

ĎALŠIE SERIÓZNE VEDECKÉ ODPOVEDE
NA ABSURDNÉ HYPOTETICKÉ OTÁZKY



ikAR

Čo keby? 2



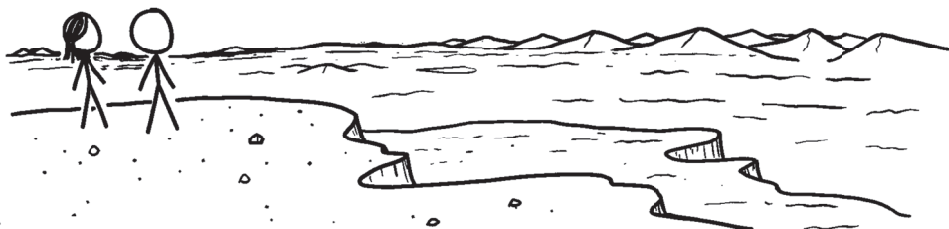
Randall Munroe

POKRAČOVANIE BESTSELLERA ČO KEBY?

Randall Munroe



Čo keby? 2



Preložil Róbert Hrebíček

IKAR

Čo keby? 2

ĎALŠIE SERIÓZNE VEDECKÉ ODPOVEDE

Čo keby? 2

NA ABSURDNÉ HYPOTETICKÉ OTÁZKY

RANDALL MUNROE

IKAR



Randall Munroe

WHAT IF? 2

Copyright © 2022 by xkcd inc.

Translation © 2024 by Róbert Hrebíček

Jacket illustrations: Randall Munroe

Slovak edition © 2024 by IKAR, a.s.

ISBN 978-80-551-9279-6

Otázky

ÚVOD	9
1. Polievkopiter	13
2. Cesta vrtuľníkom	18
3. Nebezpečný chlad	23
4. Vyparovanie železa	28
5. Vesmírny výlet autom	34
6. Kreslo zdvíhané holubmi	38
S STRUČNÉ ODPOVEDE Č. 1	42
7. Kalórie pre tyranosaura	49
8. Gejzír	52
9. Pif-paf	55
10. Prečítajte všetky knihy	59
U ULETENÉ (A PREDSA ZNEPOKOJIVÉ) OTÁZKY Č. 1	63
11. Kostoly plné banánov	64
12. Chyťte ju!	67
13. Schudnite pomalým a nesmierne náročným spôsobom	71
14. Vymaľujte Zem	78
15. Do mesta prichádza Jupiter	82
16. Hviezdny piesok	86
17. Hojdačka	90
18. Lietadlový katapult	95
S STRUČNÉ ODPOVEDE Č. 2	100
19. Pomalá dinosauria apokalypsa	110
20. Svetý z prvkov	115

21. Sekundový deň	120
22. Budova s miliardou poschodí	123
23. Súdny spor o dva sextilióny dolárov	132
24. Vlastníctvo hviezd	136
25. Guma z pneumatík	140
26. Plastové dinosaury	143
S STRUČNÉ ODPOVEDE Č. 3	147
27. Nasávacie akvárium	155
28. Zemské oko	161
29. Ako postaví Rím za deň	166
30. Rúrou na dno Mariánskej priekopy	171
31. Drahá škatuľa na topánky	176
32. MRI kompas	180
33. Zlomok predkov	184
34. Vtákoautomobil	188
35. NASCAR bez pravidiel	192
U ULETENÉ (A PREDSA ZNEPOKOJIVÉ) OTÁZKY Č. 2	197
36. Elektronkový smartfón	198
37. Laserový dáždík	204
38. Ako zjesť oblak	207
39. Západ slnka pre vysokých	211
40. Láková lampa	214
41. Sifyfovské chladničky	218
42. Hladina alkoholu v krvi	222
43. Zem ako basketbalová lopta	226
44. Pavúky verzus Slnko	229

45. Ako vdýchnuť človeka	232
46. Ako drvením cukríkov vyvolať blesky	235
S STRUČNÉ ODPOVEDE Č. 4	238
47. Vyhrievanie hriankovačmi	246
48. Protónová Zem, elektrónový Mesiac	248
49. Očná guľa	253
50. Keď si Japonsko odskočí	256
51. Oheň z mesačného svetla	261
52. Ako prečítať všetky zákony	267
U ULETENÉ (A PREDSA ZNEPOKOJIVÉ) OTÁZKY Č. 3	274
53. Bazén so slinami	275
54. Snehová guľa	280
55. Niagarské vodopády v slamke	284
56. Chôdza naspäť v čase	289
57. Amoniak cez rúrku	296
58. Hasičská tyč z Mesiaca na Zem	299
S STRUČNÉ ODPOVEDE Č. 5	310
59. Zasnežená Zem	317
60. Premnoženie psov	320
61. Na povrch Slnka	326
62. Ochranný krém	330
63. Prechádzka po Slnku	335
64. Citrónové dropsy a želé	341
POĎAKOVANIE	347
PRAMENE	349
REGISTER	361

Vylúčenie zodpovednosti

Nič z opísaného neskúšajte doma.

Autor tejto knihy je tvorca internetových kreslených vtipov, nie odborník na zdravie ani na bezpečnosť.

Páči sa mu, keď čosi vzbĺkne alebo vybuchne, čo znamená, že nekoná vo vašom najlepšom záujme. Vydavateľ a autor vylučujú zodpovednosť za akékoľvek nežiaduce následky, ktoré priamo alebo nepriamo nastali po využití informácií uvedených v tejto knihe.

Úvod

Mám rád absurdné otázky, pretože od nikoho sa neočakáva, že na ne bude poznať odpovede, čo znamená, že byť zmätený je v poriadku.

Na vysokej škole som študoval fyziku, preto by som toho mal poznať veľa, napríklad hmotnosť elektrónu, alebo vedieť povedzme, prečo sa človeku vzpriamia vlasy, keď si o ne bude triet balón. Ak sa ma spýtate, koľko váži elektrón, premkne ma mierna úzkosť ako na začiatku neohláseného vedomostného testu. V prípade, že nebudem poznať odpoveď bez toho, aby som si ju vyhľadal, si totiž spôsobím problémy.

Ak mi však položíte otázku, koľko vážia všetky elektróny v tele delfína skákavého, nastane iná situácia. Toto číslo nevie naspamäť azda nikto – jedine, že by mal naozaj skvelé zamestnanie –, preto je v poriadku cítiť sa zmätený, pripadať si hlúpo a venovať čas vyhľadaniu informácií. (Keby sa vás na to niekto spýtal, odpoveď je vyše 0,2 kilogramu).

