

Gymnázium Evolution Jižní Město



Jáchym Löwenhöff

**Vliv úhlové rychlosti na
zpětný odraz míčku od roviny.**

Ročníková práce

Školitel práce:

Bc. Daniel Chmúrny

Školní rok: 2023/2024

Poděkování

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Prohlášení

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Abstrakt

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Klíčová slova: random, random2, random3

Abstract

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Keywords: random, random2, random3

Obsah

Úvod	9
I Teoretická část	11
1 Popis problému	15
1.1 Let Míčku	15
1.1.1 Rychlost	15
1.1.2 Gravitační síla	16
1.1.3 Odpor vzduchu	16
1.1.4 Magnusova síla	16
1.2 Odraz míčku	17
II Praktická část	19
2 Další zajímavá kapitola	21
Závěr	25

Úvod

Míček odrážející se od roviny je v běžném životě velmi častý jev. Ať už jde o míčové sporty, kde bývá odraz daného míče často nejdůležitější částí celého sportu. Pro tuto práci bude důležitější první z navržených využití.

Motivace tématu této práce pochází ze stolního tenisu. Stolní tenis patří ke sportům, kde je odraz míčků nejdůležitější část celé hry a schopnost ho odhadnout dává hráči nemalou výhodu. Zajímavým a pro tuto práci hlavním případem, je odraz míčku, při kterém se míček začne vracet (otočí se rychlost ve vodorovném směru). Tento typ odrazu můžeme vidět napříč míčovými sporty, můžeme v nich tedy najít důvod pro studování právě zpětného odrazu.

Důvodem, již méně *ušlechtilým* za to více upřímným, je pozoruhodnost zmíněného problému. Možnost kvantifikovat problém nad kterým z čisté zvědavosti přemýšlím již několik let je velmi přitažlivá. Proto popsání podmínek za kterých dojde ke zpětnému odrazu je hlavním cílem této práce.

Část I

Teoretická část

1. Příklad bez úhlové rotace míčku. (úhel dopadu se rovná úhel odrazu a proč)
2. Výpis sil působících na míček v průběhu odrazu. (jednoduchý rozbor případů - otočení ω_2 atd.
3. Nastínění předpokladů.
 - (a) Situace těsně před odrazem \Rightarrow neřeším let míčku
 - (b) Deformace povrchu nebo míčku (míčku) [zdroj]
Toto je má teoretická část
1. Popis jednotlivých koeficientů a jejich fyzikální význam.
 - (a) Vertikální/horizontální restituce
 - (b) Pohybové tření
 - (c) Úhlové momentum
 - (d) Poloměr
 - (e) Koeficient D (vzdálenost normálové síly od geometrického středu míčku)
2. Rozbor sil působících v průběhu odrazu.
 - (a) Tření
 - (b) Normálová síla
 - (c) Vertikální/horizontální složka rychlosti
 - (d) Úhlová rychlost
3. Odvození rovnic pro dynamickou simulaci systému. (Lagrangian???)
4. Diskutování předpokladů. zopakovat argumenty z článku [zdroj]

Kapitola 1

Popis problému

Míčkem je myšlena pevná jednolitá dutá nebo plná koule o poloměru (značeném R), kterou bychom našli v běžném životě (nejedná se o subatomické částice ani o planety) pro přesnost uvedeme rozmezí poloměru: 2 až 50 cm. Rychlosti uvažujeme relevantní pro svět sportů tedy: 1 až 10 m/s.

Systém s letícím míčkem a rovným, hladkým povrchem se může na první pohled zdát triviální, tato kapitola předchozí označení vyvrátí. Zároveň uvede čtenáře do velmi specifické části problému, kterou se bude zabývat, aniž by opoměla ostatní části. Tedy bude ve zkratce probrán let a poté velmi podrobně dopad. Nakonec budou rozebrány některé intuitivní případy jako například míček dopadající pod úhlem 90 stupňů atd.

1.1 Let Míčku

Let míčku se často zjednodušuje a zanedbávají se některé síly, které na letící míček působí. Když uvážíme jen gravitaci zjistíme, že by míček za letu měl dráhou opsat parabolu. Pro kratší dobu letu a velkou rychlost tento předpoklad není nikterak škodlivý¹. Tyto síly můžeme vidět na rovnici [rovnici 1.1](#) a na [obrázku 1.1](#).

