

Úloha III.P ... zkořte Gaiu

5 bodů; průměr 2,39; řešilo 36 studentů

Navrhňte způsob, jak přeměnit rotační energii Země na elektrickou energii. Fantazii se meze nekladou, konstruktéři jsou schopní a postaví všechno.

Jáchym přemýšlel nad novými zdroji energie.

Jeden ze způsobů těžení rotační energie Země člověk používá již téměř sto let. Mluvíme o vodních přílivových elektrárnách. Příliv je vždy stejně orientovaný vůči Měsíci. Jelikož se Země otáčí rychleji, příliv se vůči ní pohybuje. Ve skutečnosti ho Země trochu odnáší s sebou: vrchol přílivu předbíhá Měsíc o zhruba 3° . Tím, jak unáší příliv, se Země zpomaluje. Přílivové elektrárny pak získávají energii z toho, že ho v daném místě ještě více posunou.

Podívejme se ještě na další, poněkud fantastičtější způsob. Ukotvíme velmi pevné a dlouhé lano k Měsíci. Na jeho druhý konec připevníme vlak, který pojedje po kolejích tvaru kružnice se středem v ose rotace Země. Takto ukotvený vlak by stál vůči Měsíci a Země by se pod ním protáčela. Na kola vlaku by pak byly připojené generátory, které by vyráběly elektřinu. Pro zvýšení přenášené síly by se mohlo jednat o zubačku. Pravděpodobně by nebylo nejlepší umísťovat železnici na rovník, kde by byla rychlost vlaku největší. Rychlost vlaku (a tažného lana) by zde byla 460 m/s , což přesahuje rychlost zvuku a odpor vzduchu by dělal pořádnou neplechu. Nehledě na to, že by se železnice špatně stavěla přes oceán. Kdybychom chtěli, aby měl vlak rychlost příjemných 10 m/s , museli bychom postavit železnici ve tvaru kružnice o poloměru 140 km se středem na pólu. K tomu by se výborně hodila Antarktida. Problémem by pak už bylo ukotvení v ledu, časté sněžení a především výstřednost dráhy Měsíce (museli bychom použít dostatečně pružné lano). Výkon takové elektrárny by závisel na vlastnostech použitých materiálů. Když nebudeme uvažovat nad vlastnostmi lana, které si netroufáme odhadovat, samotný vlak by byl určitě schopen dodávat pár gigawattů (velmi hrubý odhad).

Zákon zachování momentu hybnosti nám bohužel nedovoluje těžit rotační energii Země, aniž bychom měnili její tvar či hmotnost. Další možností tedy je postavit vysoký výtah do vesmíru a posílat po něm závaží nahoru. Pro dostatečně vysoký výtah by byla práce vykonaná odstředivou silou větší než energie potřebná k překonání gravitačního potenciálu. Dále uvažujeme výtah se základnou na rovníku. Spočítejme, jaká by byla minimální výška výtahu, aby získaná energie byla kladná. Integrál

$$\int_{R_0}^{R_1} \left(mr\omega^2 - \frac{GMm}{r^2} \right) dr = m \left(\frac{1}{2}\omega^2 (R_1^2 - R_0^2) - GM \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1} \right) \right),$$

kde R_0 je poloměr Země, R_1 je vzdálenost konce výtahu od středu Země, ω je úhlová rychlost Země, G je gravitační konstanta a M je hmotnost Země, udává, jakou práci vykoná těleso o hmotnosti m při cestě ze Země na horní konec. Položíme-li tento výraz rovný nule a vyřešíme-li pro R_1 , získáme minimální výšku výtahu. Ta vychází přibližně $1,5 \cdot 10^8 \text{ m}$.

Pro získání co největší možné energie bychom chtěli co nejvyšší výtah. Bohužel v okolí $3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$ se pohybuje Měsíc, který by nám výtah mohl bořit. Pro $R_1 = 3 \cdot 10^8 \text{ m}$ by jedno závaží o hmotnosti $m = 1 \text{ kg}$ vyrobilo energii 178 MJ . Pro výkon 1 GW bychom nahoru museli posílat $5,6 \text{ kg}$ hmoty za sekundu. V tomto směru by bylo asi nejjednodušší využít vodu, které je v okolí rovníku dostatek. Po dosažení horního konce bychom tam hmotu mohli skladovat, to by nám ale příliš napínalo náš výtah. Proto bychom ji jednoduše vypustili a ona by opustila

gravitační pole Země, nebo skončila na Měsíci.

Jáchym Sýkora
jachym@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky UK MFF, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.