

A photograph of a railgun firing, showing a large, bright orange and yellow plume of fire and smoke emerging from a dark barrel on the left. The background is a dark, solid color.

Railgun

Magnetické kolejnicové dělo

**Alexei Chevko, Ondřej Ficker, Karel
Tesař, Vladislav Větrovec**

Co dnes uvidíte a uslyšíte

Teorie

- Elektromagnetické pole – proudová smyčka
- Dvě mouchy jednou ranou
- Co je potřeba

Výzkum

- Historie
- Současnost a budoucnost
 - Armáda, věda, doprava

Náš Gabogun

- Materiály a konstrukce
- Výsledky
- Bezpečnostní školení a praktická ukázka 😊

Příště

- Větší a nebezpečnější verze

Vodič s proudem v magnetickém poli

- Vektorový součin intenzity proudu a indukce magnetického pole = Lorentzova síla

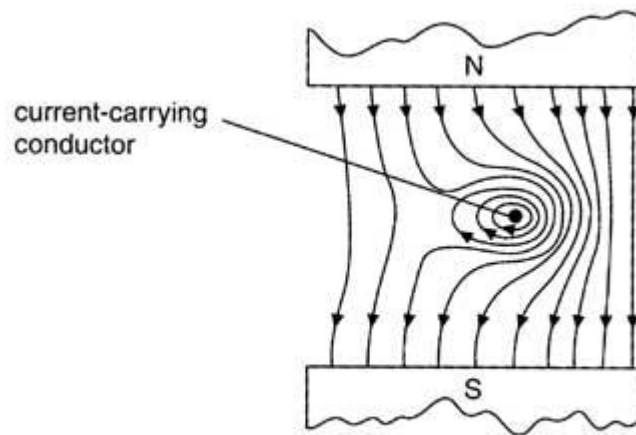
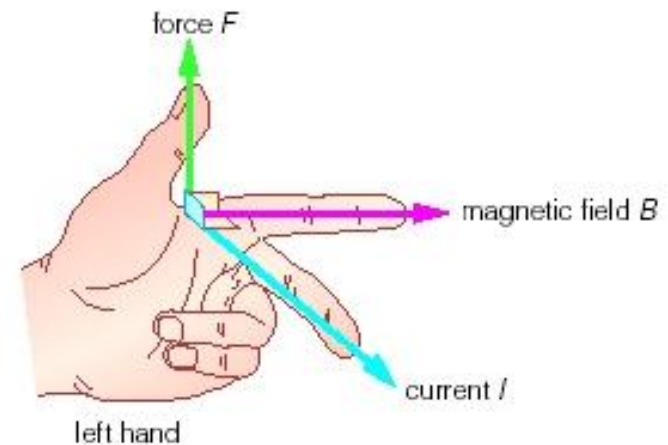


