

1.3.9 Gravitační síla II

Předpoklady: 010308

Pomůcky: graf závislosti velikosti gravitační síly na vzdálenosti

Pedagogická poznámka: Část žáků má velký problém s počítáním příkladu v první části hodiny. Jejich zvládnutí je však prioritní, takže pravděpodobnost, že by se podařilo vyřešit hodinou celou není příliš velká.

Př. 1: Gravitační přitahování Země pocítujeme velice silně. Proč nepocítujeme gravitační sílu, kterou na nás působí ostatní lidé? Nebo třeba tabule? Střecha školní budovy?

Gravitační síla, kterou působí Země na různé předměty, závisí na hmotnosti těchto předmětů (větší hmotnost, znamená větší gravitační sílu) \Rightarrow gravitační síla závisí zřejmě také na hmotnosti přitahujícího předmětu.

Hmotnost Země: 6 000 000 000 000 000 000 000 kg

Hmotnost učitele: 80 kg

Běžné věci mají v porovnání se Zemí směšně malou hmotnost a tedy i směšně malou gravitační sílu. Hmotnost člověka je vůči hmotnosti Země stejně velká jako hmotnost komára (2 mg) oproti hmotnosti 250 000 Velkých pyramid v Gíze ($6 \cdot 10^9$ kg).

Gravitační síla vzájemného přitahování závisí na hmotnosti obou těles a je tedy pozorovatelná pouze v případě, že jedno z nich je dostatečně hmotné.

Pedagogická poznámka: Hmotnost Země píšou na tabuli, aby si žáci uvědomili, jak velké číslo to ve skutečnosti je.

Př. 2: Měsíc je podstatně lehčí než Země a na svém povrchu přitahuje předměty silou, která je přibližně šestkrát menší než jakou by je přitahovala na svém povrchu Země.

Spočti, jakou silou přitahuje na svém povrchu Měsíc:

a) závaží o hmotnosti 1 kg b) tebe

a) závaží o hmotnosti 1 kg

Gravitační síla na povrchu Země: $F_g = mg = 1 \cdot 10 \text{ N} = 10 \text{ N}$.

Gravitační síla na povrchu Měsíce: $F_M = F_g : 6 = 10 : 6 = 1,67 \text{ N}$

b) tebe

Gravitační síla na povrchu Země: $F_g = mg = 80 \cdot 10 \text{ N} = 800 \text{ N}$.

Gravitační síla na povrchu Měsíce: $F_M = F_g : 6 = 800 : 6 = 133 \text{ N}$

Závaží o hmotnosti 1 kg by Měsíc přitahoval silou 1,67 N, učitele o hmotnosti 80 kg silou 1333 N.

Př. 3: Jak těžkou činku bys ses odvážil zvedat na Zemi? Jak těžkou činku bys zvedl na Měsíci? Jak těžký nákup bys unesl na Měsíci? Jak vysoko bys mohl na Měsíci vyskočit?

Na Zemi bych mohl zvednout činku o hmotnosti 20 kg. Síla, kterou by činku přitahoval Měsíc, by byla šestkrát menší \Rightarrow stejnou silou bych uzvedl šestkrát těžší činku (o hmotnosti 120 kg).

Nakup na Zemi: 10 kg \Rightarrow nákup na Měsíci: $6 \cdot 10 \text{ kg} = 60 \text{ kg}$.

Při výskoku nás gravitace stahuje dolů \Rightarrow šestkrát slabší gravitace na Měsíci by nás stahoval šestkrát méně \Rightarrow vyskočili bychom šestkrát výše \Rightarrow místo 1 m třeba do 6 m.

Př. 4: Gravitační síla, kterou přitahuje na svém povrchu předměty Měsíc je přibližně šestkrát menší než síla, kterou nás přitahuje Země. Jakou hmotnost by sis zvažil na Měsíci na: a) rovníramenných vahách, b) domácí pružinové váze.

a) rovníramenných vahách

Na rovníramenných vahách porovnáváme hmotnosti předmětu na jedné straně a hmotnosti závaží na druhé straně \Rightarrow na Měsíci jsou obě strany přitahovány šestkrát menší silou \Rightarrow rovnováha se nezmění \Rightarrow na rovníramenných vahách naměříme na Měsíci stejnou hmotnost jako na Zemi (jen se nám bude během vážení snáze manipulovat se závažími a předmětem).

b) domácí pružinové váze

Pružinová váha měří sílu, kterou na ni předmět tlačí (a která je stejně velká jako gravitační síla, která předmět přitahuje) \Rightarrow na Měsíci je předmět přitahován šestkrát menší silou \Rightarrow na Měsíci předmět tlačí na váhu šestkrát menší silou \Rightarrow pružinová váha naměří šestkrát menší hmotnost.

Př. 5: Samotný skafandr, který používali kosmonauti při výstupech na měsíční povrch, vážil 30 kg, kompletní vybavení pak mělo přes 90 kg. Jak se v něm mohli kosmonauti na Měsíci vůbec pohybovat?

