



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra aplikované fyziky a techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Fyzika ve sportu

Vypracovala: Nikola Vandasová

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Kříž, Ph.D.

České Budějovice, 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 1.7.2019

Nikola Vandasová

Anotace

Tato bakalářská práce pojednává o propojení fyziky a sportu. V moderním, vrcholovém sportu patří právě fyzika k jednomu z důležitých faktorů pro dosažení kvalitních výsledků.

V teoretické části je kladen důraz na vysvětlení teorie, převážně kinematiky a dynamiky, která je v praktické části použita u jednotlivých sportů.

Praktická část mé bakalářské práce je zaměřena na vybrané sporty a rozebrání sportu z pohledu fyziky. Na konci této části jsou výsledky mého měření volejbalistů, kde je vidět, jak velkou roli hraje právě fyziky ve sportu.

Abstract

This Bachelor thesis interconnects Physical Education and Physics. Physics plays an important role at modern top-level sports and it is one of the main influences when reaching top-level results.

The theoretical part presents the theoretical explanation of dynamic and kinematic which are applied to various sports.

The practical part of my Bachelor thesis focuses on chosen sports which are described from the physical point of view. The thesis is concluded by results measured on volleyball players, which shows the significant importance of physics.

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala svému vedoucímu mé bakalářské práce panu RNDr. Pavlu Křížovi, Ph.D. za konzultace, trpělivost a ochotu.

Dále bych chtěla poděkovat hráčům z Volejbalového klubu České Budějovice za možnost s nimi spolupracovat.

A poslední poděkování patří celé mé rodině a příteli za to, že mě podporovali až do samotného konce.

Obsah

Obsah.....	5
1 ÚVOD.....	7
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	8
2.1 Kinematika.....	8
2.1.1 Pohyby tělesa.....	8
2.1.2 Poloha a posunutí tělesa	9
2.1.3 Rychlost tělesa.....	11
2.1.4 Zrychlení tělesa.....	12
2.1.5 Posuvný a otáčivý pohyb	18
2.1.5.1 Rotace	19
2.2 Dynamika.....	20
2.2.1 Síla.....	20
2.2.2 Hmotnost tělesa	22
2.2.3 Tíhová síla	22
2.2.4 Třecí síla	23
2.2.5 Hybnost.....	23
3 PRAKTICKÁ ČÁST.....	24
3.1 Fotbal	24
3.1.1 Vysvětlení odklonění střely od přímého směru	25
3.1.2 Bernoulliho rovnice	25
3.2 Tenis.....	26
3.2.1 Magnusův jev	26
3.3 Curling	27

3.4	Sjezdové lyžování	29
3.5	Atletika.....	30
3.5.1	Skok vysoký	30
3.6	Volejbal.....	32
3.6.1	Měření smečářského a blokařského dosahu ve volejbale.....	32
4	ZÁVĚR.....	45
	Použité zdroje	46
	Knižní zdroje	46
	Internetové zdroje	47
	Seznam obrázků.....	50
	Seznam tabulek.....	51

1 ÚVOD

Téma mé bakalářské práce jsem volila s ohledem na můj velký koníček a tím je sport. Tím, že sportem žije celá má rodina, setkávám se s ním už od mala každý den. V praktické části se více než jinými sporty zabývám volejbalem, a to právě proto, že ho hraji od 3. třídy a nyní už na velmi vysoké úrovni.

V teoretické části bakalářské práce je popsána teorie převážně z kinematiky a dynamiky, která je poté použita v části praktické.

Praktická část je ukázka vybraných sportů a propojení právě teoretických poznatků z fyziky. Každý sportovec na vrcholové úrovni je obklopen týmem, který je složen z velkého počtu lidí a mezi nimi jsou i tací, co sportovci pomáhají k lepším výsledkům a to z hlediska působení fyziky. Každý sebemenší, špatně nedotažený pohyb totiž může znamenat neúspěch.

V závěru mé práce jsou výsledky měření, kde jsem rozebírala výskok volejbalistů v hale na pevném podkladu a venku na písku.

Po přečtení této práce by si měl každý odnést propojení právě těchto dvou slov „fyzika a sport“.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Mechanika je uváděna jako nejstarší obor fyziky, který se zabývá mechanickým pohybem těles. Mechanický pohyb nastane, jestliže se těleso začne pohybovat vůči ostatním tělesům.

Mechanika se dále dělí na kinematiku a dynamiku, záleží, co přesně chceme u těles zkoumat. Kinematika popisuje pohyb tělesa, bez ohledu na to, proč se těleso dalo do pohybu. Dynamika se naopak zabývá příčinou, z jakého důvodu se těleso rozpohybovalo.¹

2.1 Kinematika

Kineó = pohybují, řecké slovo, z něhož je odvozen pojem kinematika. Základy kinematiky a první poznatky doložil G. Galilei (1564 – 1642).

Těleso, jehož rozměry a tvar nejsou pro pohyb důležité, můžeme nahradit hmotným bodem. Hmotný bod je nejjednodušší představitelný objekt. Pro názornost si můžeme představit jako hmotný bod dítě, které klouže po skluzavce. Naopak otáčející se kolotoč není dobrý příklad pro ukázkou hmotného bodu, jeho různé části se v určitém okamžiku nepohybují stejně rychle a ve stejných směrech.²

2.1.1 Pohyby tělesa

Všechny věci, které se nám zdají být v klidu, se pohybují. Pohyb se děje po přímce a to vůči Zemi, kterou pokládáme za nehybnou. Přímka může být svislá, vodorovná nebo jakkoliv skloněná. Tento pohyb představuje přímočarý pohyb.

Jestliže těleso koná mechanický pohyb, mění svou polohu vzhledem k ostatním tělesům. Pokud se poloha tělesa k jiným nemění, těleso je v klidu. „*Soustava těles, ke kterým vztahujeme pohyb nebo klid sledovaného tělesa, se nazývá vztažná soustava*“.³

¹ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 29

² HALLIDAY, David, Jearl WALKER a Robert RESNICK. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Brno: VUTIUM, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0. str. 13

³ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 30.

Vztažnou soustavou může být zemský povrch a k této soustavě vztahujeme například pohyb lidí. Tato soustava je pevně spojená se Zemí.

Pokud rozhodujeme o pohybu nebo klidu tělesa, musíme znát vztažnou soustavu. Lidé sedící ve vlaku jsou v klidu vůči vztažné soustavě vlak, ale pohybují se vzhledem k povrchu Země.

V důsledku toho, že se Země otáčí kolem své osy a zároveň obíhá kolem Slunce a dohromady s celou sluneční soustavou se pohybuje vůči hvězdám, absolutní klid neexistuje.

2.1.1.1 Druhy pohybů tělesa

Posuvný pohyb tělesa - těleso se pohybuje posuvným pohybem, jestliže alespoň dvě jeho nerovnoběžné přímky nezmění při pohybu právě svůj směr.

Rotační pohyb tělesa – těleso se pohybuje rotačním pohybem, pokud jeho jedna přímka zůstává napořád v klidu. Tato přímka se nazývá osa rotace. Rotační pohyb se někdy nazývá jako pohyb otáčivý, poté osa rotace je osou otáčení.

Obecný rovinný pohyb tělesa – těleso se pohybuje obecným rovinným pohybem, jestliže trajektorie jeho bodů leží v navzájem rovnoběžných rovinách.

Sférický pohyb tělesa – těleso se pohybuje sférickým pohybem, pokud jeho jeden bod setrvává trvale v klidu. Tento bod je určen jako střed sférického pohybu.

Šroubový pohyb – těleso se pohybuje šroubovým pohybem, jestliže se ve směru dané přímky posouvá a zároveň se kolem ní otáčí. Přímka, kolem které se těleso točí se nazývá osa šroubového pohybu.⁴

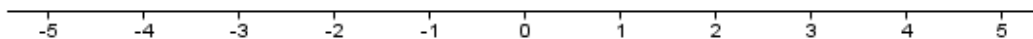
2.1.2 Poloha a posunutí tělesa

Pokud popisujeme mechanický pohyb hmotného bodu vzhledem k nějaké vztažné soustavě, musíme vědět jeho polohu v libovolném okamžiku jeho pohybu v libovolném čase.⁵

⁴ VALÁŠEK, Michael, Zbyněk ŠIKA a Václav BAUMA. Mechanika B. V Praze: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02919-0. str. 4 – 22.

⁵ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 30.

Aby se dala dobře zjistit poloha tělesa, musíme vždy určit vztažný bod tělesa, nejčastěji počátek souřadnicové osy. Z obr. 1 budeme považovat za počátek 0.



Obrázek 1 Souřadnicová osa

Za kladný směr osy považujeme vše od 0 doprava. Od 0 doleva je pak směr záporný. Pokud má nějaký hmotný bod souřadnice $x=9$, říkáme, že je vzdálen od počátku 9 dílků ve směru kladným. Pokud je $x=-2$, hmotný bod je vzdálen od počátku 2 dílky ve směru záporným.

„Změnu polohy hmotného bodu z bodu o souřadnici x_1 do bodu o souřadnici x_2 nazýváme posunutím a značíme Δx . Platí: $\Delta x = x_2 - x_1$.“⁶

2.1.2.1 Trajektorie hmotného bodu

Trajektorie je souhrn všech poloh, kterými hmotný bod při svém pohybu prochází. Každá trajektorie hmotného bodu je geometrická čára. Trajektorie může být kružnice, přímka, parabola, prostorová křivka nebo rovinná křivka. Právě podle tvaru trajektorie dělíme pohyb na přímočarý a křivočarý. Výběr vztažné soustavy je důležitý pro tvar trajektorie. Jeden a ten samý pohyb může být k jedné vztažné soustavě přímočarý a k jiné křivočarý.⁷

2.1.2.2 Dráha hmotného bodu

„Dráha hmotného bodu je délka trajektorie, kterou hmotný bod opíše za určitou dobu.“⁸

Dráha je označována malým písmenem s . Dráha s je funkcí času, zapisujeme $s = s(t)$.