[Rovnice 1.1](#) získáme, když si rozepíšeme 2. Newtonův kinematický zákon.

$$\vec{v} + \vec{F}_g + \vec{F}_d + \vec{F}_m = m\vec{a} \quad (1.1)$$

Kde:

\vec{v} Rychlost

\vec{F}_g Gravitace

\vec{F}_d Odpor vzduchu (drag)

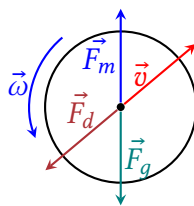
\vec{F}_m Magnusova síla

Síly působící na letící míček v průběhu budou podrobněji popsány dále v této sekci.

1.1.1 Rychlost

Rychlost (\vec{v}), jako derivace polohy je jádrem samotného pohybu (bez změny polohy není pohyb). Ze začátku dáme míčku nějakou energii a tím ho uvedeme v pohyb.

¹Jako tomu bývá často právě ve stolním tenisu



Obrázek 1.1: Síly působící na míček v letu

Jakmile je ve vzduchu, působí na něj ostatní síly a ovlivňují jeho energii. V případě, kterým se budeme zabývat, většina sil disipuje energii míčku. Jediný jev, který by mohla prodlužovat dobu letu (tedy přidávat míčku energii) je jev Magnusův. Tomu je věnována [podsekcce 1.1.4](#).

1.1.2 Gravitační síla

Gravitační a v tomto případě můžeme říci i tíhová síla² (F_g) je hned po rychlosti nejdůležitější silou v průběhu pohybu míčku. A spolu s rychlostí nejviditelněji tvoří trajektorii míčku.

Gravitace je také nejjednodušší na modelování. Dokud můžeme pro celou trajektorii považovat Zemi za lokálně plochou, gravitační síla míří vždy směrem kolmů dolů. Také její amplituda bývá většinou konstantní, protože není časté, že by míček během letu měnil svojí hmotnost a gravitační zrychlení se také nemění.

Matematicky můžeme z 2. Newtonova zákona velikost gravitační síly vyjádřit jako:

$$F_g = mg$$

Kde g je gravitační zrychlení (často zaokrouhlováno na 10 m/s^2) a m je hmotnost míčku.

Z této rovnice je ještě jednodušší nahlédnout na fakt, že gravitační síla je pro náš případ konstantní.

1.1.3 Odpor vzduchu

Odpor vzduchu (F_d) si můžeme dovolit zanedbat, protože zkoumáme jen velmi krátký let. Kdyby se jednalo například o dlouhé odpaly v baseballu, tehdy již odpor vzduchu zanedbatelný není.

Narozdíl od gravitační síly, odpor vzduchu není konstantní v průběhu letu. Odpor vzduchu je totiž obecně závislý na rychlosti a ploše, která aktivně do vzduchu naráží. V případě koule se mění jen rychlost. Což o hodně zjednodušuje výsledný výpočet.

Směr odporu vzduchu je vždy opačný ke směru pohybu jak můžeme vidět na [obrázku 1.1](#). Velikost odporu závisí kromě dalších koeficientů hlavně na kvadrátu rychlosti.

1.1.4 Magnusova síla

Magnusova síla (F_m) vzniká díky rotaci a vzájemnému tření mezi míčkem a vzduchem (předpokládáme vzduch bez vlastní rychlosti). Intuitivním vysvětlením tohoto fenoménu je, že rotací a třením se vzduch posouvá po směru rotace, a z 3. Newtonova

²Gravitační a tíhová jsou obecně odlišné síly a v některých případech je nutné je tak vnímat. Toto ovšem není jeden z nich proto je můžeme zaměnit.[1] Dále bude používán jen termín gravitační síla.

zákona plyne, že vzduch by měl opačnou silou působit zpět. Magnusův efekt je znát pouze je-li hmotnost míčku dostatečně malá nebo úhlová rychlost dostatečně velká.[3]

Směr \vec{F}_m na obrázku 1.1 je specifický pro aktuální případ.³ Směr Magnusovi síly závisí na úhlové rychlosti ($\vec{\omega}_1$). Nejen svojí velikostí, ale i směrem. Jestliže $\vec{\omega}_1 < 0$ tak Magnusova síla míří směrem nahoru a v opačném případě dolů.[2]

1.2 Odraz míčku

Samotný odraz je pro tuto práci nejdůležitější. Tedy bude probrán velmi podrobně. Důležitým předpokladem je, že \vec{v}_1 a $\vec{\omega}_1$ jsou hodnoty přímo před odrazem. Díky tomuto předpokladu nemusíme uvažovat let míčku popsany v sekci 1.1 ani jeho letové vlastnosti.