Niekedy sa ukáže, že odpovede na jednoduché otázky sú nečakane ťažké. *Prečo* človeku stoja vlasy dupkom, keď si o ne trie balón? Zvyčajná odpoveď z hodiny fyziky je, že z vlasov na balón sa prenášajú elektróny, následkom čoho vlasy zostanú kladne nabité. Navzájom sa odpudzujú a vzpriamujú.

Ibaže... prečo elektróny prechádzajú z vlasov na balón? Prečo nejdú opačným smerom?

Je to vynikajúca otázka, na ktorú nikto nepozná odpoveď. Fyzici nepredložili presvedčivú všeobecnú teóriu, prečo sa niektoré materiály pri kontakte s ďalšími zbavujú povrchových elektrónov, zatiaľ čo iné látky ich priberajú. Tento efekt, známy ako triboelektrický jav, predstavuje predmet súčasného výskumu.

K odpovediam na seriózne aj hlúpe otázky možno dospieť vďaka rovnakým vedeckým informáciám. Triboelektrický jav je dôležitý napríklad na pochopenie vzniku bleskov počas búrok. K počítaniu subatómových častíc v organizmoch sa zasa vedci uchýľujú pri modelovaní nebezpečenstva súvisiaceho so žiarením. Ak sa pokúsite odpovedať na hlúpe otázky, zoznámite sa so serióznou vedou.

Aj keby odpovede vôbec neboli užitočné, oboznamovanie sa s nimi prináša zábavu. Kniha, ktorú držíte v rukách, váži asi tolko ako elektróny vo dvoch delfínoch skákavých. Táto informácia vám pravdepodobne nebude nanič, napriek tomu však dúfam, že vám urobila radosť.



Čo keby? 2

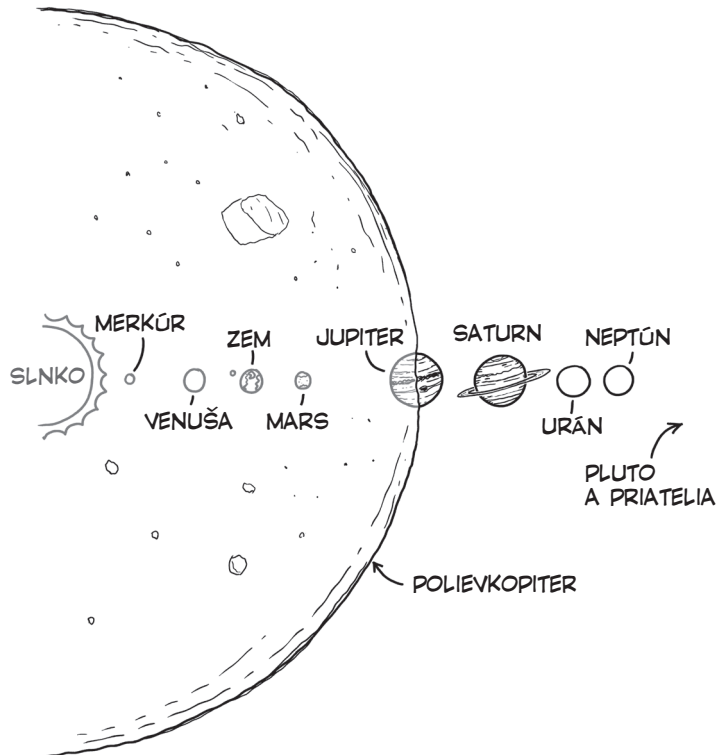
1. POLIEVKOPITER



Čo by sa stalo, keby slnečnú sústavu
až po Jupiter vyplňala polievka?

Amelia, 5 rokov

Skôr ako zalejete slnečnú sústavu polievkou, ubezpečte sa, prosím, že ju všetci opustili a sú v bezpečí.

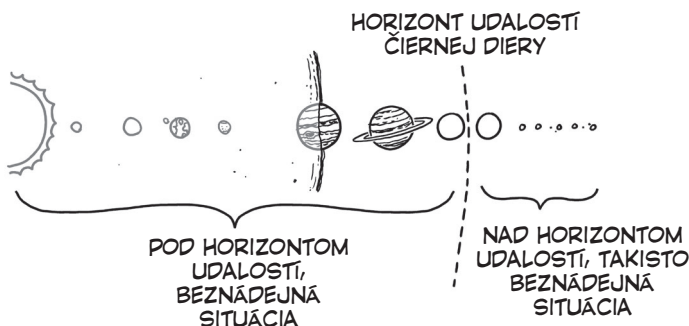


Keby slnečnú sústavu až po Jupiter zaplnila polievka, pre niektorých ľudí by niekoľko minút bolo všetko v poriadku. Ďalšiu polhodinu by pre nikoho nebolo v poriadku nič. Potom by prestal plynúť čas.



Na zalatie slnečnej sústavy by bolo treba asi 2×10^{39} litrov polievky. Keby bola paradajková, počet kilokalórií by dosiahol približne 10^{42} , čo je viac energie, ako sa uvoľnilo zo Slnka počas celej jeho existencie.

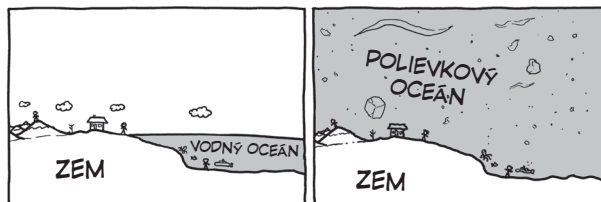
Polievka by bola taká ťažká, že jej obrovskej gravitácii by nič neuniklo. Bola by to čierna diera. Jej horizont udalostí – oblasť, kde by bola gravitácia taká silná, že čiernu dieru by neopúšťalo ani svetlo – by siahla po obežnú dráhu Urána. Pluto by sa spočiatku nachádzalo nad horizontom udalostí, to však neznamená, že by vyviazlo. Dostalo by šancu vyslať rádiovú správu, ale potom by ho vtiahla čierna diera.



Ako by polievka vyzerala pri pohľade zvnútra?

Na povrchu Zeme by ste nechceli stáť. Aj keby sme predpokladali, že polievka by rotovala synchronne s planétami slnečnej sústavy a okolo každej z nich by vytvárala

malé víry, takže v miestach, kde by sa dotýkala ich povrchu, by sa nehýbala, tlak spôsobený gravitáciou Zeme by všetkých do niekoľkých sekúnd rozdrvil. Gravitácia Zeme síce nie je taká silná ako gravitácia čiernej diery, no bohato by stačila, aby priťahla polievkový oceán, ktorý by vás rozmiaždil. To totiž vplyvom gravitácie našej planéty dokáže aj tlak bežných, vodných oceánov a Ameliina polievka by bola oveľa hlbšia ako ony.