⁶ HALLIDAY, David, Jearl WALKER a Robert RESNICK. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Brno: VUTIUM, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0. str. 13

⁷ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 32.

⁸ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 33.

2.1.3 Rychlost tělesa

Rychlost je fyzikální veličina, která nám společně s dráhou charakterizuje pohyb hmotného bodu.

V praxi rychlost rozdělujeme na průměrnou a okamžitou.

Hlavní jednotka rychlosti je 1 m/s, můžeme měřit i v km/hod (většinou u dopravních prostředků). Převod mezi jednotkami je následující $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/hod}$.⁹

2.1.3.1 Průměrná rychlost

„Průměrná rychlost v_p je skalár, který je definován podílem dráhy s a doby t , za kterou hmotný bod tuto dráhu urazí.“¹⁰

Tuto definici zapisujeme vztahem $v = \frac{s}{t}$.

Pokud popisujeme pohyb, průměrná rychlost nám nestačí. Protože se rychlost často mění, byl zaveden pojem okamžitá rychlost.

2.1.3.2 Okamžitá rychlost

„Velikost okamžité rychlosti v v daném bodě trajektorie a v daném čase je definována jako průměrná rychlost ve velmi malém časovém intervalu na velmi malém úseku trajektorie.“¹¹

Pomocí změny polohového vektoru hmotného bodu určujeme okamžitou rychlost v . Okamžitá rychlost v je vektorová veličina mající vždy směr tečny k trajektorii s orientací ve směru změny polohového vektoru.

Velikost okamžité rychlosti v v čase t definujeme vztahem $v = \frac{|\Delta r|}{\Delta t}$, kde Δt je velmi malé a $|\Delta r|$ vyjadřuje velikost změny polohového vektoru.

⁹ HALLIDAY, David, Jearl WALKER a Robert RESNICK. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Brno: VUTIUM, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0.

¹⁰ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 33.

¹¹ Okamžitá a průměrná rychlost hmotného bodu - FYZIKA 007. FYZIKA 007 [online]. Dostupné z: <http://www.fyzika007.cz/mechanika/rychlost-hmotneho-bodu>

Čím kratší časový interval vezmeme, tím přesněji určíme okamžitou rychlost.¹²

„Velikost okamžité rychlosti v , můžeme také určit jako průměrnou rychlost na velmi malém úseku dráhy Δs , který urazí hmotný bod za velmi malý časový interval Δt . Pro velikost okamžité rychlosti pak platí $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, kde Δt je velmi malé“¹³

Na velikost okamžité rychlosti se také můžeme dívat jako na průměrnou rychlost mezi dvěma velmi blízkými body trajektorie.

Z pohledu matematiky okamžitou rychlost můžeme chápat jako derivaci dráhy podle času nebo limita podílu Δs a Δt .

2.1.4 Zrychlení tělesa

Zrychlení je chápáno jako fyzikální veličina, která popisuje, jakým způsobem se mění rychlost tělesa v čase. O zrychlení mluvíme vždy, když se mění vektor rychlosti.

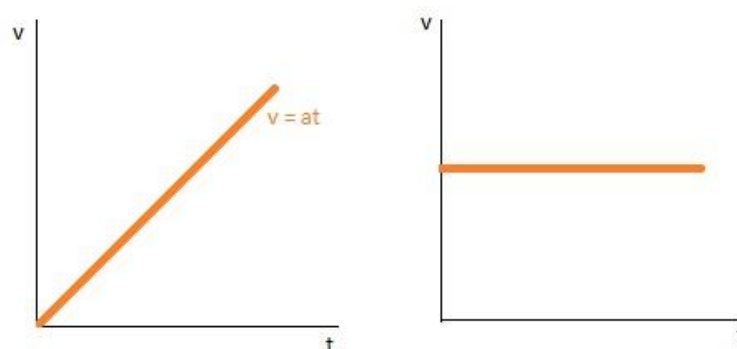
Zrychlení je vektorová veličina, udává velikost změny, tak i její směr. Jednotkou zrychlení je $m \cdot s^{-2}$.

„Zrychlení a je vektor, který se týká časové změny vektoru rychlosti, tj. změny velikosti i směru vektoru rychlosti.“¹⁴

¹² http://kvinta-html.wz.cz/fyzika/mechanika/kinematika/rychlost_hmotneho_bodu.htm

¹³ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 34

¹⁴ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 35.



Obrázek 2 Graf zrychleného pohybu

Z obr. 2 u prvního případu je patrná zvyšující se rychlost, zrychlení roste. Mluvíme o zrychleném přímočarém pohybu. U druhého případu je vidět neměící se zrychlení, jedná se o rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb.

Zrychlení definujeme vztahem $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, kde Δt je velmi malé.

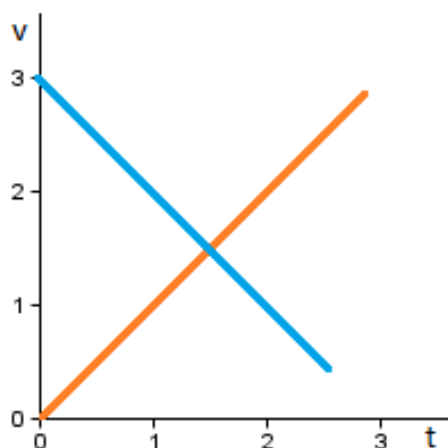
Pomocí matematiky můžeme zrychlení také vypočítat limitou nebo derivací. „Zrychlení se rovná limitě podílu změny vektoru rychlosti Δv a doby Δt , kde $\Delta t \rightarrow 0$, nebo derivaci rychlosti podle času.“¹⁵

Velikost zrychlení a hmotného bodu v čase t , kdy je hmotný bod v bodě A , určíme podle vztahu $|a| = a = \frac{|\Delta v|}{\Delta t}$, kde Δt je velmi malé.¹⁶ $|\Delta v|$ znamená velikost změny rychlosti pohybu.

U přímočarého pohybu se hmotný bod pohybuje po přímce, na které leží i vektor zrychlení a , jeho směr je buď stejný, nebo opačný jako jeho rychlost.

¹⁵ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 36.

¹⁶ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 36.



Obrázek 3 Graf zrychlení působící ve/proti směru rychlosti

Na obr. 3 červenou barvou vidíme zrychlení a působící ve směru rychlosti, ve druhém případě je tomu naopak, zrychlení působí proti směru rychlosti a tím těleso zpomaluje.

„Má-li zrychlení částice stejné znaménko jako okamžitá rychlost, roste velikost její rychlosti a její pohyb se zrychluje. Má-li zrychlení opačné znaménko než okamžitá rychlost, klesá velikost rychlosti částice a její pohyb se zpomaluje.“¹⁷

2.1.4.1 Rovnoměrně zrychlený / zpomalený pohyb

Tento pohyb je charakterizován zvyšující nebo snižující se okamžitou rychlostí za stejný čas o stejnou hodnotu. Směr okamžité rychlosti se ale nemění.

$t [s]$	0	1	2	3	4	5	6
$v [m * s^{-1}]$	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2

Tabulka 1 Naměřené hodnoty okamžité rychlosti

¹⁷ HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Brno: VUTIUM, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0. str. 20.

V tabulce 1 jsou poznamenány hodnoty okamžité rychlosti rovnoměrně zrychleného pohybu v čase 0 – 6 s. Z tabulky lze zjistit, že se každou sekundu rychlost zvětší o $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, Δv je konstantní.

Zrychlení a u rovnoměrně zrychleného nebo zpomaleného přímočarého pohybu je konstantní.

Důležité vztahy pro velikost rychlosti v a dráhu s rovnoměrně zrychleného pohybu a rovnoměrně zpomaleného pohybu při nulové počáteční rychlosti v_0 najdeme v tabulce 2.

Pohyb rovnoměrně zrychlený	Pohyb rovnoměrně zpomalený
$v = v_0 + at$	$v = v_0 - at$
$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$	$s = v_0t - \frac{1}{2}at^2$

Tabulka 2¹⁸ Vztahy pro rychlost a dráhu

2.1.4.2 Svislý vrh

Tento pohyb vykoná těleso, které je vrženo počáteční rychlostí v_0 svisle vzhůru. Směrem nahoru se pohybuje rovnoměrně zpomaleně se zrychlením $-g$. Velikost okamžité rychlosti se postupně zmenšuje, přičemž se směr zachová a při dosažení nejvyššího bodu trajektorie, ve kterém se těleso na nepatrnou chvíli zastaví, je rovna nule. Poté se těleso vrací zpět volným pádem.¹⁹

Zvláštním případem svislého vrhu je volný pád. Volný pád je charakterizován nulovou počáteční rychlostí. Trajektorie volného pádu je část přímky ve svislém směru.

¹⁸ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 42.

