
Není kilo jako kilo

David Novák

V Praze
Listopad 2022

1 Úvod

Tahle práce nevznikla k objasnění, zda je balónek naplněný heliem těžší než prázdný balónek. Takových otázek by šlo vymyslet nespočetně. Jde nám především o vyvrácení mylných představ, které jsou často doprovázeny s podobnými fyzikálními otázkami.

2 Teoretické vysvětlení

V první řadě je potřeba pochopit, na co se vlastně ptáme. „Co je těžší?“ Tuhle otázku lze interpretovat několika způsoby, ale všechna fyzikální vysvětlení se ve směr ptají na tíhu tělesa. To je síla definována gravitačním zrychlením g (v tomto případě gravitační zrychlení Země) a hmotností objektu m (balónek).

$$F = mg \tag{1}$$

Ptáme se tedy na velikost síly, která přitahuje objekt k zemi. Směr nás nezajímá, jelikož je pro všechna tělesa stejný, a sice směrem k zemi.¹ Necht' máme několik těles o různých hmotnostech a chceme porovnávat jejich tíhové síly. Lze si povšimnout, že gravitační zrychlení nehraje roli. Je pro všechna tělesa stejná. Z toho plyne, že větší tíha znamená větší hmotnost. Otázka se tedy redukuje na hmotnost jednotlivých objektů. Z toho také plyne, že 1kg železa je stejně těžký jako 1kg peří.

Spousta lidí ale už k této otázce špatně přistupuje. Pokud bychom na váhu položili 1kg peří v plastovém pytli, který nic neváží, a 1 kg železa, váha by nebyla vyvážená, ale ukazovala by, že je železo těžší. Tuto skutečnost si neuvědomili autoři televizní show s názvem „Limmi's show“. Na Obrázku 1 je krásně ilustrována situace, kterou si spousta lidí představí při otázce 1kg peří vs 1kg železa. To je ovšem mylná představa a na vahách nemohli mít 1kg peří a 1 kg železa. Jak to mohou vědět i bez oškubání stovek hus a návštěvy železářství? Nemám žádné nadpřirozené schopnosti, které by mi umožňovaly spočítat váhu peří, kterou vidím na obrazovce. Stejně tak nemám žádné „Inside info“ od tvůrců show.

Vím to díky teoretické fyzice, která by nefungovala v opačných případech. Na vahách nemohli mít objekty stejné hmotnosti, protože prováděli vážení na vzduchu. Dobře to ilustruje modifikovaná verze původního příkladu. Nyní bychom chtěli zvážit 1kg helia a 1 kg železa. Pomocí heliové bomby bychom nafoukli balónek (který by jako pytel na peří nic neváží) a při položení železa a balónku na váhu bychom narazili na problém. Balónek nám uletěl. Čím to ale může být? Při uvážení našeho modelu síly (1) nám vyjde, že balónek s heliem mají zápornou hmotnost, jelikož je směr jejich síly opačný oproti železu. To je ve sporu s pozorováním a balónek naplněný heliem mají skutečně kladnou hmotnost.

¹Zde se bavíme pouze o tíze tělesa, heliové balónky létají díky vztlakové síle, která je větší než tíha balónku. Tuto skutečnost diskutujeme v pozdější části kapitoly



Obrázek 1: Chybná představa otázky 1kg peří vs 1kg železa.

Realitu pochopitelně nerozsbíjíme tímto experimentem, pouze zveličujeme vztakovou sílu, kterou má vzduch v naší variantě otázky. Takže teď, když je tato skutečnost objasněná se můžeme vrátit k původní otázce „Co je těžší? Prázdný balónek, nebo balónek naplněný heliem?“ Pokud máte v plánu experiment provést a počítat objemy k určení vztakové síly, eventuelně byste došli ke správnému výsledku. Existuje ovšem jednodušší cesta přes hmotnosti.

Otázka se ptá na prázdný balónek a na balónek naplněný heliem. Nechť je hmotnost balónku m_b a hmotnost helia potřebná k naplnění balónku m_{He} . Potom si lze povšimnout, že porovnáním těchto hmotností dostaneme jasnou nerovnost.

$$m_b < m_b + m_{He} \quad (2)$$

Gravitační zrychlení jsme nemuseli brát v potaz, jelikož bychom obě strany vydělili $1/g$, což je kladné číslo a nerovnost by se nezměnila.

3 Experimentální část

Ponecháno čtenáři jako cvičení.

4 Závěr

Jednoznačně jsme ukázali, že balónek naplněný heliem je těžší než prázdný balónek. Také stojí za povšimnutí, že jsme nepotřebovali žádný experiment a opírali se pouze o fundamentální zákony fyziky.

5 Dodatky

Také jsme provedli nezávislou anketu, ze které vyplynulo, že si většina lidí myslí, že je prázdný balónek těžší. Konkrétně byl výsledek 11:6 pro prázdný balónek.

Proč si to ale lidé myslí? Největší kámen úrazu bývá vztlaková síla vzduchu, která se v mnoha praktických případech ignoruje, ale v našem případě hraje klíčovou roli. Krásným příkladem je vážení ovoce a zeleniny v supermarketu. Na potraviny působí vztlaková síla, která je úměrná objemu a hustotě vzduchu. Takže ve výsledku zaplatíte méně, než je jejich skutečná hmotnost. Obchody kvůli tomuhle faktu nezbankrotují, protože jim buď stačí navýšit cena, aby vyvážila vztlakovou sílu, nebo kupovat potraviny, které jsou jako v obchodech vážené na vzduchu.

Jediné předpoklady, které jsme k řešení použili byla definice tíhy, kladná hmotnost chemických prvků. Oba předpoklady jsou v souladu s pozorováním. Definici tíhy lze i zeslabit, jelikož v našem případě výsledek nezávisí na zrychlení. V některých případech bývá porovnávána váha objektů. Definice váhy neexistuje, ale primárně je tím myšlena jedna ze 2 možností. Tíha, se kterou jsme počítali, nebo přímo hmotnost objektů. Obě tyto definice vedou ke stejnému výsledku, který jsme prezentovali. Druhý předpoklad, který jsme použili je neexistence záporné hmotnosti. Tento předpoklad je těžší dokázat, ale gravitace je považována za univerzální interakci. Tedy působící na všechny objekty stejně podle gravitačního zákona. To vylučuje negativně hmotné částice, jelikož by se s kladnou hmotou odpuzovali a gravitační síla by již nebyla univerzální.

Pokud vás ve spojitosti s negativní hmotností napadla antihmota budu vás muset zklamat. Antihmota je látka skládající se z antičástic, mají stejnou hmotnost jako jejich částicový protějšek. Liší se především nábojem. Například antičástice elektronu je pozitron. Obě částice mají stejnou hmotnost a stejně velký náboj, ten má ovšem v jednotlivých případech opačné znaménko.