Fig. 6.1

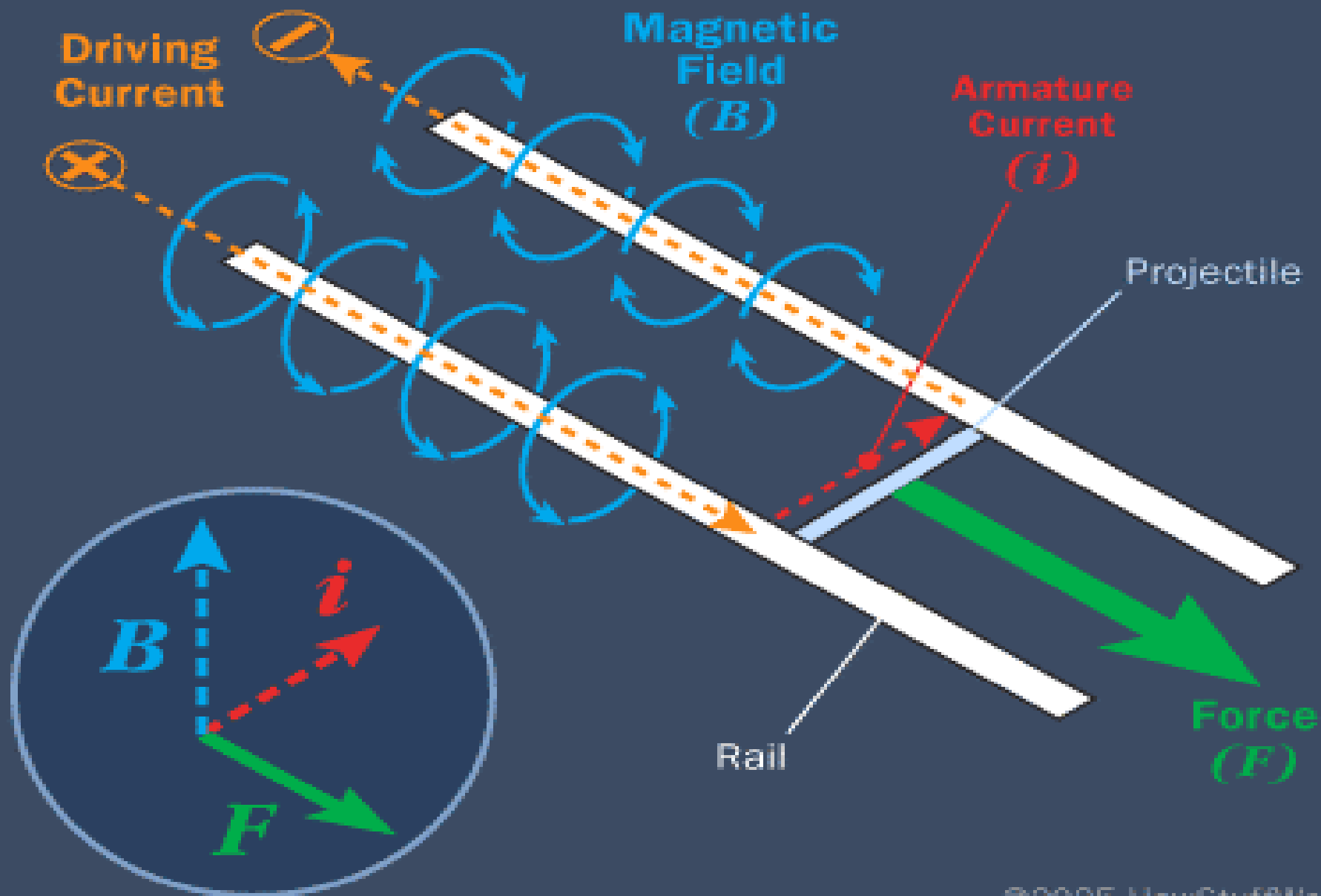


Dvě mouchy jednou ranou

- Kolem vodiče se vytváří magnetické pole
- Mezi dvěma vodiči s opačným směrem proudu se vytváří téměř homogenní pole
- Třetí vodič, který je spojuje, je z pole vytlačován dopředu



Railguns Lorentz Force



Kde vzít dostatečně silný proud?