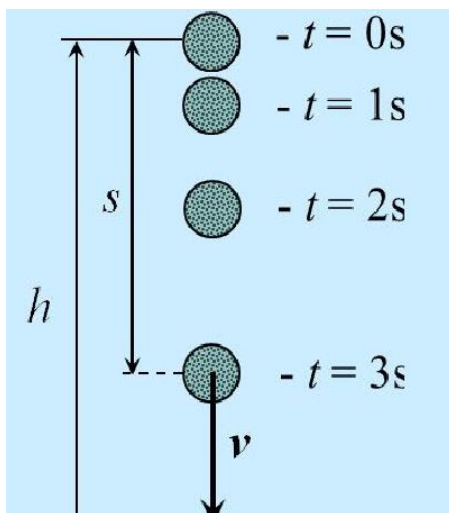
¹⁹ Svislý vrh vzhůru :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 23.06.2019]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/65-svisly-vrh-vzhuru>

Zrychlení volného pádu se nazývá tíhové zrychlení a značíme ho g . Tíhové zrychlení se lehce mění s nadmořskou výškou. Po zaokrouhlení budeme pracovat s hodnotou $g \doteq 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Velikost okamžité rychlosti a dráhy volně padajícího tělesa na čase definujeme následujícími vztahy z tabulky 3.

$v = gt$	$s = \frac{1}{2}gt^2$
----------	-----------------------

Tabulka 3 Vztah pro okamžitou rychlost a dráhu padajícího tělesa



Obrázek 4²⁰ Volný pád

Na obr. 4 je zakresleno těleso, které se pohybuje volným pádem. Můžeme vidět, že těleso v nejvyšším bodě má čas roven nule. Těleso se pohybuje s gravitačním zrychlením, které postupně narůstá a rychlost se zvětšuje.

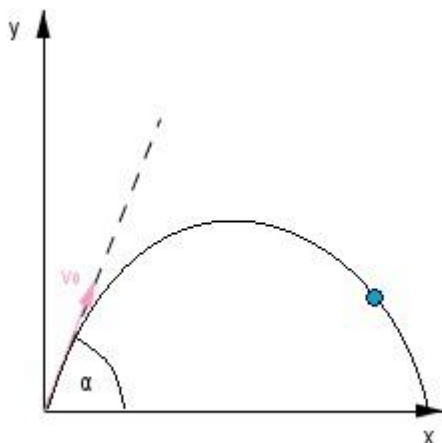
²⁰ VOLNÝ PÁD [online]. Copyright © 2019 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3150712/>

2.1.4.3 Šikmý vrh

Těleso, které je vrženo počáteční rychlostí v jakémkoliv směru, má vždy stejné zrychlení g .

Šikmý vrh koná těleso, kterému je udělena počáteční rychlost v_0 ve směru, který svírá s vodorovnou rovinou elevační úhel α . Pohyb tělesa lze rozložit na dvě fáze, rovnoměrný přímočarý pohyb šikmo vzhůru s počáteční rychlostí v_0 a volný pád ve svislém směru, viz obr. 5.

Trajektorii šikmého vrhu tvoří parabola, viz obr. 5.



Obrázek 5 Trajektorie šikmého vrhu

Pokud dráhu šikmého vrhu zakreslíme do souřadnicové soustavy, snadno popíšeme jeho pohyb pomocí rovnic, viz tab. 4:

$x = v_0 t \cos \alpha$
$y = v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2$

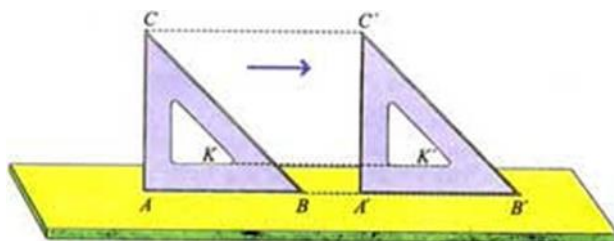
Tabulka 4 Pohyb šikmého vrhu

„Vodorovné a svislé složky veličin popisujících vrh jsou na sobě nezávislé. Neovlivňují se navzájem.“²¹

2.1.5 Posuvný a otáčivý pohyb

Kombinací posuvného a otáčivého pohybu vzniká pohyb obecný.

Při posuvném neboli translačním pohybu se každý bod, který leží na tělese, pohybuje po stejné trajektorii. Trajektorie jednotlivých bodů tělesa má stejný tvar a dráhu, viz obr. 6.

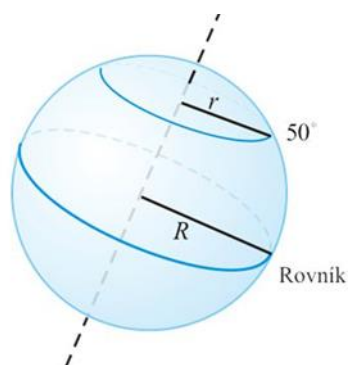


Obrázek 6²² Posuvný pohyb

Otáčivý (rotační) pohyb je charakterizován osou otáčení. Při pohybu otáčivém se všechny body, které leží na tělese, pohybují po kružnicích se středy na jedné přímce – osa otáčení, viz obr. 7. Při tomto pohybu mají všechny body tělesa v určitém okamžiku stejnou úhlovou rychlost. Velikost rychlosti se zvyšuje s rostoucí vzdáleností od středu otáčení.

²¹ HALLIDAY, David, Jearl WALKER a Robert RESNICK. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Brno: VUTIUM, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0. str. 65.

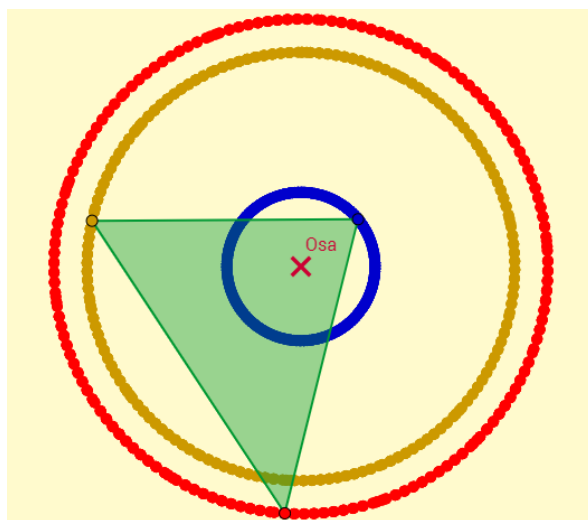
²² Voderek.wz.cz [online]. Copyright © 2002 [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <http://www.voderek.wz.cz/fyzika/fyzika6/f611.htm>



Obrázek 7²³ Otáčivý pohyb

2.1.5.1 Rotace

Těleso, které rotuje kolem nehybné osy vzhledem k tělesu, vykonává pomocí všech jeho bodů (bez bodů osy) trajektorie ve tvaru kružnic ležících v rovině kolmé k ose se středem na ose, viz obrázek 8. V inerciální vztažné soustavě je pohybový stav tělesa popsán jedinou souřadnicí – úhlem otočení $\varphi = \varphi(t)$, který definujeme jako vektor ležící v ose rotace.



Obrázek 8²⁴ Rotační pohyb

²³ Mechanika tuhého [online]. Copyright © 2019 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/1904380/>

Rotační pohyb charakterizují tři veličiny:

1) úhel φ [rad]

2) úhlová rychlost $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ [rad * s⁻¹]

3) úhlové zrychlení $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$ [rad * s⁻²]

Vztahy u rotačního pohybu jsou podobné jako u přímočarého pohybu. Zrychlení, pokud není známá časová závislost: $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$.²⁵

2.2 Dynamika

Dynamika se zabývá příčinami pohybu těles a příčinami změn jejich pohybového stavu. Dynamika se ptá, za jakých podmínek a proč se tělesa dají do pohybu.

Pojem dynamika je odvozen z řeckého slova *dynamis*, dynamis = síla.

Zakladateli jsou G. Galilei, CH. Huygens a I. Newton. Základní zákony dynamiky formuloval I. Newton, proto také Newtonovy pohybové zákony.

2.2.1 Síla

„Síla F je vektorová fyzikální veličina, která je určena velikostí, směrem a polohou svého působíště.“²⁶ Tuto definici můžeme vidět na obr 9.

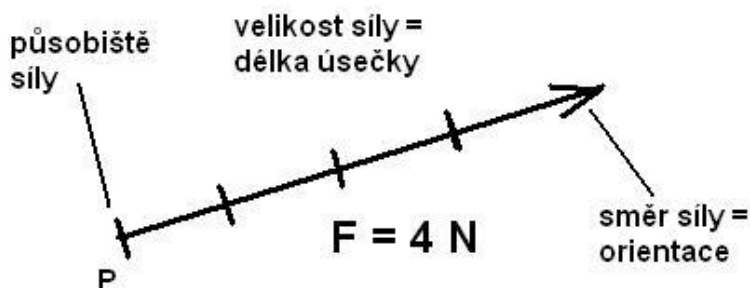
Síla charakterizuje vzájemné působení těles neboli interakci. Interakce se projevuje při vzájemném dotyku těles (kop do míče) nebo prostřednictvím silových polí (v důsledku gravitačního pole se přitahují Země a Měsíc).

²⁴ rotační pohyb. [online]. Dostupné z: http://www.gvp.cz/~vinkle/mafynet/GeoGebra/fyzika/mechanika/rotace_translace_tesla/rotace.html

²⁵ UMTMB - Úvod [online]. Copyright © [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: http://www.umt-old.fme.vutbr.cz/_studium_/opory/kinematika_multimedia/index_files/pdf/kin03t.pdf

²⁶ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 46.

Podle původu interakci nebo podle toho, jaké objekty na sebe působí, jsou některé síly pojmenovány. Příkladem je síla tlaková, hydrostatická, gravitační, třecí.