Problém je i tak stále velmi komplexní, protože na odraz má vliv hned několik proměných. Ty společně s charakteristikou celé odrazové periody budou popsány v této sekci.

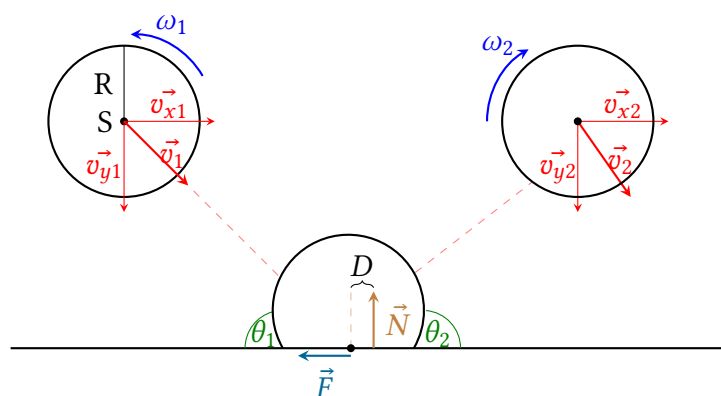
Obecně se všechny proměné v tomto problému dají rozřadit do tří kategorií:

Nezávislé Pro tuto práci to jsou: \vec{v}_1 , $\vec{\omega}_1$ a θ_1 .

Závislé Analogicky se jedná o: \vec{v}_2 , $\vec{\omega}_2$ a θ_2 .

Kontrolované Jde především o materiálové konstanty: vertikální/horizontální koeficient restituce ($e_{y/x}$), koeficient smýkavého tření (μ), poloměr (R), koeficient momentu hybnosti (α), vzdálenost geometrického středu od působení normálové síly (D).

Závislé a nezávislé proměné jsou znázorněny na obrázku 1.2. Nezávislé jsou proměné před odrazem a na nich závisí proměné po odraze. Kontrolované proměné na obrázku 1.2 nejsou, ale stále je důležité je uvést pro replikovatelnost výsledků. Také budou z pravidla přebírány z odborné literatury, a tedy nebudou mnou měřené.



Obrázek 1.2: Síly a veličiny působící na míček při odrazu

1.2.1 Koeficienty restituce

elasticita odrazu

³Předpokládáme pouze backspin, jak bude zmíněno v kapitole [triviální případy] je to jedna z podmínek zpětného odrazu.

1.2.2 Moment hybnosti

jak moc Děčko reálně ovlivňuje spin

1.2.3 Tření po dobu odrazu

otačí se podle toho jestli převládá spin nebo speed

Část II

Praktická část

Kapitola 2

Další zajímavá kapitola

Donec a nibh ut elit vestibulum tristique. Integer at pede. Cras volutpat varius magna. Phasellus eu wisi. Praesent risus justo, lobortis eget, scelerisque ac, aliquet in, dolor. Proin id leo. Nunc iaculis, mi vitae accumsan commodo, neque sem lacinia nulla, quis vestibulum justo sem in eros. Quisque sed massa. Morbi lectus ipsum, vulputate a, mollis ut, accumsan placerat, tellus. Nullam in wisi. Vivamus eu ligula a nunc accumsan congue. Suspendisse ac libero. Aliquam erat volutpat. Donec augue. Nunc venenatis fringilla nibh. Fusce accumsan pulvinar justo. Nullam semper, dui ut dignissim auctor, orci libero fringilla massa, blandit pulvinar pede tortor id magna. Nunc adipiscing justo sed velit tincidunt fermentum.

Integer placerat. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Sed in massa. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Phasellus tempus aliquam risus. Aliquam rutrum purus at metus. Donec posuere odio at erat. Nam non nibh. Phasellus ligula. Quisque venenatis lectus in augue. Sed vestibulum dapibus neque.

Mauris tempus eros at nulla. Sed quis dui dignissim mauris pretium tincidunt. Mauris ac purus. Phasellus ac libero. Etiam dapibus iaculis nunc. In lectus wisi, elementum eu, sollicitudin nec, imperdiet quis, dui. Nulla viverra neque ac libero. Mauris urna leo, adipiscing eu, ultrices non, blandit eu, dui. Maecenas dui neque, suscipit sit amet, rutrum a, laoreet in, eros. Ut eu nibh. Fusce nec erat tempus urna fringilla tempus. Curabitur id enim. Sed ante. Cras sodales enim sit amet wisi. Nunc fermentum consequat quam.

