

# Maturitní příprava k fyzice

Jakub Suchánek



# Obsah

<b>I</b>	<b>Pokročilejší témata</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>Matematika</b>	<b>11</b>
1.1	Vektory . . . . .	11
1.2	Kombinatorika . . . . .	11
1.3	Komplexní čísla . . . . .	12
1.4	Trocha kalkulu . . . . .	12
1.5	Koule se občas rovná bod . . . . .	12
1.6	Tok a uzavřené plochy . . . . .	13
1.7	Síla a sféry . . . . .	13
<b>2</b>	<b>Elektřina a magnetismus</b>	<b>15</b>
2.1	Elektrické pole . . . . .	15
2.2	Náhodné procházky elektronů . . . . .	15
2.3	Pásová struktura !nejsem si tím příliš jistý! . . . . .	16
2.4	Maxwellovy rovnice . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Vesmír</b>	<b>17</b>
3.1	Speciální teorie relativity . . . . .	17
3.2	Obecná teorie relativity . . . . .	17
3.3	Gravitační vlny . . . . .	17
<b>II</b>	<b>Podle otázek</b>	<b>19</b>
<b>1</b>	<b>Kinematika hmotného bodu</b>	<b>21</b>
1.1	Hmotný bod . . . . .	21
1.2	Vztažná soustava . . . . .	21
1.3	Relativnost klidu a pohybu . . . . .	21
1.4	Kinematické veličiny . . . . .	21
1.5	Jednotky a vztahy pro rovnoměrný a rovnoměrně zrychlený pohyb hmotného bodu přímočarý i po kružnici . . . . .	22
1.6	Grafy . . . . .	23
<b>2</b>	<b>Dynamika křivočarých a přímočarých pohybů</b>	<b>25</b>
2.1	Newtonovy pohybové zákony . . . . .	25
2.2	Zákon zachování hybnosti (ZZH) . . . . .	25
2.3	Souvislost pohybových zákonů s volbou vztažné soustavy . . . . .	25
2.4	Podmínky platnosti zákonů v klasické mechanice . . . . .	25

<b>3</b>	<b>Druhy energií a jejich proměny</b>	<b>27</b>
3.1	Mechanická energie . . . . .	27
3.2	Mechanická práce . . . . .	27
3.3	Mechanická práce . . . . .	28
3.4	Teplo . . . . .	28
3.5	Přenos vnitřní energie . . . . .	28
3.6	Jouleovo teplo . . . . .	28
3.7	Energie magnetického pole cívky . . . . .	28
3.8	Energie elektrického pole kondenzátoru . . . . .	28
3.9	Přeměny energie v oscilátorech . . . . .	28
3.10	Zákony zachování energie . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Mechanika tuhého tělesa</b>	<b>31</b>
4.1	Posuvný a otáčivý pohyb tuhého tělesa . . . . .	31
4.2	Výsledek působení sil na těleso . . . . .	31
4.3	Dokonale tuhé těleso . . . . .	31
4.4	Momentová věta . . . . .	31
4.5	Jednoduché stroje . . . . .	31
4.6	Těžiště . . . . .	32
<b>5</b>	<b>Mechanika kapalin a plynů</b>	<b>33</b>
5.1	Struktura tekutin . . . . .	33
5.2	Zákony statiky a dynamiky tekutin . . . . .	33
<b>6</b>	<b>Gravitační pole, pohyby v tomto poli</b>	<b>35</b>
6.1	Všeobecný gravitační zákon . . . . .	35
6.2	Veličiny gravitačního pole . . . . .	35
6.3	Gravitační a tíhové pole . . . . .	35
6.4	Pohyby v radiálním a homogenním poli . . . . .	35
<b>7</b>	<b>Elektrostatické pole</b>	<b>37</b>
7.1	Vlastnosti elektrického náboje . . . . .	37
7.2	veličiny popisující elektrické pole . . . . .	37
7.3	Znázornění pole . . . . .	37
7.4	Vodič a izolant v elektrickém poli . . . . .	37
7.5	kondenzátory . . . . .	37
<b>8</b>	<b>Základní poznatky molekulové fyziky</b>	<b>39</b>
8.1	Kinetická teorie látek . . . . .	39
8.2	Vzájemné působení částic a jejich energie v různých skupenstvích . . . . .	39
8.3	Statistický přístup . . . . .	39
<b>9</b>	<b>Základy termodynamiky</b>	<b>41</b>
9.1	Vnitřní energie soustavy . . . . .	41
9.2	Teplo, teplota . . . . .	41
9.3	Kalorimetr . . . . .	41
9.4	Přenos vnitřní energie . . . . .	41
9.5	Tepelné motory . . . . .	41
9.6	Termodynamické zákony . . . . .	41