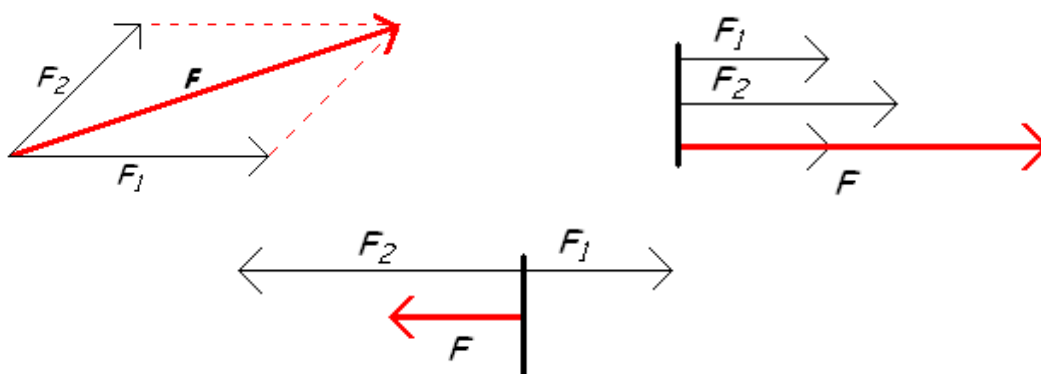


Obrázek 9²⁷ Charakteristika síly

Jestliže na těleso v jednom bodě působí více sil, můžeme je nahradit jednou jedinou silou, jejich výslednicí. Výslednice má stejný pohybový účinek jako síly, ze kterých byla složena. Postup, kterým se toto nahrazování sil provádí, se nazývá vektorové skládání sil.

Výslednice se rovná vektorovému součtu složek: $F = F_1 + F_2 + \dots + F_n = \sum_{i=1}^n F_i$.

Na obr. 10 jsou zaznamenány případy skládání dvou sil působící v jednom bodě. Síla F je výslednice sil.



Obrázek 10²⁸ Skládání sil

²⁷ <http://fyzika711.cz/vyuka/e-learning/silavykl.html>

„Síla o velikosti 1 N uděluje tělesu o hmotnosti 1 kg zrychlení o velikosti 1 ms^{-2} .“²⁹

2.2.2 Hmotnost tělesa

Jedna a ta samá síla udává různým předmětům různá zrychlení.

Pokud známe velikost výslednice síly působící na těleso a jeho zrychlení, můžeme podle vztahu $m = \frac{F}{a}$ vypočítat hmotnost tělesa.

2.2.3 Tíhová síla

„Tíhové zrychlení g uděluje tělesům v blízkosti povrchu Země tíhová síla F_G , kterou jsou všechna tělesa přitahována k Zemi.“³⁰

Tíhová síla vychází ze vztahu $F_G = mg$, přičemž tíhová síla má stejný směr jako tíhové zrychlení g .

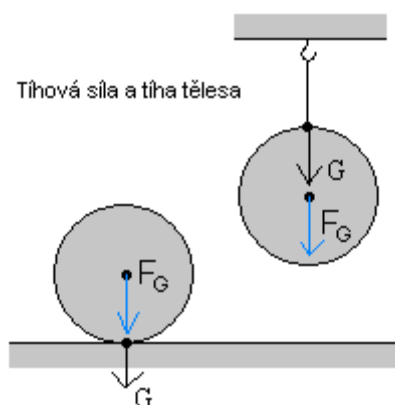
Důležité je od sebe odlišovat tíhovou sílu F_G a tíhu G , viz obr. 11. Největší a zásadní rozdíl mezi tíhovou silou F_G a tíhou G je v jejich vzniku. Tíhová síla F_G vzniká působením tíhového pole Země na dané těleso. Tíha G se projevuje jako tlaková síla působící na vodorovnou podložku nebo se může projevit jako síla tahová napínající závěs.³¹

²⁸ Matikaj.webnode.cz [online]. Dostupné z: <http://matikaj.webnode.cz/news/skladani-sil/>

²⁹ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 46

³⁰ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 46

³¹ Tíha a tíhová síla :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/61-tiha-a-tihova-sila>



Obrázek 11³² Tíhová síla a síla tělesa

2.2.4 Třecí síla

Pokud klouže těleso po nějaké podložce, působí na něj třecí síla F_t neboli tření. Třecí síla působí proti směru pohybu tělesa. Třecí síla je dána vztahem $F_t = F_n f$, kde F_n je kolmá síla působící mezi tělesy a f považujeme za součinitele smykového tření.

2.2.5 Hybnost

„Hybnost tělesa p je vektor, definovaný jako součin hmotnosti m a okamžité rychlosti tělesa v , teda $p = mv$, kde vektor hybnosti p má stejný směr jako vektor okamžité rychlosti.“

„Celková hybnost izolované soustavy těles se vzájemným silovým působením nemění.“³³

³² http://www.fyzikazuzu.webzdarma.cz/tihova_sila_a_tiha_telesa.htm

³³ SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3. str. 55.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

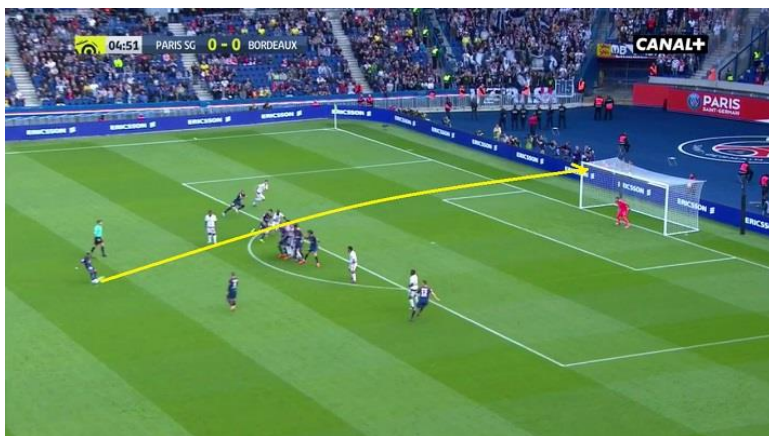
Vrcholový sportovci se neobejdou bez velkého realizačního týmu, který svého svěřence připravuje na mistrovské zápasy, turnaje a velké akce. Na takto vysokých úrovních hrají velkou roli pro nás maličkosti, ale právě u těchto sportovců to může velice ovlivnit jejich výkon.

Fyzika je nedílnou součástí každého sportu. V moderní době se používají různé metody a přístroje ke zlepšení výkonnosti a výsledků. Sportovec má možnost dopředu vědět, jak by se měl v dané situaci zachovat, jak reagovat, aby například vynaložil co nejméně úsilí nebo co zahrát za úder pro získání bodu.

Na příkladech níže můžeme vidět, jak velkou roli hraje fyzika v různých sportech.

3.1 Fotbal

Přímé kopy, které jsou kopány přes sestavenou zeď hráčů, jsou u fotbalistů velice oblíbené. Správně kopnutý „přímák“ může znamenat gól. Především záleží na šikovnosti hráče, ale rozhodují i jiné faktory. A protože ti nejlepší hráči kopou přímé kopy většinou tak, aby míč letěl nad zdí a snesl se pro brankaře nechyatelně do brány, vysvětlíme si, proč tomu tak je.

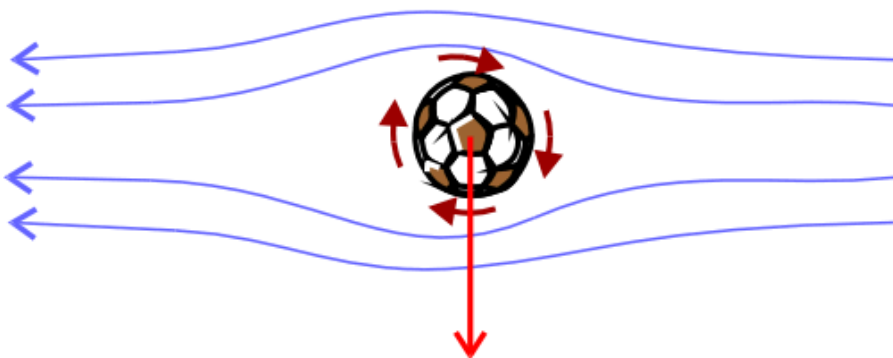


Obrázek 12³⁴ Fotbalový přímý kop

³⁴Sportone.cz [online]. Dostupné z: <http://www.sportone.cz/2017/10/01/video-neymar-vcera-nastartoval-golove-hody-touto-paradou-z-primeho-kopu/>

3.1.1 Vysvětlení odklonění střely od přímého směru

Po vykopnutí, kolem celého míče proudí vzduch nějakou rychlostí. Fotbalista míči udělil rotaci a to tím, že míč trefil pouze z jedné jeho strany, nikoliv uprostřed a balón se tedy otáčí kolem své osy. Nastane i kruhové proudění vzduchu, které způsobí míč svou rotací. Míč strhává vzduch, který je v jeho blízkosti a nutí ho k proudění ve směru své rotace, viz obr. 13.



Obrázek 13³⁵ Proudění vzduchu kolem míče

Nad míčem se potkají proudy vzduchu, které mají každý opačný směr. Z toho důvodu se proudění vzduchu nad míčem zpomaluje. Naopak na spodní straně míče se setkávají proudy vzduchu ve stejném směru, proto se také rychlost zvětšuje. Změny rychlosti proudění souvisí se změnami tlaku vzduchu. Tam, kde je pomalejší proudění se tlak zvyšuje, v místě rychlejšího proudění se tlak snižuje. Tlaková síla působí směrem dolů. Pro fotbalistu to znamená, že míč bude po vystřelení rychle klesat. Toto lze dokázat Bernoulliho rovnicí.