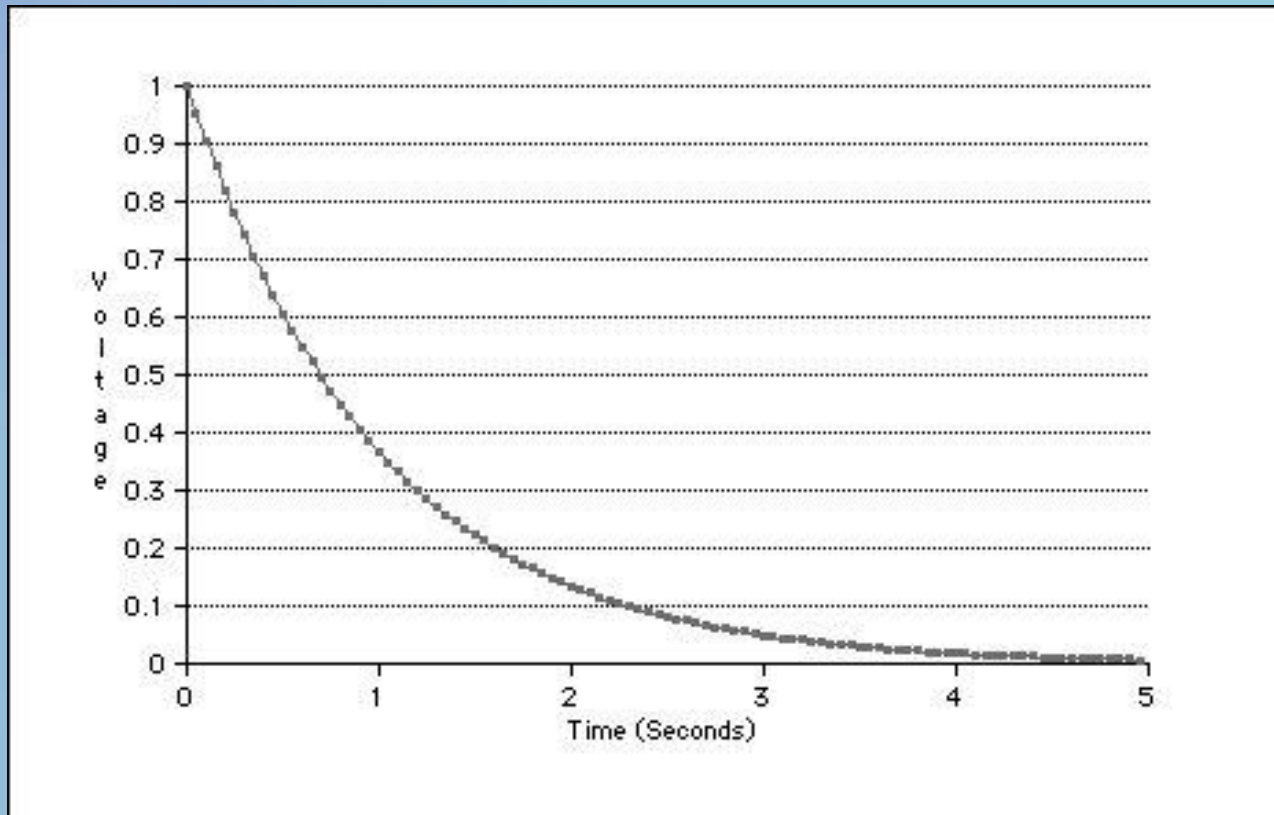
- Běžné zdroje nestačí
- Desítky až stovky ampérů, ale krátkodobě
- Velké kondenzátory – radiální elektrolytické, olejové (mF, stovky voltů)