Ut auctor, augue porta dignissim vestibulum, arcu diam lobortis velit, vel scelerisque risus augue sagittis risus. Maecenas eu justo. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris congue ligula eget tortor. Nullam laoreet urna sed enim. Donec eget eros ut eros volutpat convallis. Praesent turpis. Integer mauris diam, elementum quis, egestas ac, rutrum vel, orci. Nulla facilisi. Quisque adipiscing, nulla vitae elementum porta, sem urna volutpat leo, sed porta enim risus sed massa. Integer ac enim quis diam sodales luctus. Ut eget eros a ligula commodo ultricies. Donec eu urna viverra dolor hendrerit feugiat. Aliquam ac orci vel eros congue pharetra. Quisque rhoncus, justo eu volutpat faucibus, augue leo posuere lacus, a rhoncus purus pede vel est. Proin ultrices enim.

Aenean tincidunt laoreet dui. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Integer ipsum lectus, fermentum ac, malesuada in, eleifend ut, lorem. Vivamus ipsum turpis, elementum vel, hendrerit ut, semper at, metus. Vivamus sapien tortor, eleifend id, dapibus in, egestas et, pede. Pellentesque fau-

cibus. Praesent lorem neque, dignissim in, facilisis nec, hendrerit vel, odio. Nam at diam ac neque aliquet viverra. Morbi dapibus ligula sagittis magna. In lobortis. Donec aliquet ultricies libero. Nunc dictum vulputate purus. Morbi varius. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In tempor. Phasellus commodo porttitor magna. Curabitur vehicula odio vel dolor.

Praesent facilisis, augue a adipiscing venenatis, libero risus molestie odio, pulvinar consectetur felis erat ac mauris. Nam vestibulum rhoncus quam. Sed velit urna, pharetra eu, eleifend eu, viverra at, wisi. Maecenas ultrices nibh at turpis. Aenean quam. Nulla ipsum. Aliquam posuere luctus erat. Curabitur magna felis, lacinia et, tristique id, ultrices ut, mauris. Suspendisse feugiat. Cras eleifend wisi vitae tortor. Phasellus leo purus, mattis sit amet, auctor in, rutrum in, magna. In hac habitasse platea dictumst. Phasellus imperdiet metus in sem. Vestibulum ac enim non sem ultricies sagittis. Sed vel diam.

Integer vel enim sed turpis adipiscing bibendum. Vestibulum pede dolor, laoreet nec, posuere in, nonummy in, sem. Donec imperdiet sapien placerat erat. Donec viverra. Aliquam eros. Nunc consequat massa id leo. Sed ullamcorper, lorem in sodales dapibus, risus metus sagittis lorem, non porttitor purus odio nec odio. Sed tincidunt posuere elit. Quisque eu enim. Donec libero risus, feugiat ac, dapibus eget, posuere a, felis. Quisque vel lectus ut metus tincidunt eleifend. Duis ut pede. Duis velit erat, venenatis vitae, vulputate a, pharetra sit amet, est. Etiam fringilla faucibus augue.

Aenean velit sem, viverra eu, tempus id, rutrum id, mi. Nullam nec nibh. Proin ullamcorper, dolor in cursus tristique, eros augue tempor nibh, at gravida diam wisi at purus. Donec mattis ullamcorper tellus. Phasellus vel nulla. Praesent interdum, eros in sodales sollicitudin, nunc nulla pulvinar justo, a euismod eros sem nec nibh. Nullam sagittis dapibus lectus. Nullam eget ipsum eu tortor lobortis sodales. Etiam purus leo, pretium nec, feugiat non, ullamcorper vel, nibh. Sed vel elit et quam accumsan facilisis. Nunc leo. Suspendisse faucibus lacus.

Pellentesque interdum sapien sed nulla. Proin tincidunt. Aliquam volutpat est vel massa. Sed dolor lacus, imperdiet non, ornare non, commodo eu, neque. Integer pretium semper justo. Proin risus. Nullam id quam. Nam neque. Duis vitae wisi ullamcorper diam congue ultricies. Quisque ligula. Mauris vehicula.