Keby ste sa vznášali medzi planétami, mimo dosahu gravitácie Zeme, chvíľu by ste boli v poriadku, čo pôsobí zvláštne. Hoci by vás totiž polievka neusmrtila, nachádzali by ste sa v čiernej diere. Nemali by ste okamžite zomrieť na... niečo?

Napočudovanie, nie. Zvyčajne platí, že ak sa človek priblíži k čiernej diere, slapové sily ho roztrhajú. V prípade väčších čiernych dier sú však slabšie a tá naša by dosahovala asi päťstotinu hmotnosti Mliečnej cesty. Bol by to obor aj na astronomické pomery – jeho veľkosť by sa dala porovnať s veľkosťou najväčších čiernych dier. Ameliina superhmotná čierna diera by bola taká veľká, že na rozličné časti vášho tela by pôsobila približne rovnaká gravitácia, takže slapové sily by ste necítili.



Hoci gravitáciu polievky by ste necítili, zrýchľovala by váš pohyb a okamžite by ste začali smerovať k stredu. Za prvú sekundu by ste prekonalí dvadsať kilometrov

a napredovali by ste rýchlosťou štyridsať kilometrov za sekundu, teda rýchlejšie než väčšina vesmírnych lodí. No keďže polievka by padala spolu s vami, nezdalo by sa vám, že čosi nesedí.



Kým by sa polievka rútila k stredu slnečnej sústavy, jej molekuly by sa k sebe približovali a tlak by stúpал. Kým by však dosiahol hodnotu, ktorá by vás rozdrvila, prešlo by niekoľko minút. Keby ste cestovali v akomsi polievkovom batyskafe, tlakovej nádobe, aká sa používa na prieskum hlbokých oceánskych priekop, prežili by ste desať až pätnásť minút.

Na to, aby ste unikli z polievky, by ste nemohli urobiť nič. Všetko v nej by smerovalo dovnútra, k singularite. Vo vesmíre, na aký sme zvyknutí, nás čosi ťahá vpred naprieč časom, pričom ho nemôžeme zastaviť ani zvrátiť. Pod horizontom udalostí čiernej diery čas v istom zmysle prestáva plynúť vpred a začína smerovať dovnútra. Všetky časové osi sa zbiehajú k stredu.

Z hľadiska nešťastného pozorovateľa vnútri čiernej diery by trvalo asi polhodinu, kým by polievka a všetko v nej spadli do stredu. Potom by sa naša definícia času – a naše chápanie fyziky vo všeobecnosti – rozpadla.

Mimo polievky by čas naďalej plynul a nastávali by problémy. Polievková čierna diera by začala vťahovať zvyšok slnečnej sústavy – takmer okamžite by pohltila Pluto a krátko nato by nasledoval Kuiperov pás. V priebehu ďalších niekoľko tisíc rokov by čierna diera prešla veľký kus Mliečnej cesty, prehltala by hviezdy a všetkými smermi by rozhadzovala ďalšie.



Zostáva ešte jedna nezodpovedaná otázka: Aká polievka to vlastne je?

Ak Amelia vyplní slnečnú sústavu, v ktorej sa pohybujú planéty, vývarom, bude to planetárna polievka? Ak v nej už budú rezance, stane sa polievkou s planétami a rezancami alebo planéty poslúžia ako krutóny? Ak pripravíte rezancovú polievku a niekto do nej nahádže kamene a špinu, bude to polievka s rezancami a so špinou alebo iba rezancová polievka, ktorú ktosi znečistil? Vyplýva z prítomnosti Slnka, že je to hviezdna polievka?

Internet zbožňuje hádky o kategorizácii polievok. V tomto prípade môže spory, našťastie, ukončiť fyzika. Odborníci sa totiž domnievajú, že čierne diery neuchovávajú charakteristiky hmoty, ktorú pohltia. Fyzici v tejto súvislosti tvrdia, že čierne diery nemajú vlasy (*no-hair theorem*), čiže vlastnosti, na základe ktorých by sa dali diferencovať alebo definovať. Všetky sú rovnaké a líšia sa iba hrstkou jednoduchých veličín ako hmotnosť, spin či elektrický náboj.

Inými slovami, nezáleží na tom, aké prísady použijete na prípravu polievky v podobe čiernej diery. Výsledok vždy bude rovnaký bez ohľadu na recept.

PÁN ČAŠNÍK, V POLIEVKE MÁM VLAS.

VYLÚČENÉ.
ČIERNE DIERY NEMAJÚ VLASY.



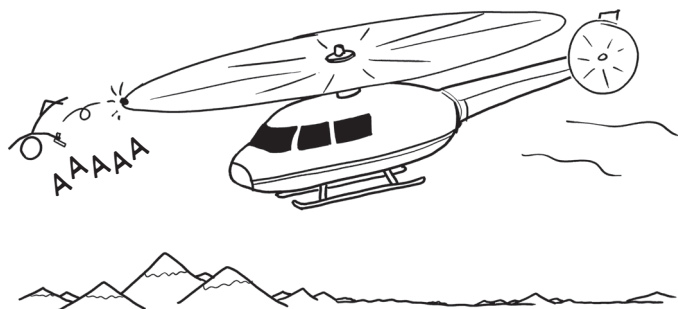
2. CESTA VRTUĽNÍKOM



Čo keby ste za ruky viseli na liste rotora helikoptéry
a niekto by ho rozkrútil?

Corban Blanset

Možno si predstavujete takúto skvelú filmovú akčnú scénu:

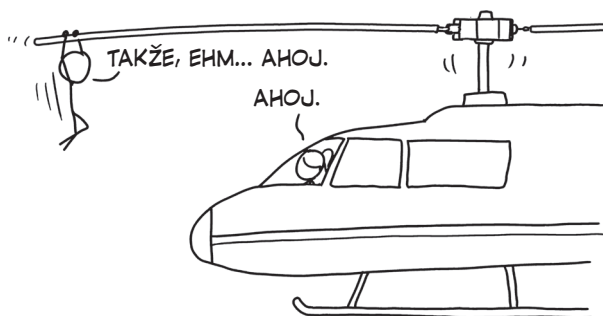


V tom prípade však budete sklamaní, pretože v skutočnosti by sa stalo skôr toto:



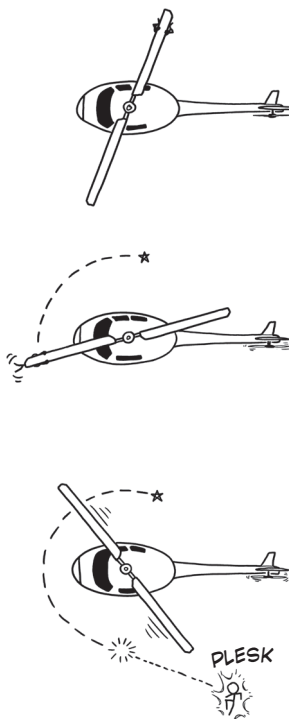
Na to, aby sa rotor vrtuľníka naplno rozkrútil, treba istý čas. Keď sa rozhýbe, prvú úplnú otáčku urobí za desať až pätnásť sekúnd. Najskôr by ste teda mali

nepríjemne dlhý čas na nadviazanie očného kontaktu s pilotom a potom by ste mu zmizli z dohľadu.