Na Zemi působí na každý kg hmotnosti kosmonauta i jeho vybavení síla 10 N \Rightarrow na kosmonauta o hmotnosti 80 kg bez skafandru působí síla $F_g = mg = 80 \cdot 10 \text{ N} = 800 \text{ N}$ \Rightarrow kosmonautovy svaly musí unést sílu 800 N.

Na Měsíci je přitažlivá síla šestkrát menší \Rightarrow celková hmotnost kosmonauta se skafandrem a vybavením: $80 + 90 = 170 \text{ kg}$ \Rightarrow gravitační síla na Měsíci: $F_{gM} = 170 \cdot 10 : 6 \text{ N} = 283 \text{ N}$ \Rightarrow i s plným vybavením musí kosmonautovy svaly unést ani ne poloviční sílu co na Zemi \Rightarrow kosmonautovi se bude na Měsíci i s vybavením chodit velmi snadno.

Dodatek: Kosmonauté se na Měsíci přes velkou hmotnost svého vybavení pohybovala docela lehce, jak vidět na záběrech z Měsíce například tady <https://www.youtube.com/watch?v=TU6QzMltdZA> (čas 5:25).

Př. 6: Na balónek naplněný héliem zdánlivě nepůsobí gravitační síla, protože stoupá vzhůru. Najdi podobný jev, který se netýká velmi lehkých předmětů ve vzduchu. Vysvětli.

Podobně se chová dřevo ve vodě (neklesá ke dnu, ale stoupá k hladině), protože na něj kromě gravitace působí okolní voda (nadlehčuje ho a tím ho zvedá k hladině).

Balónek naplněný héliem je velmi lehký a plave ve vzduchu \Rightarrow vzduch ho nadlehčuje (stejně jako nadlehčuje voda dřevo, ale mnohem menší silou \Rightarrow na velmi lehký balónek působí velmi malá gravitační síla dolů, tuto sílu přemůže nadlehčování vzduchu \Rightarrow balónek stoupá vzhůru.

Př. 7: Vesmírné lodě, které obíhají okolo Země, se nacházejí v takzvaném beztlížném stavu. Jak je to možné, když je zemská gravitace drží na oběžné dráze?

Beztížný stav: věci volně poletují po místnosti a nic je netáhne k zemi.

Stav s tíhou: gravitační síla táhne k předměty k Zemi, předměty nepoletují po místnosti.

Beztížný stav můžeme vytvořit i v letadle: za normálního letu gravitační síla tlačí předměty v letadle k podlaze (kdyby v letadle podlaha nebyla předměty by začaly zrychleně padat dolů). Pokud začne letadlo padat dolů se stejným zrychlením jakým padají předměty k jeho podlaze, předměty se začnou v kabině vznášet (podlaha před nimi utíká stejně rychle jako ony padají k ní) - vnikne beztlížný stav při střemhlavém pádu (částečnou verzi tohoto efektu zažíváme vždy když stojíme ve výtahu, který se rozjíždí směrem dolů).

Situace na oběžné dráze je podobná jako u padajícího letadla. Gravitace působí na loď a přitahuje ji k Zemi (jinak by loď odletěla do vesmíru). Stejně tak přitahuje předměty uvnitř. Loď i předměty uvnitř tedy "padají stejným" způsobem k Zemi a nezbyvá žádná síla, která by předměty tlačila k podlaze (přitahování předmětů Zemi je stejné jako přitahování rakety Zemi).

Př. 8: Předměty, které obíhají po oběžné dráze okolo Země, se nacházejí v takzvaném beztlížném stavu. Gravitace síla Země na ně působí, ale celá se spotřebuje na jejich udržení na oběžné dráze a předměty v kosmické lodi tak nepadají k podlaze kosmické lodi, ale volně se vznášejí v prostoru. Jakou hmotnost by sis zvažil na oběžné dráze na: a) rovníramenných vahách b) domácí pružinové váze.

a) rovníramenných vahách

Ani předměty ani závaží nejsou tlačeny gravitací k podlaze \Rightarrow nejsou tlačeny ani k miskám vahy \Rightarrow nemůžeme vyvažovat \Rightarrow hmotnost na rovníramenných vahách nezměříme.

b) domácí pružinové váze

Váhy měří sílu, kterou předmět působí na podlahu, předmět na podlahu nepůsobí \Rightarrow pružinová váha naměří 0 kg.

Př. 9: Navrhni způsob, jak určit hmotnost předmětů na oběžné dráze.

Těžší předměty se hůře uvádějí do pohybu (nebo se hůře zastavují) \Rightarrow mohli bychom předměty roztlačovat silou a měřit, jak moc se začaly hýbat. Tím bychom zjistili, jak jsou těžké.

Shrnutí: Sílu měříme siloměrem v Newtonech.