přepólování trvá asi 100 až 1000 roků**

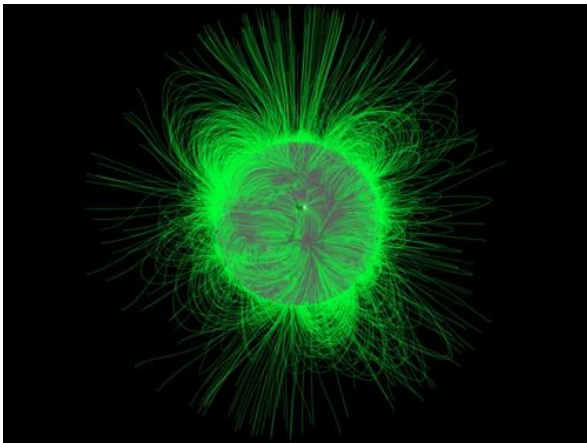
### Magnetické pole ostatních planet Sluneční soustavy

- vlastní magnetické pole z pevných planet kromě Země má jen Merkur, ostatní terestrické planety (**Venuše, Mars**) mají **indukované magnetické pole**
- **Merkur** – velmi slabé pole ( $0,4 \mu\text{T}$ ), cca 100 x slabší než Země
- **Venuše** – velmi pomalá rotace planety má za důsledek nedostatečný pohyb vnitřního dynama a tím i téměř neznatelné magnetické pole
- **Mars** – velice slabé magnetické pole s minimální ochrannou funkcí
- **Jupiter** – nejsilnější magnetické pole (10 x silnější než zemské, tj. cca  $400 \mu\text{T}$ ), magnetosféra je větší než u Slunce, mezi Jupiterem a jeho měsícem Io protékají elektrické proudy, jejichž plazmové prstence lze pozorovat i ze Země
- **Saturn** – druhé nejsilnější magnetické pole
- **Uran** – zdroj pole není znám, magnetosféra zkroucena do vývrtky

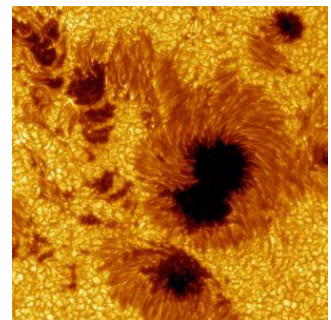


### b) hvězdy

#### Slunce a jeho heliosféra



- silné magnetické pole ( $10^{-4} \text{ T} = 100 \mu\text{T}$ ), lokálně až  $10^{-1} \text{ T}$
- **k přepólování dochází každých 11 let**
- **siločáry** mají vlivem rotace Slunce tvar **Archimédových spirál**
- **sluneční skvrny** – oblast ve **fotosféře**, kde magnetické pole brání proudění a tím je dosaženo menší povrchové teploty (cca 4000 K)



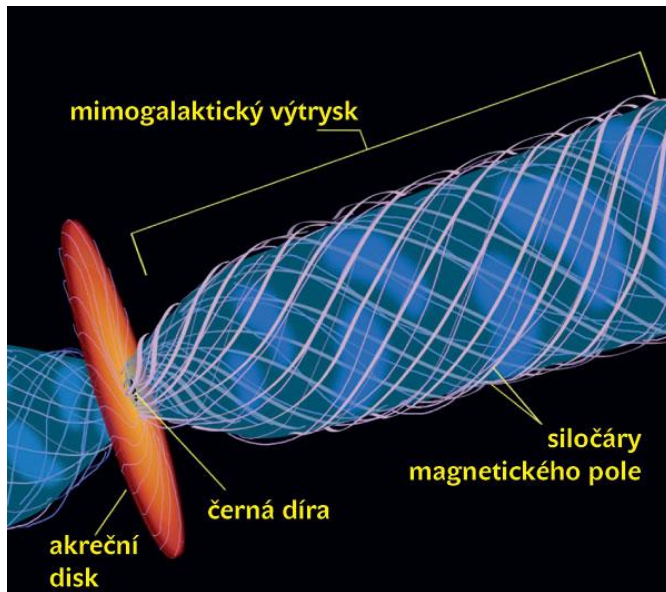
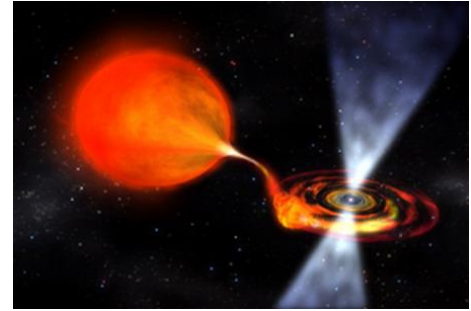
#### Neutronové hvězdy

- **nejsilnější magnetické pole ve vesmíru** vzniká při zhroucení supermasivních neutronových hvězd ( $10^{15} \text{ T}$  !!!)
- **magnetar** – zvláštní typ neutronové hvězdy s extra silným magnetickým polem ( $10^{12} \text{ T}$ )



c) **černé díry**

- výzkum pomocí počítačových simulací
- vlivem **extrémně silného a extrémně rychle se měnícího magnetického pole** černé díry jsou v jejím širším okolí urychlovány nabitě částice na zlomek rychlosti světla. Ty pak tvoří obalové halo v okolí akrečního disku.
- ČD si magnetické pole nedokáží udržet
- ČD jsou možná původcem galaktického magnetického pole



- Znázornění vzniku výtrysku interakcí magnetického pole s akrečním diskem a černou dírou v jádru galaxie. Materiál tvořící akreční disk se pohybuje orbitálním pohybem v silném gravitačním poli a jeho oběžná rychlost dosahuje stovek kilometrů za sekundu. Vodivé prostředí plazmového akrečního disku namotává magnetické siločáry a vede k následnému urychlování hmoty podél rotační osy (NASA/STScI).

**Tabulka magnetických polí vybraných objektů**

|                                      |                        |
|--------------------------------------|------------------------|
| Lidský mozek                         | $10^{-14}$ T           |
| Mezagalaktický prostor               | $10^{-15} - 10^{-9}$ T |
| Mezihvězdný prostor                  | $10^{-9} - 10^{-6}$ T  |
| Zemské pole na povrchu u pólů        | $10^{-4}$ T            |
| Slunce                               | $5 \cdot 10^{-3}$ T    |
| Povrch levných magnetů               | 0,1 T                  |
| Povrch silných permanentních magnetů | 0,5 T                  |
| Elektromagnet                        | 2 T                    |
| Stacionární pole v laboratoři        | 10 T                   |
| Pulzní laserové plazma               | $10^5$ T               |
| Radiový pulzar                       | $10^8 - 10^9$ T        |
| Magnetar                             | $10^{10} - 10^{11}$ T  |