Pravdepodobne už nebudete musieť prejsť popred pilota druhý raz, pretože zahánbujúco rýchlo spadnete.

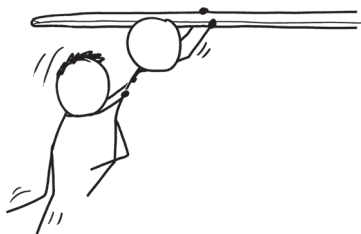
Držať sa hladkého povrchu listu by bolo ťažké už vtedy, keby sa nehýbal, no aj keby ste si našli pohodlné záchytné miesto, zovretie by ste asi povolili ešte skôr, ako by list dokončil prvú otáčku.



Listy rotora vrtuľníka sú pomerne veľké, preto sa zdá, že sa otáčajú pomalšie ako v skutočnosti. Nie sme zvyknutí na to, aby sa rozmerné objekty pohybovali tak rýchlo. Keď helikoptéra stojí na pristávacej ploche, javí sa jemná ako kolotoč nad detskou postielkou. Keby ste sa však pokúsili udržať na konci rotora, zistili by ste, že vás prekvapujúco silno vymrští nabok.

Od chvíle, keď sa rotor rozhýbe, do okamihu, keď vykoná polovicu prvej otáčky, uplynie päť až desať sekúnd. Keby ste sa ho držali, v tom čase by ste sa už nápadne vychyľovali nabok a cítili by ste ďalších päť až deväť kilogramov tiaže, ktorých príčinou by bola odstredivá sila. Rotory väčšiny vrtuľníkov sú, našťastie, umiestnené blízko pri zemi, takže pád by ste pravdepodobne prežili s menšími poraneniami a otrasenou dôstojnosťou.

Keby sa vám podarilo udržať na liste, situácia by sa rýchlo zhoršila. Len čo by list spravil prvú úplnú otáčku*, veľkosť odstredivej sily by prekonalala veľkosť gravitácie, preto by ste sa výrazne vychyľovali nabok. Táto sila by zodpovedala tiaži ďalšieho človeka, ktorý by na vás visel.



Aj keby ste list zvierali veľmi pevne, asi by vám robilo problém udržať sa na ňom. Keby ste sa chceli otáčať spolu s rotorom, museli by ste vymyslieť systém, vďaka ktorému by vaše ruky nestratili kontakt s listom.

* Rozhodne si zvolte vrtuľník s dostatočnou medzerou medzi vyrovnávacím a nosným rotorom, inak budete musieť v správnom čase robiť zhyby.

MÁTE UŽ PO KRK TOHO, ŽE SA VÁM TO
STÁVA, VŽDY KEĎ SA CHCETE UDRŽAŤ
NA LISTE ROTORA VRTUĽNÍKA?

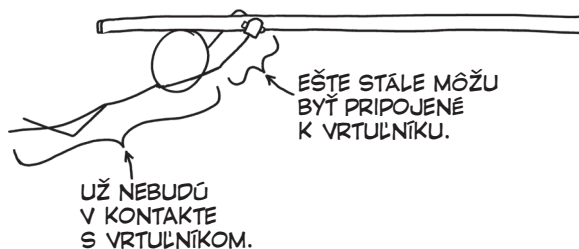


VYSKÚŠAJTE NAŠE NOVE
UKOTVENIA RÚK OD XY



UKOTVENIA RÚK OD XY:
PREČO BY ICH NIEKTO KUPOVAL?™

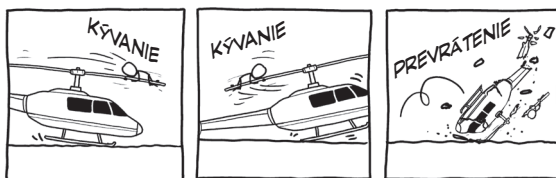
Keby rotor zrýchľoval normálnym tempom a vy by ste nejakým spôsobom zostali prichytení, po ďalšej úplnej otáčke by ste sa vychyľovali takmer priamo nabok a vaše ruky by museli uniesť mnohonásobok vašej telesnej hmotnosti. Keby ste takto vydržali dvadsať sekúnd, rotor by už robil jednu otáčku za sekundu a na ruky by vám pôsobila niekoľkotonová sila. Po tridsiatich sekundách by ste aj tak stratili kontakt s helikoptérou. Keby vaše ruky zostali ukotvené k rotoru, už by netvorili súčasť vášho tela.



Tento zážitok by pre helikoptéru nebol o nič príjemnejší ako pre vás. Rotor by už nezrýchľoval tak ako pri normálnom štarte. Koniec koncov, keby takáto veľká sila

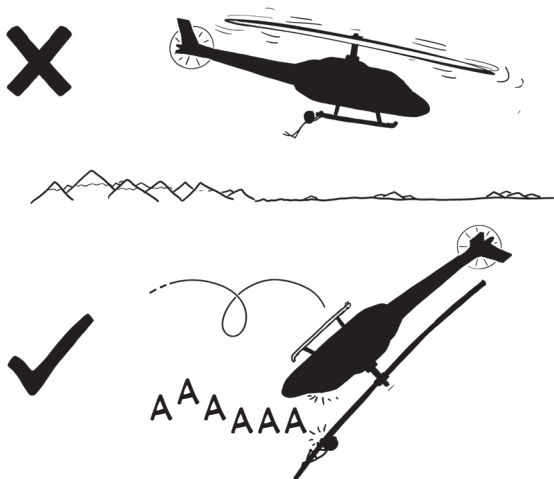
pôsobila na ruky, musela by účinkovať aj na vrtuľník. List rotora je navrhnutý tak, aby zvládol niekoľkotonové napätie, ktoré je však starostlivo rozložené medzi listy. Keby jeden list vyvíjal väčšiu silu ako ostatné, helikoptéra by sa kývala dopredu a dozadu ako nevyvážená práčka.