Curabitur nunc magna, posuere eget, venenatis eu, vehicula ac, velit. Aenean ornare, massa a accumsan pulvinar, quam lorem laoreet purus, eu sodales magna risus molestie lorem. Nunc erat velit, hendrerit quis, malesuada ut, aliquam vitae, wisi. Sed posuere. Suspendisse ipsum arcu, scelerisque nec, aliquam eu, molestie tincidunt, justo. Phasellus iaculis. Sed posuere lorem non ipsum. Pellentesque dapibus. Suspendisse quam libero, laoreet a, tincidunt eget, consequat at, est. Nullam ut lectus non enim consequat facilisis. Mauris leo. Quisque pede ligula, auctor vel, pellentesque vel, posuere id, turpis. Cras ipsum sem, cursus et, facilisis ut, tempus euismod, quam. Suspendisse tristique dolor eu orci. Mauris mattis. Aenean semper. Vivamus tortor magna, facilisis id, varius mattis, hendrerit in, justo. Integer purus.

Vivamus adipiscing. Curabitur imperdiet tempus turpis. Vivamus sapien dolor, congue venenatis, euismod eget, porta rhoncus, magna. Proin condimentum pretium enim. Fusce fringilla, libero et venenatis facilisis, eros enim cursus arcu, vitae facilisis odio augue vitae orci. Aliquam varius nibh ut odio. Sed condimentum condimentum nunc. Pellentesque eget massa. Pellentesque quis mauris. Donec ut ligula ac pede pulvinar lobortis. Pellentesque euismod. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent elit. Ut laoreet ornare est. Phasellus

gravida vulputate nulla. Donec sit amet arcu ut sem tempor malesuada. Praesent hendrerit augue in urna. Proin enim ante, ornare vel, consequat ut, blandit in, justo. Donec felis elit, dignissim sed, sagittis ut, ullamcorper a, nulla. Aenean pharetra vulputate odio.

Quisque enim. Proin velit neque, tristique eu, eleifend eget, vestibulum nec, lacus. Vivamus odio. Duis odio urna, vehicula in, elementum aliquam, aliquet laoreet, tellus. Sed velit. Sed vel mi ac elit aliquet interdum. Etiam sapien neque, convallis et, aliquet vel, auctor non, arcu. Aliquam suscipit aliquam lectus. Proin tincidunt magna sed wisi. Integer blandit lacus ut lorem. Sed luctus justo sed enim.

Morbi malesuada hendrerit dui. Nunc mauris leo, dapibus sit amet, vestibulum et, commodo id, est. Pellentesque purus. Pellentesque tristique, nunc ac pulvinar adipiscing, justo eros consequat lectus, sit amet posuere lectus neque vel augue. Cras consectetur libero ac eros. Ut eget massa. Fusce sit amet enim eleifend sem dictum auctor. In eget risus luctus wisi convallis pulvinar. Vivamus sapien risus, tempor in, viverra in, aliquet pellentesque, eros. Aliquam euismod libero a sem.

Nunc velit augue, scelerisque dignissim, lobortis et, aliquam in, risus. In eu eros. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Curabitur vulputate elit viverra augue. Mauris fringilla, tortor sit amet malesuada mollis, sapien mi dapibus odio, ac imperdiet ligula enim eget nisl. Quisque vitae pede a pede aliquet suscipit. Phasellus tellus pede, viverra vestibulum, gravida id, laoreet in, justo. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Integer commodo luctus lectus. Mauris justo. Duis varius eros. Sed quam. Cras lacus eros, rutrum eget, varius quis, convallis iaculis, velit. Mauris imperdiet, metus at tristique venenatis, purus neque pellentesque mauris, a ultrices elit lacus nec tortor. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent malesuada. Nam lacus lectus, auctor sit amet, malesuada vel, elementum eget, metus. Duis neque pede, facilisis eget, egetas elementum, nonummy id, neque.

Na zkoušku ještě jedna citace [**latex2e**].

Závěr

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur

a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Literatura

- [1] Jaroslav Reichl a Martin Všetická. *Encyklopedie fyziky*. 2006. URL: <http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/60-gravitacni-a-tihova-sila-resp-zrychleni> (cit. 13. 03. 2024).
- [2] *Aerospace Micro-Lesson #22*. www. URL: <https://www.aiaa.org/detail/lesson/Aerospace-Micro-Lesson-22> (cit. 13. 03. 2024).
- [3] Seattle University. *Magnus Effect | Thermodynamics | Physics Demos | Physics | College of Science and Engineering*. Seattle University. URL: <https://www.seattleu.edu/scieng/physics/physics-demos/thermodynamics/magnus-effect/> (cit. 13. 03. 2024).