Průběh proudu a napětí při vybíjení kondenzátoru

$$I = \frac{U_0}{R} e^{\frac{-t}{RC}}$$

$$U = U_0 e^{\frac{-t}{RC}}$$

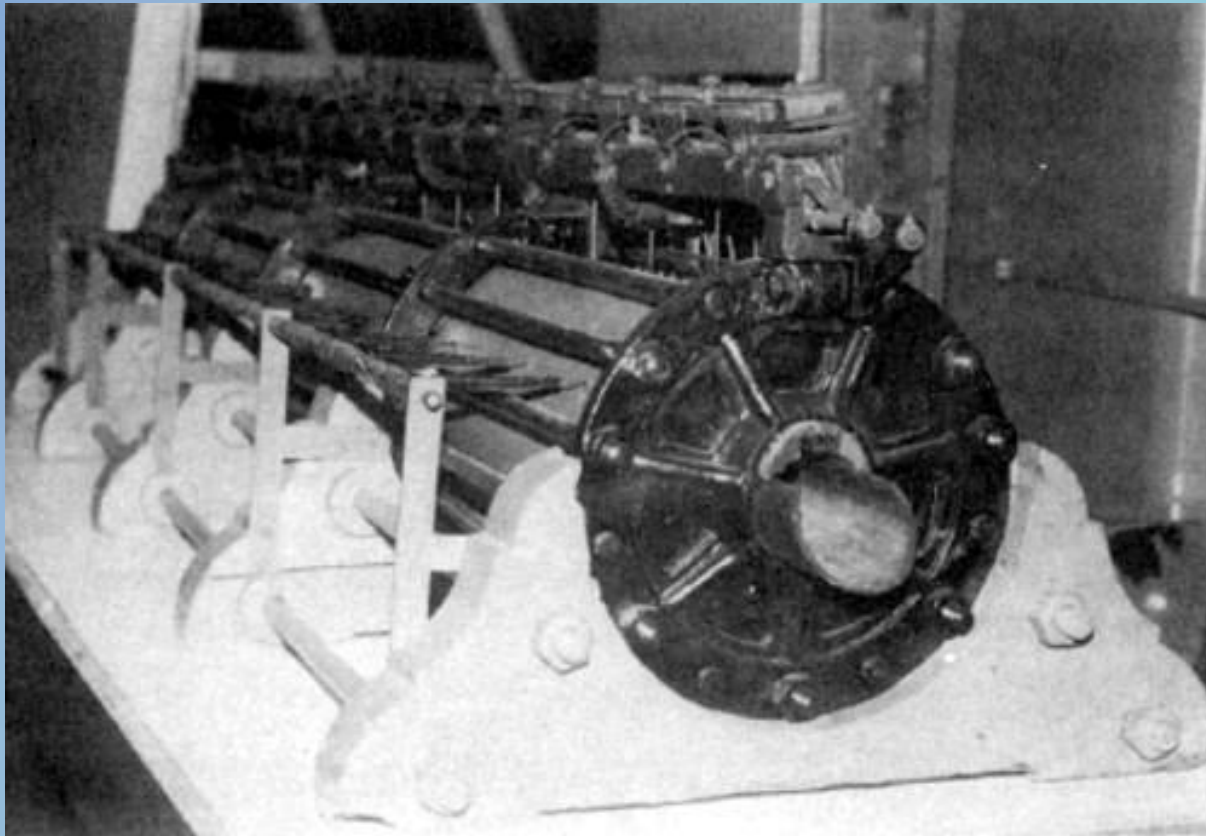


Předchůdce EKD – Gauss-gun

- „Gauss-gun“, první výstřel - prof. Kristian Birkeland v Norsku
- Rozdíl oproti EKD: urychlování pomocí cívky a sady magnetů
- Pokus úspěšný, ale jeden z magnetů se roztavil
- B. se vzdal dalších pokusů – přišel o příspěvky