Pridaním niekoľkých desiatok gramov k základni listu možno zapríčiniť (alebo neutralizovať) nepríjemne silné vibrácie. Závažie vo veľkosti človeka pripojené ku koncu listu by spôsobilo, že vrtuľník by sa prevrátil a rozpadol dávno predtým, ako by nabral rýchlosť.



Keď sa to tak vezme, možno by z toho bola skvelá filmová akčná scéna. Napríklad taká, v ktorej lotor uniká na helikoptére, no hrdina sa rozbehne, vyskočí a zostane visieť na lyžinách.

Keby hrdina naozaj chcel zabrániť lumpovi v úteku...



... mal byť sa chytiť trochu vyššie.

3. NEBEZPEČNÝ CHLAD



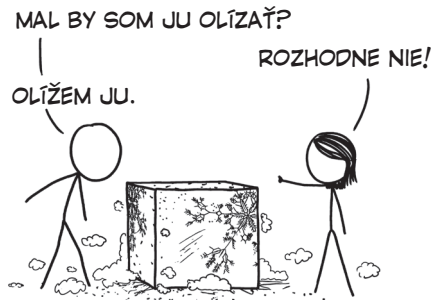
Hrozilo by človeku nebezpečenstvo,
keby stál pri veľkom telese s teplotou 0 kelvinov?

Christopher

Rozhodli ste sa, že do obývačky si prinesiete ultrachladnú železnú kocku.



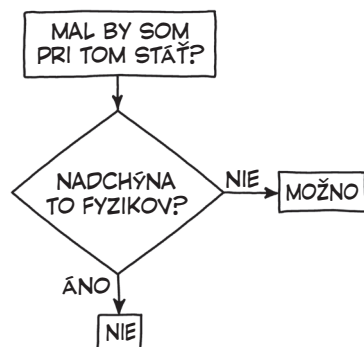
Predovšetkým sa jej nedotýkajte. Ak odoláte nutkaniu urobiť to, pravdepodobne neutrpite nijakú bezprostrednú ujmu.



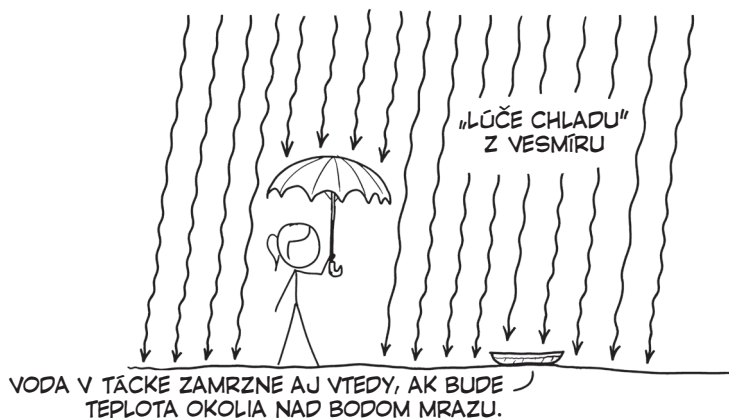
Studené a horúce veci sú odlišné. ^[treba čítať] Ak sa postavíte k horúcemu predmetu, môže vás veľmi rýchlo usmrtiť – ak sa chcete dozvedieť viac, nalistujte si prakticky ktorúkoľvek náhodne zvolenú stranu v tejto knihe –, no ak zotrúvate v blízkosti chladného objektu, nezamrznete okamžite. Horúce predmety uvoľňujú tepelné žiarenie, ktoré rozhorúči veci v ich okolí, zatiaľ čo studené objekty ho neemitujú. Jednoducho existujú.

Hoci chladné teleso nevydáva žiarenie, môže vám byť zima, pretože chýba tepelné žiarenie. Rovnako ako všetky teplé objekty aj vaše telo ustavične emituje teplo. Máte však šťastie, pretože všetko okolo vás, napríklad nábytok, steny a stromy, takisto uvoľňuje teplo a toto prichádzajúce žiarenie čiastočne kompenzuje stratu tepla. Izbovú teplotu zvyčajne mериame v stupňoch Celzia alebo Fahrenheita, no keby sme termostaty prekalibrovali na kelviny, ukázalo by sa, že väčšina vecí v miestnosti má približne rovnakú absolútnu úroveň tepla – keďže všetky dosahujú dvestopäťdesiat až tristo kelvinov – a vyžaruje ho.

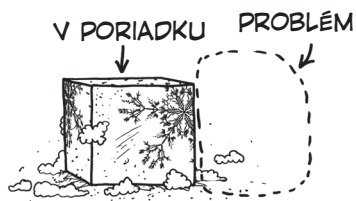
Keď stojíte pri čomsi, čo má oveľa nižšiu teplotu ako izbovú, teplo, ktoré daným smerom strácate, nekompenzuje prichádzajúce teplo, preto príslušná strana vášho tela chladne oveľa rýchlejšie. Z vášho hľadiska sa zdá, že studený predmet vyžaruje chlad.



Toto „chladové žiarenie“ môžete pocítiť, keď počas letnej noci zdvihnete zrak k hviezdám. Na tvár vám bude zima, pretože telesné teplo bude unikať do vesmíru. Ak si výhľad na oblohu znemožníte dáždnikom, bude vám teplejšie, akoby tento predmet „blokoval chlad“ prichádzajúci z oblohy. Pre efekt „chladnej oblohy“ môže teplota predmetov klesnúť pod teplotu okolitého vzduchu. Ak pod jasnou oblohou necháte tácku s vodou, v noci môže zamrznúť na ľad aj v prípade, že teplota vzduchu nedosiahne bod mrazu.

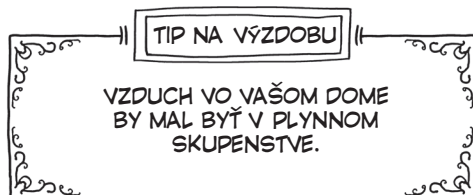


Ak budete stáť pri kocke, bude vám zima, no nie veľmi – problém určite vyrieši kvalitný zimný kabát. Skôr ako sa však rozbehnete po kryogénnu kocku, musíme sa porozprávať o vzduchu.