3.1.2 Bernoulliho rovnice

Bernoulliho rovnice vyjadřuje zákon zachování energie v proudící tekutině.

Celková mechanická energie se rovná součtu kinetické a potenciální energie tlakové. Součet těchto dvou energií zůstává během proudění konstantní.

³⁵ Projektysipvz.gytool.cz [online].
http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektysIPVZ/Default.aspx?uid=744

Dostupné z:

$$\frac{1}{2}pv^2 + p = konst.$$

Kinetickou energii objemové jednotky vyjadřuje první člen součtu, druhý člen vyjadřuje tlakovou energii. Hodnota součtu během proudění zůstává konstantní. To nám říká, že pokud se zvyšuje rychlost proudění, přibývá i kinetická energie a tím pádem energie tlaková se snižuje.

3.2 Tenis

Tenis, individuální sport, který má početné zastoupení fanoušků. Mnoha vrcholových sportovců využívá tenis jako doplňkový sport ke své regeneraci.

Tenis se hraje na různých površích a každému tenistovi vyhovuje právě jiný typ povrchu. Právě povrch je velice důležitý, a to hlavně z hlediska odskoku a rychlosti míčku.

Výzkumy ukázaly, že například míček od antuky odskočí s 59% svojí původní rychlosti, na betonu je to 68% a na trávě až 70%. A proto mnozí hráči na grandslamu v Londýně hrají „servis sít“, kvalitní servis s rychlým a nízkým odskokem soupeři neumožní vrátit kvalitní míček zpět a podávající toho na síti může dobře využít.

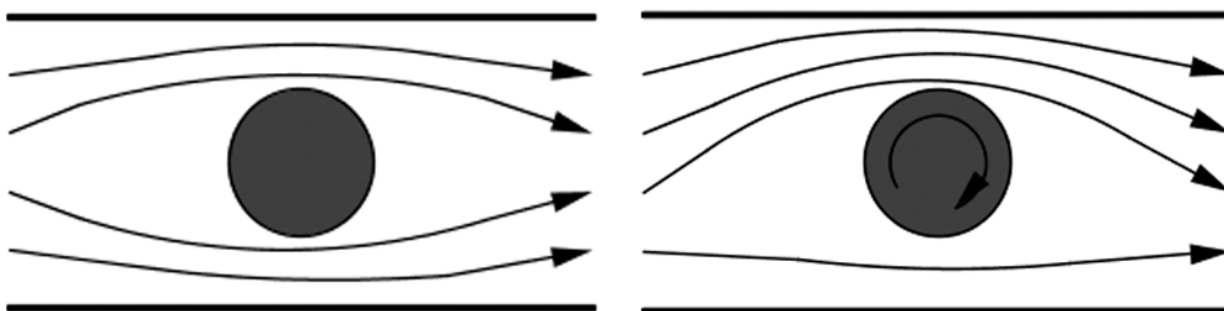
V tenise se využívá i velké množství různých úderů. Čím lépe se jednotlivý úder odehraje, tak je v podstatě nechyatelný.

Čop neboli slajs je druh úderu, kterým jsou proslulí někteří tenisoví hráči. Například Radek Štěpánek, měl tento úder velice v oblibě. Pohyb rakety je veden shora dolů a tím udává míčku dolní rotaci. Míč je roztočen okolo vodorovné osy vzad vzhůru (horní část míče rotuje proti směru letu). Letová dráha je při správném odehrání úderu vodorovná se sítí a míček má velmi nízký a zpětný odskok. Při tomto úderu se uplatňuje Magnusův jev.

3.2.1 Magnusův jev

„Pohybuje-li se v tekutině rotační těleso (např. válec) otáčející se kolem své rotační osy, dochází k zakřivování jeho trajektorie. Tento jev se nazývá Magnusův jev. Jev vzniká proto, že rotující válec strhává do rotace tzv. mezní vrstvu vzduchu – tenkou vrstvu vzduchu

těsně u povrchu válce. Ta pak ovlivňuje pohyb vzduchu kolem válce. Na jedné straně (horní) jej urychluje, na druhé (spodní) jej naopak brzdí. V souladu s Bernoulliho rovnicí vzniká na protilehlých stranách rozdíl tlaků a tedy i síla zakřivující dráhu válce. Na tomto principu se zakládají všechny tzv. falšované míče (estonské, japonské podání, topspin, drajv, rohový kop).“³⁶



Obrázek 14³⁷ Magnusův jev

3.3 Curling

Olympijský sport zvaný curling, je zimní disciplína, která se hraje s kameny vyrobenými z žuly. Kameny mají průměr nejvíce 29 cm, výšku nejméně 11,45 cm a hmotnost nesmí být větší než 20 kg.

Cílem je dopravit po ledu své kameny do označeného prostoru. Hráč, který odhazuje svůj kámen, ho uchopí za držadlo, odrazí se jednou nohou, v předklonu suně po ledu kámen před sebou a před vyznačenou čarou ho vypustí s rotací směrem k cíli.

Po celou dobu, co se kámen pohybuje, mohou spoluhráči před kamenem zametat a tím ovlivnit jeho trajektorii a směřovat ho k cíli. Tím, jak moc zametači tlačí na led ovlivňují

³⁶ Magnusův jev | Eduportál Techmania. Eduportál | Eduportál Techmania [online]. Copyright © Techmania Science Center, o.p.s. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/tekutiny/obtekani-teles/magnusuv-jev>

³⁷ Magnusův jev | Eduportál Techmania. Eduportál | Eduportál Techmania [online]. Copyright © Techmania Science Center, o.p.s. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/tekutiny/obtekani-teles/magnusuv-jev>

zahřátí ledu a následné tření kamene. Právě zametání je jedním z nejdůležitějších úkolů v curlingu. Hráč musí přesně vědět co dělá, nejen, že může měnit tření, ale i rychlost, rotaci, směr a celkovou dráhu kamene. Dráha se dá metením prodloužit až o 3 metry.



Obrázek 15³⁸ Curlingové kameny



Obrázek 16³⁹ Curling

³⁸ Folio [online]. Dostupné z: <https://www.folio.ca/ice-scientist-puts-new-spin-on-why-curling-rocks-curl/>

³⁹ [online]. Copyright © 2019 Washingtonian Media Inc. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <https://www.washingtonian.com/2018/02/28/so-many-people-want-to-try-curling-right-now-that-its-hard-to-get-into-a-club/>

3.4 Sjezdové lyžování

Pro každého závodního lyžaře platí stejný úkol, sjet co nejrychleji vytýčenou trať. Lyžaři nepoužívají ale žádné motory, ten jediný, který jim při rozjezdu pomáhá je gravitační síla Země, přesněji tíhová síla. Čím je kopec prudší, tím více působí tíhová síla, kterou může omezovat odpor vzduchu nebo odpor sněhu. Závodník se snaží od startu zvyšovat svoji rychlost. A protože v cíli hrají roli setiny sekund, je velice důležitá lyžařská technika.

Při otočení kolem slalomové tyčky je hlavní úkol neztratit rychlost.

„Práce vložena do přiblížení těla lyžaře k ose otáčení se změní vzrůst kinetické energie, projevující se zvýšením jízdy lyžaře. Aby tomu tak bylo, lyžař musí krčit a následně napínat dolní končetiny v průběhu oblouku, kdy je závodník nakloněn dovnitř oblouku, obr. 17. V tomto případě se, obrazně řečeno, pohybuje jako na houpačce pomyslně šikmo zavěšené přibližně nad průmětem pomyslného středu otáčení, což podle principu zachování impulsu způsobí zvýšení rychlosti rotace jeho pomyslné „houpačky“. Čím více se podaří přiblížit tělo ke středu otáčení (pocitově šikmo nahoru), tím více stoupne rychlost rotace – tedy rychlost jízdy lyžaře.“⁴⁰



Obrázek 17⁴¹ Lyžař v oblouku

⁴⁰ Alpské disciplíny - Aktuality | Czech ski. Svaz lyžařů ČR - Oficiální stránky Českého svazu lyžařů [online]. Copyright © Svaz lyžařů České republiky 2007 [cit. 12.06.2019]. Dostupné z: <https://www.czech-ski.com/alpske-discipliny/aktuality>

⁴¹ Mistrovství světa v alpském lyžování je tady. Nominace, program, české ambice... - Závodní lyžování - Články o lyžování - SNOW.CZ. Lyže a lyžování - SNOW - sníh, počasí na horách [online]. Copyright © SNOW CZ s.r.o.

3.5 Atletika

3.5.1 Skok vysoký

Skok do výšky je atletická disciplína, při které se snaží závodníci přeskočit laťku umístěnou na stojanech. Závodník se může rozběhnout a poté se odrazit pouze z jedné nohy. V průběhu závodu se laťka vždy zvyšuje a závodníci postupně končí pro nesplnění podmínek disciplíny – nepřeskočení laťky.

V dnešní době je nejpoužívanější ve skoku vysokém styl, kterému se říká flop. Technika, kdy závodník překonává laťku v letu na zádech.

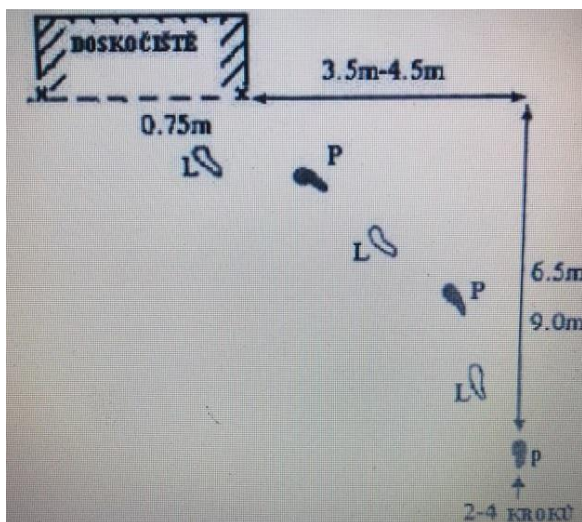
Flop je charakteristický velmi rychlým rozběhem po oblouku, začátkem rotací při odrazu a postupným přechodem celého těla zády přes laťku.