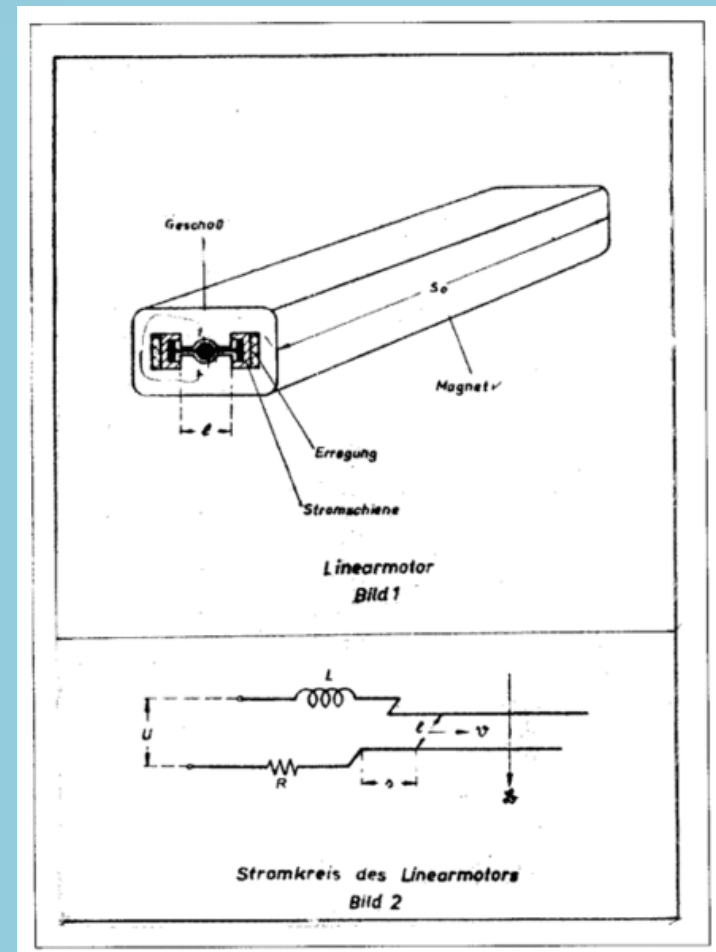


Birkelandova Gauss-gun s cívkou



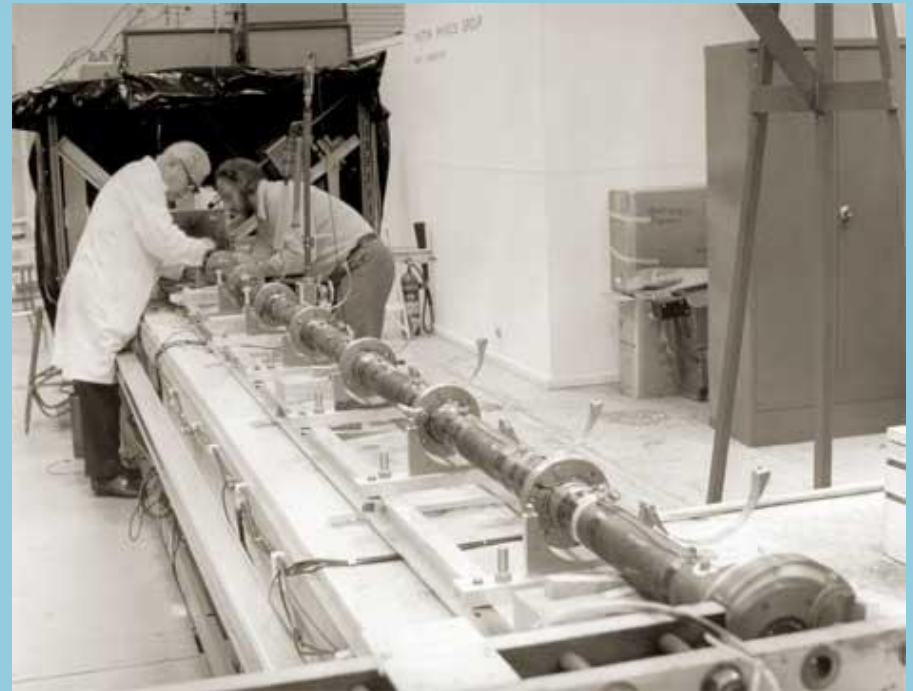
Railgun před válkou

- První patent: André Villeplee v USA, zaregistroval přímo jako zbraň (1918)
- První větší zájem: Německo za 2. světové války (Joachim Hänsler) pro vzdušnou obranu (1944), zbraň nebyla postavena