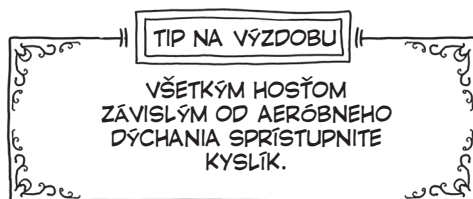


Studené predmety môžu spôsobovať kondenzáciu vzduchu a nasledujúce hromadenie kvapalného kyslíka na svojom povrchu v podobe akejsi rosy. Ak sú dostatočne chladné, môžu ho dokonca zmraziť na tuhé skupenstvo. Technici pracujúci so studeným priemyselným vybavením musia dávať pozor na akumuláciu kyslíka, pretože

v kvapalnom skupenstve je veľmi nebezpečný. Je vysoko reaktívny a neraz zapríčiňuje spontánne vznietenie horľavých materiálov. Veľmi chladný objekt teda môže spôsobiť požiar v dome.



Jedným z najväčších nebezpečenstiev ultrachladných materiálov je to, že často nechcú zostať ultrachladné. Keď sa kvapalný dusík alebo suchý ľad zohrejú a premenia na plyn, značne zväčšia svoj objem, pričom často vytlačia z miestnosti bežný vzduch. Vedro s kvapalným dusíkom sa môže premeniť na veľké množstvo plyného dusíka, ktorý vyplní izbu, čo je zlá správa pre všetkých, ktorí dýchajú kyslík.



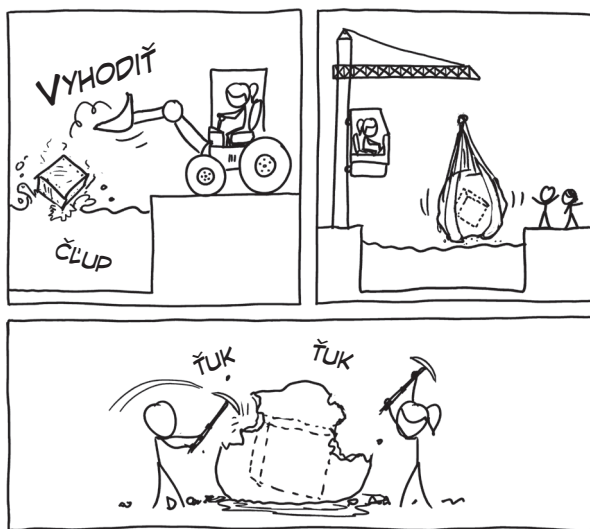
Našťastie, železo má pri izbovej teplote tuhé skupenstvo, preto sa nemusíte obávať, že železná kocka sa vyparí. Ak sa jej nebudete dotýkať, zabránite tomu, aby kyslík na jej povrchu prichádzal do kontaktu s čímkoľvek horľavým, a oblečiete si zimný kabát, pravdepodobne sa vám nič nestane.

ROZHODLI STE SA, ŽE ZAMRZNUTÚ KOCKU NEHCETE

Kým sa kocka zohreje, uplynie veľmi dlhý čas. Kryogénnu teplotu si udrží celé dni – bude síce prijímať teplo z miestnosti, no zostane taká chladná, že bude schopná zmraziť vzduch. Aj keby ste otvorili okná a nastavili kotol ústredného kúrenia na maximálny výkon, aby ste čo najväčšími zohriali okolitý vzduch, potrvá aspoň týždeň, kým kocka dosiahne izbovú teplotu.

Mohli by ste to urýchliť tak, že by ste ju obklopili desiatkou teplometov – s pomocou elektrikára, pretože inak by vám vyskočili všetky ističe v dome –, aj tak by sa však zohrievala niekoľko dní.

Keby ste chceli zohrievanie kocky urýchliť, mohli by ste ju oblievať vodou. Tá by sa okamžite premieňala na ľad, ktorý by ste mohli odsekať a vyhadzovať. Časť tepla vody by naozaj prechádzala do železa. Asi by ste potrebovali niekoľko vaní vody, touto metódou by ste však teplotu kocky zvýšili na primeranú úroveň rýchlejšie.



Keď železo dosiahne izbovú teplotu, stane sa jedným z bežných predmetov vo vašom dome. Jeho umiestnenie vám hádam vyhovuje – ak nie, vzhľadom na to, aké náročné by bolo presunúť osemtonovú kocku s hladkým povrchom, možno urobíte lepšie, ak sa radšej presťahujete vy.



Ak sa nechcete sťahovať a hľadáte iný spôsob, ako sa zbaviť železnej kocky, uvedomte si, že sa môžete pokúsiť dodať jej ďalšie teplo.

Aby ste zistili, čo sa stane, keď to urobíte, prejdite na nasledujúcu kapitolu.

4. VYPAROVANIE ŽELEZA



Čo keby sme nejako vyparili
tuhý blok železa na zemi?

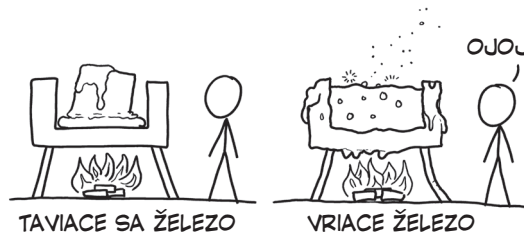
Cooper C.

Rozhodli ste sa, že na dvore za domom vyparíte železnú kocku s metrovou stranou.



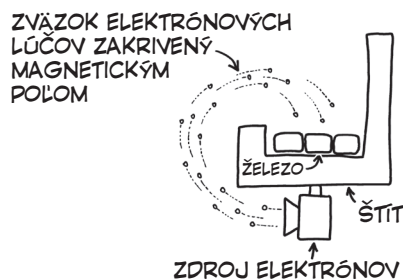
Železo môže vriet a vyparovať sa ako čokoľvek iné, no keďže má takú vysokú teplotu varu – okolo tritisíc stupňov Celzia –, v každodennom živote to nevidáme často.

Na to, aby ste priviedli do varu vodu, nalejete ju do hrnca a budete ho zohrievať, kým jej teplota nedosiahne sto stupňov Celzia. Priviesť do varu železo je zložitejšie. Z čoho by totiž mal byť vyrobený hrniec? Väčšina kovov má teplotu tavenia nižšiu ako železo, takže vriace železo by ste v nich neudržali – roztavili by sa skôr, ako by železo začalo mierne vriet.