Skokan se rozbíhá vždy druhou nohou, než je noha odrazová. Atlet se rozbíhá v prvních krocích mírně šikmo k laťce, od čtvrtého, pátého kroku odbočí z počáteční dráhy a dále pokračuje po oblouku. Rozběh závodníka je zpravidla švihovým způsobem, pouze první kroky jsou prováděny šlapavým během, a to k získání rychlosti. Předposlední krok je nejdelší, a naopak poslední krok před odrazem je nejkratší, slouží ke snížení těžiště a přípravě na samotný odraz. Tím, že se skokan rychle rozbíhá, musí čelit odstředivé síle při zatáčení ke stojanu, a proto se naklání do středu oblouku.

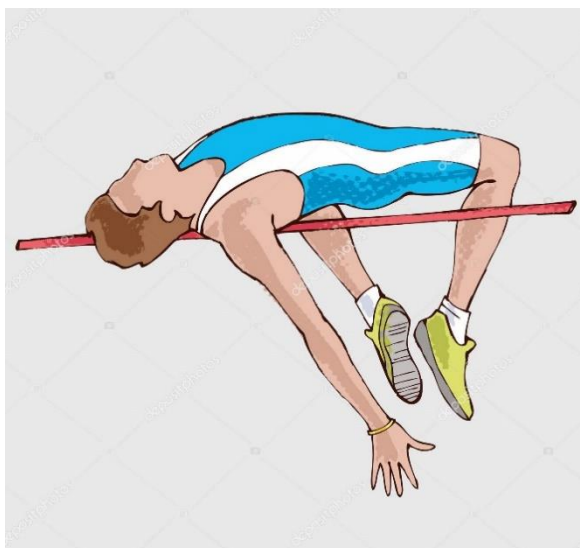
Skokan se dostane přes laťku pomocí setrvačností rozběhu, odrazu dolních končetin a švihu. Ještě na zemi, při odrazu je vyvolán rotační impuls, díky kterému se skokan při letu přetáčí. Rotační impuls je způsoben na základě vychýlení těžiště mimo směr působení odrazové síly.

Zajímavé je, že skokan svoje těžiště nikdy nedostane výš, než je laťka. Těžiště je ve většině případů pod laťkou anebo pak v úrovni laťky, záleží na postavení jednotlivých částí těla skokana.

Při dopadu stále pokračuje rotace skokana kolem příčné osy těla, a to způsobuje přetáčení hlavou zad a dolů. Z bezpečnostního hlediska závodník při dopadu hlavu přitahuje k nohám a následný dopad je prováděn pouze na záda nebo ramena.⁴²



Obrázek 18⁴³ Rozběh u skoku vysokého - styl flop



Obrázek 19⁴⁴ Přechod přes laťku

⁴² [online]. Copyright ©Q [cit. 03.07.2019]. Dostupné z: <https://publi.cz/download/publication/702?online=1>

⁴³ [online]. Copyright ©Q [cit. 03.07.2019]. Dostupné z: <https://publi.cz/download/publication/702?online=1>

⁴⁴ Skok Vysoký Sportovec Ruční Kresba Ilustrace Skok Vysoký Sportovec Sport — Stock Vektor © trattiertratti #215851432. Stock fotografie, Royalty Free obrázky, vektorové umění, filmové záběry | Depositphotos [online]. Copyright © trattiertratti [cit. 03.07.2019]. Dostupné z: <https://cz.depositphotos.com/215851432/stock-illustration-high-jump-athlete-hand-drawing.html>

3.6 Volejbal

Volejbal je halový sport, kde proti sobě hrají družstva o šesti lidech. Snahou je odehrát míč přes síť k soupeři tak, aby dopadl na zem na jeho polovinu hřiště. První úder, který uvede míč do hry se nazývá podání. Tímto úderem nechceme k soupeři jen lehce přendat míč, ale snažíme se co nejvíce znepříjemnit soupeřovo přihrávku. Proto se také podání říká někdy první útočný úder.

Podání máme několik typů, v ženském volejbale se nejčastěji používá „plachta“. Plachtící podání je pro přijímací hráče jedno z nejtěžších, a to především kvůli jeho nepředvídatelnosti.

Do míče se za koncovou čarou musí udeřit tak, aby vůbec nerotoval. Čím menší udáme míči rotaci, tím lepší plachtící podání. Toho můžeme docílit jedině velmi prudkým odbitím co nejvíce do středu míče. Po ztrátě prudkosti míče, kdy letí po přímce, začne sestupovat a tím se jeho dráha stává nepravidelnou. Způsobují to stejné aerodynamické zákonitosti, které ovlivňují trajektorii rotujících míčů. Rozdíl je v tom, že rotující míč je obtékán pravidelně, proto i zakřivení dráhy je pravidelné a čitelné. Nerotující míč je po ztrátě horizontální rychlosti v sestupné fázi letu obtékán nepravidelně, a proto i odchylky další dráhy jsou nepředvídatelné.

3.6.1 Měření smečářského a blokařského dosahu ve volejbale

Jak moc se fyzika projevuje ve sportu a jak ovlivňuje sportovní výkony si ukážeme v následujícím měření. Šest hráčů z volejbalového klubu se nechalo otestovat.

A protože většina volejbalistů tráví po sezóně léto na písku, kde místo klasického volejbalu hrají beachvolejbal, chtěla jsem ukázat, že ne každý dobrý halový volejbalista musí být také výborný beachvolejbalista. Centimetry pod nohama, kterými se pyšní v hale jim na písku značně chybí.

Testování bylo zaměřeno na volejbalový dosah a probíhalo v hale na rovném a tvrdém povrchu a na nerovném a nestabilním písku. Po každém měření se hráč protáhl a pokus

opakoval celkem pětkrát po sobě. Opakování stejného měření bylo z důvodu odchylek jednotlivých pokusů, což můžeme pozorovat hlavně pak na měření v písku, kde i pouze měření ve stoje nebylo vždy stejné a každý pokus se od předchozího lišil. Mezi pěti měřeními se povrch nijak neupravoval, vždy se upravil až pro měření dalšího hráče.

V hale byli hráči testování v teniskách.

3.6.1.1 Měření v hale

Dosah dvěma rukama ze země (blokařský dosah)

Hráč se postaví čelem ke stěně, kde je upevněný metr, který má mezi rukama. Obě nohy jsou celými chodidly na zemi a oběma rukama se snaží dosáhnout co nejvýše to jde, viz obr. 20. Měření opakujeme a vždy zapisujeme dosah ruky, která je výš.



Obrázek 20 Měření dosahu oběma rukama

	1.měření [cm]	2.měření [cm]	3. měření [cm]	4. měření [cm]	5. měření [cm]	Průměr měření	Průměrná odchylka v měření
1. hráč	238	238	239	238	239	238,40	0,48
2.hráč	230	230	230	230	229	229,80	0,32
3.hráč	225	225	225	224	224	224,60	0,48
4. hráč	234	234	234	234	234	234,00	0,00
5.hráč	244	244	244	243	244	243,80	0,32
6.hráč	240	240	240	240	240	240,00	0,00

Tabulka 5 Naměřené hodnoty dosahu oběma rukama ze země v hale

Dosah jednou rukou ze země (smečářský dosah)

Hráč se postaví bokem ke stěně, kde je upevněný metr. Obě nohy jsou celými chodidly na zemi a rukou se snaží dosáhnout co nejvýše to jde, viz obr. 21.



Obrázek 21 Měření dosahu jednou rukou

	1. měření [cm]	2. měření [cm]	3. měření [cm]	4. měření [cm]	5. měření [cm]	Průměr měření	Průměrná odchylka v měření
1.hráč	247	247	247,5	247	247,5	247,20	0,24
2.hráč	240,5	240,5	240	240,5	240,5	240,50	0,16
3.hráč	235	234	234,5	234	234	234,30	0,36
4.hráč	242	241,5	241,5	241,5	241,5	241,60	0,16
5.hráč	251	251	251	251	251,5	251,10	0,16
6.hráč	248,5	248,5	248,5	248,5	248	248,40	0,16

Tabulka 6 Naměřené hodnoty jednou rukou ze země v hale

Dosah dvěma rukama z výskoku (blokařský dosah)

Hráč se postaví čelně ke stěně, kde je umístěný metr s černou deskou, prsty na ruce si namaže křídou, nohy má lehce od sebe a při výskoku v nejvyšším bodě dohmátne na desku. Zapisuje se vždy nejvyšší bod na desce.

	1. měření [cm]	2. měření [cm]	3. měření [cm]	4. měření [cm]	5. měření [cm]	Průměr měření	Průměrná odchylka v měření
1. hráč	312	312,5	312	313	312,5	312,40	0,32
2.hráč	300	300	300,5	300	300,5	300,20	0,24
3.hráč	297,5	297,5	298,5	297,5	297	297,60	0,36
4. hráč	301,5	301,5	301	301	301	301,20	0,24
5.hráč	319,5	319,5	319	319	319,5	319,30	0,24
6. hráč	311	311,5	311	312	311	311,30	0,36

Tabulka 7 Naměřené hodnoty dvěma rukama z výskoku v hale

Dosah jednou rukou z výskoku (smečářský dosah)

Hráč se klasicky ze tří metrů rozběhne na smeč a při výskoku se snaží dohmátnout v co nejvyšším bodě na desku. Aby se dostal smečář co nejvýše, je potřeba dynamický rozběh a velká pomoc paží, které míří ze zášvihu právě nahoru.