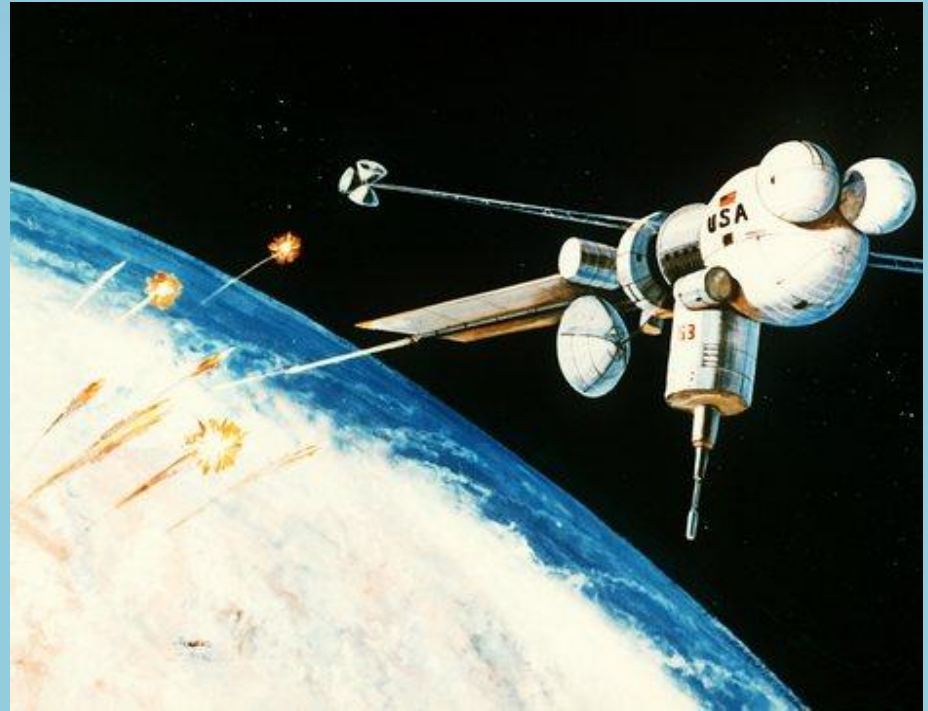
Railgun po válce

- Spojenci zkoumali německé projekty, ale odradily je technické komplikace (1947 - první technická zpráva)
- Australský projekt (70. léta) – použití homopolárního generátoru, až 0,5 GJ energie na 5m kolejnicích, urychlení 3 g střely na 6 km/s; nadějný, ale stále příliš nákladný



Railgun po válce II

- Další podnět: americké hvězdné války, kosmický výzkum: vynášení na orbitu a sestřelování vesmírných objektů (přednost dána raketám)



Nový dech

- 90. léta: využití kompulzátorů (rotující disk, konzervuje kinetickou energii a přeměňuje na elektrickou), složitější několikastupňové urychlování
- Hlavní zájemce: americké námořnictvo



Americký armádní výzkum



- Detaily utajeny, znám jeden úspěšný zveřejněný pokus
- 31.1.2008 vypuštěn náboj o hmotnosti 3,2 kg rychlostí 2520 m/s, energie = 10,64 MJ (ekv. lokomotivě o rychlosti 60 km/h)
- Plány: 16-MJ děla, střílející 6-7-krát za minutu
- Potřebný příkon 16 MW – jedině lodě s jaderným pohonem
- Dolet až 400 km
- Předpokládaný rok spuštění prvních lodí s RG - 2018



Budoucnost EM pohonu v dopravě

- Možnost ušetřit palivo při startech letadel a raketoplánů
- Použití motorů typu SCRAMJET
- Testovací dráhy v Huntsville, 0-90 km/h za 0,25 s



„Atomární magnetické anti-dělo“

- University of Texas, Austin
- Zpomalování atomů tritia
- Při rozpadu tritia vzniká neutrino
- Určení klidové hmotnosti neutrina – zatím pravděpodobně nejlepší metoda



Co se může pokazit?

- Obě kolejnice se velmi silně přitahují – bez pevné konstrukce se systém zhroutí
- Obrovský proud => obrovské teplo => projektil (kolejnice) se může roztavit dřív než zbraň vystřelí (předurychlení!!!), vhodné materiály
- Obrovské proudy, zbytkový náboj v kondenzátorech

„Předurychlení“

- Lorenzova síla není obvykle dostatečně velká, aby překonala klidové tření, setrvačnost projektilu
- Způsoby předurčení:
 - Pneumatické (Spud-gun)
 - Mechanické
 - Elektrotermické



Malá verze

- Bez „předurychlovacího“ stupně
- Hliník, plexisklo, plast
- Kondenzátor 1000 V, 450 μF
- Zdroj 1: 2kV, Zdroj 2: 2kV , buchadlo, odpory
- Projektily: alobal, měděný drát, Al plech
- Zaznamenán drobný posun projektilu



A co dál?

- Větší verze
- Měděné desky 600x80x8mm
- Autogenní láhev
 - Vyčištění desek
 - Vhodný projektil
 - Těsnost celého systému



Zdroje

- Ivan Štoll, Elektřina a Magnetismus, skripta FJFI ČVUT
- <http://www.powerlabs.org/railgun.htm> (Jak si vyrobit railgun...)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Railgun>
- http://george.ph.utexas.edu/papers/neutrino_mass.pdf („Vážení neutrina“)
- http://www.aldebaran.cz/bulletin/2008_10_bum.php
- <http://lifeboat.com/em/chapter.1.pdf> („kosmické“ CG a RG)
- <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=00195631> (us army a elektrotermické předurychlení)