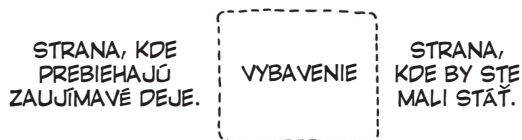
Existuje niekoľko prvkov, ktoré zostávajú v tuhom skupenstve aj mierne nad teplotou tavenia železa, napríklad volfrám, tantal či uhlík, ale keby ste ich chceli použiť na udržanie vriaceho železa, natrafili by ste na problémy. Priviesť železo do varu a zabrániť, aby nádoba prekročila teplotu tavenia, je v praxi zložité, navyše by nastali aj ďalšie ťažkosti. Železo je z chemického hľadiska problémové – keď sa roztaví, má tendenciu reagovať s nádobou a vytvárať zlúčeniny.

Keď chcú ľudia vypariť železo v reálnom živote*, zvyčajne ho neumiestnia nad zdroj tepla. Použijú buď indukčný ohrev, aby železo zohriali pôsobením elektromagnetických polí, alebo zväzky elektrónových lúčov, aby ho vyparovali po trochách. Skvelým aspektom týchto zväzkov je, že na ich zakrivenie možno použiť magnetické pole, vďaka čomu vzrušujúce a nebezpečné dianie nastáva na druhej strane železa, kde sa nenachádza vybavenie náchylné na poškodenie.



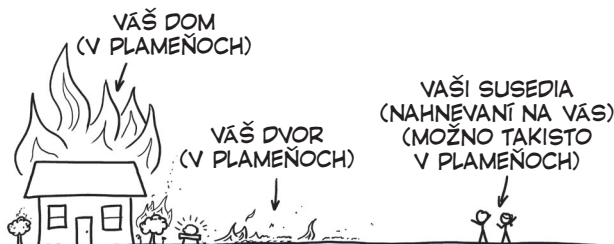
Určite by ste mali stáť na strane prístroja, ktorá je vybavená štítom, pretože na strane, kde sa vyparuje železo, bude vyletúvať veľké množstvo vysokoenergetických častíc. Pravidlo *Nestoje na strane, kde sa dejú fyzikálne pokusy* vám poslúži ako vhodné všeobecné usmernenie pri práci s akýmkoľvek vedeckým vybavením.

VŠEOBECNÁ BEZPEČNOSTNÁ SCHÉMA VEDECKÉHO VYBAVENIA



* Zvyčajne s cieľom použiť výpary na pokovovanie, no niekedy možno len z trucu.

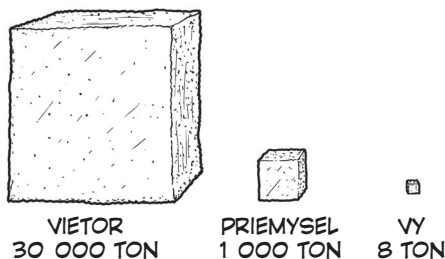
Keď si zostavíte prístroj na vyparovanie železa, radšej od neho odstúpte, lebo premena kocky s metrovou stranou si vyžiada asi šesťdesiat gigajoulov energie. Ak sa železo bude vyparovať tri hodiny, váš prístroj dosiahne zhruba rovnaký celkový vykurovací výkon ako zúriaci požiar domu.*Nepýtali ste sa však, či by sme to vedeli urobiť, ale aké by boli následky. Odpoveď je jednoduchá: váš dom a dvor by vzbĺkli. Potom by prišli hasiči a veľa ľudí by sa na vás hnevalo.



Následky v súvislosti s atmosférou pôsobia zaujímavejšie. Uvoľnili by ste do nej oblak železa s hmotnosťou osem ton. Ako by to ovplyvnilo okolie?

Na ovzdušie ako celok by to nemalo veľký vplyv. Už teraz sa v ňom nachádza veľa železa, väčšinou v podobe prachu unášaného vetrom. Veľa tohto prvku sa do atmosféry uvoľňuje aj následkom ľudských činností, najmä spaľovania fosílnych palív. Na základe odhadov, ktoré v štúdii z roku 2009 uverejnila Natalie Mahowaldová a kol., v priebehu troch hodín, počas ktorých by ste nechali vyparovať sa osemtonovú železnú kocku, by púštne vetry vyniesli do vzduchu asi tridsaťtisíc ton železa a priemyselné podniky by pridali ďalších tisíc ton.

ŽELEZO UVOĽNENÉ DO ATMOSFÉRY POČAS VÁŠHO PROJEKTU



* Ak sa do projektu pustíte v blízkosti svojho príbytku, možno zistíte, že vykurovací výkon bude zodpovedať požiaru dvoch domov.

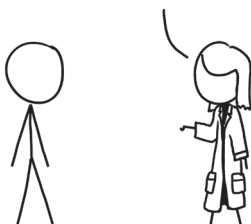
Osem ton železa by síce Zem ako celok neovplyvnili, ale čo vaši susedia? Čo okrem hasičských vozidiel by si ľudia všimli v smere vetra? Našli by po zobudení všetko pokovované?



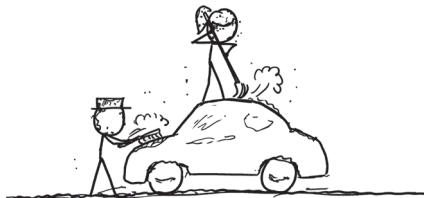
Na to, aby som získal odpovede na tieto otázky, obrátil som sa na Dr. Mahowaldovú, hlavnú autorku štúdie z roku 2009 a odborníčku na atmosférický transport kovov.

Vysvetlila mi, že keď človek uvoľní oblak železných výparov, rýchlo zreagujú s kyslíkom vo vzduchu, pričom kondenzáciou vzniknú častočky oxidov železa. „Tieto častočky ktovieako neohrozujú kvalitu vzduchu,“ vyhlásila. Ak sa ich však nahromadí dostatok, rozhodne môžu škodiť pľúcam. Nemusí to nevyhnutne súvisieť s vlastnosťami špecifickými pre oxidy železa, iba s tým, že pľúca sa vyvinuli na to, aby dýchali vzduch.

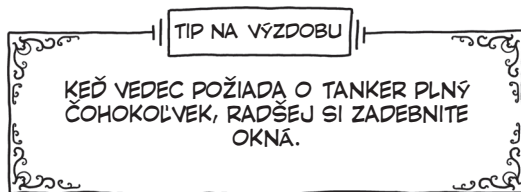
PLŮCA MAJÚ DÝCHAŤ VZDUCH.
NEEXISTUJE VEĽA INÝCH DÝCHATEĽNÝCH
VECÍ, KTORÉ TI PROSPIEVAJÚ.



Častočky oxidov železa by sa napokon v smere vetra usadili v určitej vzdialenosti od vášho domu, ale nemuseli by spôsobiť vážne problémy. „Pravdepodobne by neusmrtili nijaký organizmus,“ vysvetlila Dr. Mahowaldová. „Na súši sa už nachádza veľa železa.“ No dodala, že keby sa nahromadil dostatok týchto častočiek, mohli by pokryť vegetáciu tak ako po výbuchu sopky vrstvy popola v smere vetra.