Pokus se oproti předchozím provádí pouze proti desce, která je zavěšena ve vzduchu, aby hráč mohl po dopadu na zem bezpečně doskočit i o malý kousek za desku.



Obrázek 22⁴⁵ Smečářský rozběh

	1. měření [cm]	2. měření [cm]	3. měření [cm]	4. měření [cm]	5. měření [cm]	Průměr měření	Průměrná odchylka měření
1. hráč	338	337	337,5	338	337,5	337,60	0,32
2. hráč	330,5	330	330,5	330,5	330	330,30	0,24
3. hráč	325	325,5	326	325,5	325	325,40	0,32
4. hráč	331	331,5	332	331	331,5	331,40	0,32
5. hráč	344	344	343	343,5	344	343,70	0,36
6. hráč	339	338	338,5	337,5	337,5	338,10	0,52

Tabulka 8 Naměřené hodnoty jednou rukou z výskoku v hale

⁴⁵ TJ Sokol Město Touškov - Fotbal, Bowling, Cyklistika, Volejbal, Turistika, Tenis [online]. Copyright © [cit. 11.06.2019]. Dostupné z: <http://www.tjsokolmestotouskov.cz/volejbal/mladez/blog/>

Měření na písku

Měření na písku se provádí naprosto stejně jako předchozí měření v hale.

Dosah dvěma rukama ze země (blokařský dosah)

	1. měření [cm]	2. měření [cm]	3. měření [cm]	4. měření [cm]	5. měření [cm]	Průměr měření	Průměrná odchylka v měření
1. hráč	237,5	237,5	237	236	238	237,20	0,56
2. hráč	230	230,5	228,5	228,5	229	229,30	0,76
3. hráč	224,5	224	225	225,5	225,5	224,90	0,52
4. hráč	234,5	234	233	233	233,5	233,60	0,52
5. hráč	243,5	244	244,5	244	243,5	243,90	0,32
6. hráč	239	240	239,5	239,5	240	239,60	0,32

Tabulka 9 Naměřené hodnoty dosahu dvěma rukama ze země na písku

Dosah jednou rukou ze země (smečářský dosah)

	1. měření [cm]	2. měření [cm]	3. měření [cm]	4. měření [cm]	5. měření [cm]	Průměr měření	Průměrná odchylka v měření
1. hráč	247	247,5	246	246,5	247	246,80	0,44
2. hráč	240	240,5	240	240,5	240	240,20	0,24
3. hráč	235,5	234	235	235	235,5	235,00	0,40
4. hráč	241,5	242	242	242,5	241,5	241,90	0,32
5. hráč	250	250,5	250	250	251,5	250,40	0,48
6. hráč	248,5	248	248,5	248	248,5	248,30	0,24

Tabulka 10 Naměřené hodnoty dosahu jednou rukou ze země na písku

Dosah dvěma rukama z výskoku (blokařský dosah)

	1. měření [cm]	2. měření [cm]	3. měření [cm]	4. měření [cm]	5. měření [cm]	Průměr měření	Průměrná odchylka z měření
1. hráč	300	297,5	300,5	298	297	298,60	1,32
2. hráč	287,5	285	285	287	287,5	286,40	1,12
3. hráč	290,5	290	287	288,5	287	288,60	1,32
4. hráč	290,5	291	287	291	288	289,50	1,60
5. hráč	305,5	302	305	306	303,5	304,40	1,32
6. hráč	298	301	301,5	299	298	299,50	1,40

Tabulka 11 Naměřené hodnoty dosahu dvěma rukama z výskoku na písku

Dosah jednou rukou z výskoku (smečářský dosah)

	1. měření [cm]	2. měření [cm]	3. měření [cm]	4. měření [cm]	5. měření [cm]	Průměr měření	Průměrná odchylka v měření
1. hráč	330	327,5	331,5	330,5	330	329,90	0,96
2. hráč	319	322	320,5	321	319,5	320,40	0,92
3. hráč	317,5	318	315	317,5	316	316,80	1,04
4. hráč	323,5	319,5	321,5	320,5	321	321,20	1,04
5. hráč	337,5	336,5	335	336,5	338,5	336,80	0,96
6. hráč	330,5	333	330,5	330,5	329	330,70	0,92

Tabulka 12 Naměřené hodnoty dosahu jednou rukou z výskoku na písku



Obrázek 21⁴⁶ Plážový volejbal

⁴⁶ Czech and Slovak beach party | VolleyCountry. Volleyball is Our Passion | VolleyCountry [online]. Copyright © 2004 [cit. 11.06.2019]. Dostupné z: <https://volleycountry.com/cz/novinky/pozvanka-na-czech-and-slovak-beach-party>

3.6.1.2 Porovnání měření

V tab. 13 můžeme porovnat průměrný dosah jednou i dvěma rukama v hale a na písku. Výsledky jednotlivých měření hráčů z haly a z písku se od sebe liší, je to způsobeno nestabilním terénem venku a také obuví, která není na písku použita. Při tomto měření ale nedochází k takovým velkým rozdílům jako v měřeních dalších.

	Dosah oběma rukama z místa [cm]		Dosah jednou rukou z místa [cm]	
	hala	Písek	hala	písek
1. hráč	238,40	237,20	247,20	246,80
2. hráč	229,80	229,30	240,50	240,20
3. hráč	224,60	224,90	234,30	235,00
4. hráč	234,00	233,60	241,60	241,90
5. hráč	243,80	243,90	251,10	250,40
6. hráč	240,00	239,60	248,40	248,30

Tabulka 13 Porovnání dosahu z místa v hale a na písku

V tab. 14 jsem k porovnání vybrala průměrné odchylky měření dosahu oběma rukama z místa. Odchylky u jednotlivých hráčů na písku jsou pokaždé větší než odchylky v hale, pouze jednou se rovnají. Na tomto měření jsem chtěla ukázat, že i zdánlivě lehké měření bez výskoku, pouze ze země, ale na nerovném terénu jako je písek se může lišit u každého pokusu. V hale se hráč postaví pokaždé na stejně rovnou plochu, na písku stačí ale i postavení měřícího o několik milimetrů vedle než při pokusu předchozím a dosah se může lišit i o několik centimetrů, proto větší odchylky.

	Průměrná odchylka měření dosahu oběma rukama z místa	
	Hala	písek
1. hráč	0,48	0,56
2. hráč	0,32	0,76
3. hráč	0,48	0,52
4. hráč	0,00	0,52
5. hráč	0,32	0,32
6. hráč	0,00	0,32

Tabulka 14 Porovnání odchylek v měření dosahu oběma rukama v hale a na písku

	Dosah oběma rukama z výskoku [cm]		Průměrná odchylka	
	hala	Písek	hala	písek
1. hráč	312,40	298,60	0,32	1,32
2. hráč	300,20	286,40	0,24	1,12
3. hráč	297,60	288,60	0,36	1,32
4. hráč	301,20	289,50	0,24	1,60
5. hráč	319,30	304,40	0,24	1,32
6. hráč	311,30	299,50	0,36	1,40

Tabulka 15 Porovnání naměřených hodnot dosahu oběma rukama z výskoku v hale a na písku

V tab. 15 je porovnáván dosah blokařského výskoku v hale a na písku. Můžeme vidět, že v hale každý hráč doskočí výše než na písku, a to i o více než deset centimetrů. Zajímavé na

tomto měření jsou opět průměrné odchylky měření. V hale je průměrná odchylka dosahu nejvyšší 0,36. Na písku se odchylka o dost zvýšila. Při každém skoku na písku se hráč odrazí ne na stejně rovném povrchu. Pokud se hráč odrazí z dolíku v písku a při dalším pokusu naopak z nějakého hrbolu, může se každý pokus lišit až o několik centimetrů, tab. 11. Důležitou roli zde také hraje stabilita hráče, oproti rovnému povrchu v hale je písek velice nestabilní a hráč tak ztratí rychle stabilitu.

V tab. 16 můžeme pozorovat stejné měření jako v předchozí tabulce, ale zde se jedná o smečářský výskok. Opět hráči na písku skáčou méně a průměrná odchylka je v hale nižší. Zde může hrát důležitou roli také vítr, se kterým se v hale nesetkáme a který může zrychlit nebo naopak zpomalit rozběh hráče a tím ovlivnit následný výskok.

	Dosah jednou rukou z výskoku [cm]		Průměrná odchylka	
	hala	Písek	hala	písek
1. hráč	337,60	329,90	0,32	0,96
2. hráč	330,30	320,40	0,24	0,92
3. hráč	325,40	316,80	0,32	1,04
4. hráč	331,40	321,20	0,32	1,04
5. hráč	343,70	336,80	0,36	0,96
6. hráč	338,10	330,70	0,52	0,92

Tabulka 16 Porovnání naměřených hodnot dosahu jednou rukou z výskoku v hale a na písku

V poslední tabulce 17 je k porovnání blokařský a smečářský dosah z výskoku. Můžeme sledovat, že u blokařského dosahu je hráč i o třicet centimetrů níže než při smečářském výskoku. Blok se provádí pouze vyskočením z místa, kde si hráč může pomoci do výskoku pouze z podřepu. Smečářský výskok je prováděn třemi, někdy i více kroky, kde v těchto

prvních krocích získává rychlost, která mu poté při odrazu za pomoci paží a velkého podřepu pomůže k vyššímu výskoku a tím vyššímu dosahu. Čím větší rychlost a agresivitu smečář získá, tím je lepší.

	Dosah ve výskoku v hale [cm]	
	Blokařský výskok	Smečářský výskok
1. hráč	312,40	337,60
2. hráč	300,20	330,60
3. hráč	297,60	325,40
4. hráč	301,20	331,40
5. hráč	319,30	343,70
6. hráč	311,30	338,10

Tabulka 17 Porovnání blokařského a smečářského výskoku v hale

4 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vysvětlit teorii fyziky a ukázat ji ve spojení ke sportu. Dokázat i nesportovcům, jak velkou roli hraje právě fyzika ve sportovních výsledcích. Proč každý přímý kop ve fotbale neskončí gólem nebo proč se ve volejbale podání označuje za první útočný úder.

Měření dosahu na hráčích z Volejbalového klubu České Budějovice bylo velice přínosné i pro mne. Nevěřila jsem, že právě na pouhém dosahu ze země na písku budou v jednotlivých pokusech stejného hráče takové rozdíly. Že výskok na písku bude pro hráče mnohem těžší a každý vyskočí méně než v hale, jsem předpokládala už před měřením, ale takovéto velké rozdíly mne samotnou také překvapili.

Použité zdroje

Knižní zdroje

BOLLETTIERI, Nick. Bollettieriho tenisová škola. Přeložil René SOUČEK. Praha: Grada Publishing, [2017]. Sport extra. ISBN 9788027100590.

HALLIDAY, David, Jearl WALKER a Robert RESNICK. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Brno: VUTIUM, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0.

HANÍK, Zdeněk. Volejbal: viděno třemi : od základních odbití po herní činnosti. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2744-8.

LEPIL, Oldřich. Fyzika pro gymnázia: Mechanické kmitání a vlnění. Praha: Prometheus, 1994. ISBN 9788090161962.

LEPIL, Oldřich, Milan BEDNAŘÍK a Radmila HÝBLOVÁ. Fyzika pro střední školy I. 5., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2012. Učebnice pro střední školy (Prometheus). ISBN 978-80-7196-428-5.

MUSIL, Dalibor a Jiří REICHERT. Lyžování od základů po freestyle. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2135-4.

SVOBODA, Emanuel. Přehled středoškolské fyziky. 2. přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 1996. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-7196-006-3.

ŠÁMAL, Oldřich. Technická mechanika: kinematika. Praha: Informatorium, 2018. ISBN 978-80-7333-134-4.

VALÁŠEK, Michael, Zbyněk ŠIKA a Václav BAUMA. Mechanika B. V Praze: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02919-0.

Internetové zdroje

Okamžitá a průměrná rychlost hmotného bodu - FYZIKA 007. FYZIKA 007 [online]. Dostupné z: http://www.fyzika007.cz/mechanika/rychlost-hmotneho-boduhttp://kvinta.html.wz.cz/fyzika/mechanika/kinematika/rychlost_hmotneho_bodu.htm

<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/65-svisly-vrh-vzhuru> VOLNÝ PÁD [online]. Copyright © 2019 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3150712/>

Voderek.wz.cz [online]. Copyright © 2002 [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <http://www.voderek.wz.cz/fyzika/fyzika6/f611.htm>

Svislý vrh vzhůru :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 23.06.2019]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/65-svisly-vrh-vzhuru>

Mechanika tuhého [online]. Copyright © 2019 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/1904380/>

rotační pohyb. [online]. Dostupné z: http://www.gvp.cz/~vinkle/mafynet/GeoGebra/fyzika/mechanika/rotace_translace_telesa/rotace.html

UMTMB - Úvod [online]. Copyright © [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: http://www.umt-old.fme.vutbr.cz/_studium_/opory/kinematika_multimedia/index_files/pdf/kin03t.pdf

Matikaj.webnode.cz [online]. Dostupné z: <http://matikaj.webnode.cz/news/skladani-sil/>

Tíha a tíhová síla :: MEF. Fyzika :: MEF [online]. Copyright © 2006 [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/61-tiha-a-tihova-sila>

[online]. Dostupné z: http://www.fyzikazuzu.webzdarma.cz/tihova_sila_a_tiha_telesa.htm

Sportone.cz [online]. Dostupné z: <http://www.sportone.cz/2017/10/01/video-neymar-vcera-nastartoval-golove-hody-touto-paradou-z-primeho-kopu/>

Projektysipvz.gytool.cz [online]. Dostupné z:
<http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=744>

Magnusův jev | Eduportál Techmania. Eduportál | Eduportál Techmania [online]. Copyright © Techmania Science Center, o.p.s. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z:
<https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/tekutiny/obtekani-teles/magnusuv-jev>

Folio [online]. Dostupné z: <https://www.folio.ca/ice-scientist-puts-new-spin-on-why-curling-rocks-curl/>

[online]. Copyright © 2019 Washingtonian Media Inc. [cit. 26.04.2019]. Dostupné z:
<https://www.washingtonian.com/2018/02/28/so-many-people-want-to-try-curling-right-now-that-its-hard-to-get-into-a-club/>

Alpské disciplíny - Aktuality | Czech ski. Svaz lyžařů ČR - Oficiální stránky Českého svazu lyžařů [online]. Copyright © Svaz lyžařů České republiky 2007 [cit. 12.06.2019]. Dostupné z:
<https://www.czech-ski.com/alpske-discipliny/aktuality>

Mistrovství světa v alpském lyžování je tady. Nominace, program, české ambice... - Závodní lyžování - Články o lyžování - SNOW.CZ. Lyže a lyžování - SNOW - sníh, počasí na horách [online]. Copyright © SNOW CZ s.r.o.

[online]. Copyright ©Q [cit. 03.07.2019]. Dostupné z:
<https://publi.cz/download/publication/702?online=1>

Skok Vysoký Sportovec Ruční Kresba Ilustrace Skok Vysoký Sportovec Sport — Stock Vektor © trattieritratti #215851432. Stock fotografie, Royalty Free obrázky, vektorové umění, filmové záběry | Depositphotos [online]. Copyright © trattieritratti [cit. 03.07.2019]. Dostupné z:
<https://cz.depositphotos.com/215851432/stock-illustration-high-jump-athlete-hand-drawing.html>

TJ Sokol Město Touškov - Fotbal, Bowling, Cyklistika, Volejbal, Turistika, Tenis [online]. Copyright © [cit. 11.06.2019]. Dostupné z:
<http://www.tjsokolmestotouskov.cz/volejbal/mladez/blog/>

Czech and Slovak beach party | VolleyCountry. Volleyball is Our Passion | VolleyCountry [online]. Copyright © 2004 [cit. 11.06.2019]. Dostupné z: <https://volleycountry.com/cz/novinky/pozvanka-na-czech-and-slovak-beach-party>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Souřadnicová osa	10
Obrázek 2 Graf zrychleného pohybu	13
Obrázek 3 Graf zrychlení působící ve/proti směru rychlosti.....	14
Obrázek 4 Volný pád.....	16
Obrázek 5 Trajektorie šikmého vrhu	17
Obrázek 6 Posuvný pohyb.....	18
Obrázek 7 Otáčivý pohyb	19
Obrázek 8 Rotační pohyb	19
Obrázek 9 Charakteristika síly	21
Obrázek 10 Skládání sil.....	21
Obrázek 11 Tíhová síla a síla tělesa	23
Obrázek 12 Fotbalový přímý kop.....	24
Obrázek 13 Proudění vzduchu kolem míče	25
Obrázek 14 Magnusův jev	27
Obrázek 15 Curlingové kameny	28
Obrázek 16 Curling	28
Obrázek 17 Lyžař v oblouku	29
Obrázek 18 Rozběh u skoku vysokého - styl flop	31
Obrázek 19 Přejít přes laťku	31
Obrázek 20 Měření dosahu oběma rukama	33
Obrázek 21 Měření dosahu jednou rukou.....	35
Obrázek 22 Smečářský rozběh	37

Seznam tabulek

Tabulka 1 Naměřené hodnoty okamžité rychlosti	14
Tabulka 2 Vztahy pro rychlost a dráhu	15
Tabulka 3 Vztah pro okamžitou rychlost a dráhu padajícího tělesa.....	16
Tabulka 4 Pohyb šikmého vrhu	17
Tabulka 5 Naměřené hodnoty dosahu oběma rukama ze země v hale	34
Tabulka 6 Naměřené hodnoty jednou rukou ze země v hale.....	35
Tabulka 7 Naměřené hodnoty dvěma rukama z výskoku v hale	36
Tabulka 8 Naměřené hodnoty jednou rukou z výskoku v hale	37
Tabulka 9 Naměřené hodnoty dosahu dvěma rukama ze země na písku	38
Tabulka 10 Naměřené hodnoty dosahu jednou rukou ze země na písku.....	39
Tabulka 11 Naměřené hodnoty dosahu dvěma rukama z výskoku na písku	39
Tabulka 12 Naměřené hodnoty dosahu jednou rukou z výskoku na písku	40
Tabulka 13 Porovnání dosahu z místa v hale a na písku	41
Tabulka 14 Porovnání odchylek v měření dosahu oběma rukama v hale a na písku	42
Tabulka 15 Porovnání nam. hodnot dosahu oběma rukama z výskoku v hale a na písku.....	42
Tabulka 16 Porovnání naměřených hodnot dosahu jednou rukou z výskoku v hale a na písku	43
Tabulka 17 Porovnání blokařského a smečářského výskoku v hale	44