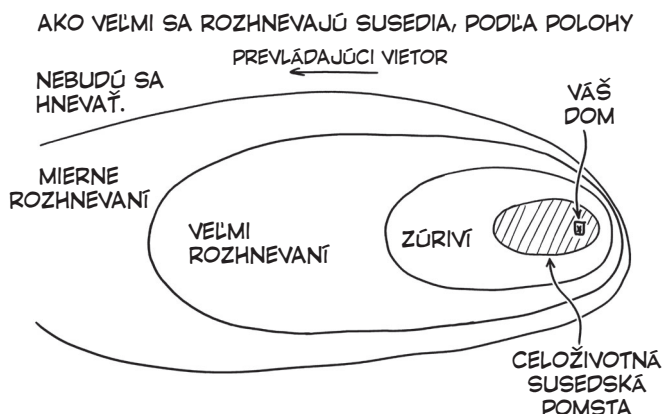
Dr. Mahowaldová uviedla, že vyparené železo by prispievalo ku klimatickej zmene – absorbovalo by malé množstvá slnečného svetla a vyžarovalo by ich v podobe tepla. Železo v atmosfére by však mohlo klimatickú zmenu aj spomaľovať – zúrodňovalo by oceán a podporovalo by rast rias, ktoré pohlcujú CO_2 z atmosféry. V roku 1988 oceánograf John Martin – svojím najlepším superlotrovským hlasom – slávne vyhlásil: „Dajte mi pol tankera železa a ja vám dám ľadovú dobu.“



Dr. Martin sa nikdy nestal superlotrom^[treba citovať] a nepokúsil sa realizovať svoj plán, no pravdepodobne by vôbec nebol fungoval. Pri neskoršom výskume sa totiž zistilo, že vyhadzovanie železa do oceána asi nepredstavuje účinný spôsob vychytávania uhlíka zo vzduchu. Znamenalo to sklamanie pre superlotrov, ktorí chcú spôsobiť ľadovú dobu, aj pre superhrdinov, ktorí túžia zastaviť globálne otepľovanie.



Ak však máte blok železa, viete, ako umožniť jeho vyparenie, a neznášate svoj dom, dvor a záhrady susedov, ktorí žijú v smere vetra, mám pre vás skvelé správy o tomto pláne.



5. VESMÍRNY VÝLET AUTOM



Keby sa vesmír v tejto chvíli prestal rozpínať,
koľko by trvalo, kým by človek v aute
dorazil na jeho okraj?

SAM H-H

Okraj pozorovateľného vesmíru leží vo vzdialenosti asi 434 000 000 000 000 000 000 000 kilometrov.

Ak budete rovnomerne napredovať rýchlosťou stopäť kilometrov za hodinu, potrvá vám to 480 000 000 000 000 000 rokov, teda $4,8 \times 10^{17}$ rokov alebo súčasný vek vesmíru krát tridsaťpäť miliónov.

Bude to nebezpečný výlet autom. Netvrdím to z dôvodu, že vo vesmíre poletujú rozličné objekty – nimi sa teraz netrápime –, ale preto, lebo riskantné je samotné šoférovanie. V Spojených štátoch amerických zažije priemerný vodič v strednom veku asi jednu smrteľnú haváriu na stošesťdesiatjeden miliónov kilometrov. Keby niekto v slnečnej sústave postavil diaľnicu, väčšina vodičov by sa dostala len po pás asteroidov. Vodiči nákladiakov, ktorí sú zvyknutí na diaľničné jazdy na dlhé vzdialenosti, dosahujú nižší počet havárií na kilometer ako bežní vodiči, no k Jupiteru by pravdepodobne nedorazili ani oni.

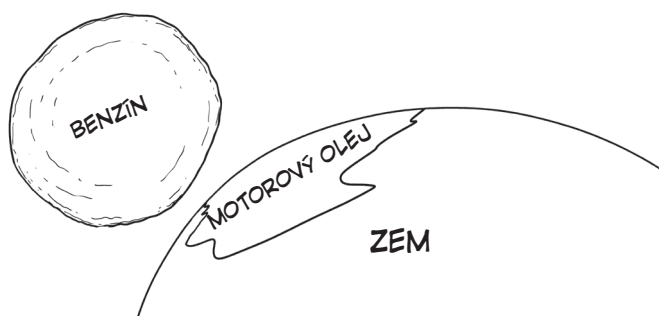


SPRING LAKE	10
PLAINVIEW	66
WICHITA FALLS	401
OKRAJ	434 000 000
POZOROVATEĽNÉHO	000 000 000
VESMÍRU	000 000



Na základe nehodovosti v Spojených štátoch možno povedať, že pravdepodobnosť, že určitý vodič precestuje štyridsaťšesť miliárd svetelných rokov bez havárie, by bola asi $1 : 10^{10^{15}}$. Zhruba to zodpovedá pravdepodobnosti, že opica na písacom stroji prepíše celú Kongresovú knižnicu bez preklepov a päťdesiat ráz za sebou. Mali by ste si zadovážiť autonómne vozidlo alebo aspoň automobil s alarmom, ktorý vás upozorní, ak vystúpite z jazdného pruhu.

Výlet by si vyžiadal veľa paliva. Ak by ste na liter prešli štrnásť kilometrov, na dosiahnutie okraja vesmíru by bolo treba guľu benzínu vo veľkosti Mesiaca.* Olej by ste museli vymeniť asi tridsať triliónov ráz a potrebovali by ste naň nádobu s objemom zodpovedajúcim Severnému ľadovému oceánu.†



Popritom by ste potrebovali 10^{17} ton občerstvenia. Hádám natrafíte na veľké množstvo medzgalaktických odpočívadiel, inak musíte mať plný kufor.



* V roku 2021 platilo, že vesmírna sonda NASA *New Horizons* prešla asi osem miliárd kilometrov, pričom rozpočet dosahoval približne osemstopäťdesiat miliónov dolárov. V prepočte to znamená sedemnást centov na 1,6 kilometra, čo prakticky zodpovedá cene benzínu a občerstvenia na výlete autom.

† V súlade s dnes už zastaraným odporúčaním treba olej vymeniť približne po každých štyritisícosemsto kilometroch, no väčšina odborníkov na automobily sa zhoduje, že je to mýtus – moderné benzínové vozidlá medzi výmenami oleja bez problémov prejdú dvoj- až trojnásobok tejto vzdialenosti.