<b>10</b>	<b>Struktura a vlastnosti plynů</b>	<b>43</b>
10.1	Ideální plyn . . . . .	43
10.2	Stavové veličiny . . . . .	43
10.3	Stavové rovnice . . . . .	43
10.4	Děje v plynech . . . . .	43
10.5	Grafy . . . . .	43
<b>11</b>	<b>Struktura a vlastnosti pevných látek</b>	<b>45</b>
11.1	Krystalická a amorfnní látka . . . . .	45
11.2	Ideální a kutečný krystal . . . . .	45
11.3	Vakance . . . . .	45
11.4	Deformace . . . . .	45
11.5	Hookův zákon . . . . .	45
11.6	Teplotní roztažnost . . . . .	45
<b>12</b>	<b>Elektrický proud v látce</b>	<b>47</b>
12.1	Podmínky vedení proudu . . . . .	47
12.2	Veličiny proud, napětí, odpor . . . . .	47
12.3	Vedení proudu v kapalinách, plynech a polovodičích . . . . .	47
<b>13</b>	<b>Polovodiče</b>	<b>49</b>
13.1	Příměsová a vlastní vodivost . . . . .	49
13.2	Vysvětlení PN přechodu . . . . .	49
13.3	Polovodičové součástky . . . . .	49
<b>14</b>	<b>Stejnoseměrný proud</b>	<b>51</b>
14.1	Elektrický proud v kovech . . . . .	51
14.2	Ohmův zákon . . . . .	51
14.3	Lineární vodiče . . . . .	51
14.4	Zdroje . . . . .	51
14.5	Kirchhoffovy zákony . . . . .	51
14.6	Zapojování rezistorů . . . . .	52
14.7	Práce a výkon elektrického proudu . . . . .	52
<b>15</b>	<b>Magnetické pole</b>	<b>53</b>
15.1	Pole permanentního magnetu . . . . .	53
15.2	Pole vodiče s proudem . . . . .	53
15.3	Rozdělení magnetických látek . . . . .	53
15.4	Působení magnetického pole na vodič a částice s nábojem . . . . .	53
<b>16</b>	<b>Nestacionární magnetické pole</b>	<b>55</b>
16.1	Elektromagnetická indukce . . . . .	55
16.2	Magnetický indukční krok . . . . .	55
16.3	Fradayův zákon . . . . .	55
16.4	Lenzův zákon . . . . .	55
16.5	Užití elektromagnetické indukce . . . . .	55
<b>17</b>	<b>Mechanické a elektrické kmity</b>	<b>57</b>
17.1	Nestacionární děje s periodickým průběhem . . . . .	57
17.2	Typy oscilátoru . . . . .	57
17.3	Veličiny kmitavého děje . . . . .	57
17.4	Skládání kmitů . . . . .	57
17.5	Nucené kmitání . . . . .	57

17.6	Rezonance oscilátorů . . . . .	57
17.7	Přeměny energie v oscilátorech . . . . .	57
<b>18</b>	<b>Střídavý proud</b>	<b>59</b>
18.1	Veličiny střídavého proudu . . . . .	59
18.2	Jednoduché obvody střídavého proudu . . . . .	59
18.3	Složené obvody střídavého proudu . . . . .	59
18.4	Výkon střídavého proudu . . . . .	59
18.5	Generátor . . . . .	59
18.6	Spotřebiče střídavého proudu . . . . .	59
<b>19</b>	<b>Mechanické vlnění</b>	<b>61</b>
19.1	Vznik . . . . .	61
19.2	Šíření vlnění . . . . .	61
19.3	Rovnice vlnění . . . . .	61
19.4	Odraz . . . . .	61
19.5	Lom . . . . .	61
19.6	Ohyb a stín vlnění . . . . .	61
19.7	Vlastnosti zvuku . . . . .	61
<b>20</b>	<b>Elektromagnetické vlnění</b>	<b>63</b>
20.1	Vznik . . . . .	63
20.2	Charakteristika elektromagnetického vlnění . . . . .	63
20.3	Šíření vlnění . . . . .	63
20.4	Přenos signálu elektromagnetickým vlněním . . . . .	63
<b>21</b>	<b>Vlnové vlastnosti světla</b>	<b>65</b>
21.1	Světlo jako druh vlnění . . . . .	65
21.2	Složené nebo monochromatické světlo . . . . .	65
21.3	Rychlost světla v různých prostředích . . . . .	65
21.4	Jevy, které potvrzují vlnovou teorii světla . . . . .	65
21.5	Disperze, interference, difrakce . . . . .	65
21.6	Odraz, lom a polarizace . . . . .	65
<b>22</b>	<b>Optické zobrazování a optické soustavy</b>	<b>67</b>
22.1	Geometrická optika . . . . .	67
22.2	Čočky a zrcadla . . . . .	67
22.3	Konstrukce obrazu . . . . .	67
22.4	Zobrazovací rovnice . . . . .	67
22.5	Oko . . . . .	67
22.6	Optické přístroje . . . . .	67
<b>23</b>	<b>Kvantová fyzika</b>	<b>69</b>
23.1	Fotoelektrický jev . . . . .	69
23.2	Planckova teorie . . . . .	69
23.3	Foton . . . . .	69
23.4	Comptonův jev . . . . .	69
23.5	Dualismus vln a částic . . . . .	69
23.6	De Broglieho vlny . . . . .	69

<b>24 Atomová a jaderná fyzika</b>	<b>71</b>
24.1 Modely atomu . . . . .	71
24.2 Periodická soustava prvků . . . . .	71
24.3 Elektronový obal z hlediska kvantových částic . . . . .	71
24.4 Laser . . . . .	71
24.5 Rentgenové záření . . . . .	71
24.6 Atomové jádro . . . . .	71
24.7 Radioaktivita . . . . .	71
<b>25 Vesmír</b>	<b>73</b>
25.1 Sluneční soustava . . . . .	73
25.2 Keplerovy zákony pohybu planet . . . . .	73
25.3 Teorie velkého třesku a rozpínání vesmíru . . . . .	73
25.4 Speciální teorie relativity . . . . .	73
25.5 Obecná teorie relativity . . . . .	73





Část I

## Pokročilejší témata



# Kapitola 1

## Matematika

### 1.1 Vektory

#### 1.1.1 Notace

$\mathbf{x}$  znamená vektor  $x$ , tedy tučné symboly jsou vektory.

#### 1.1.2 Pravidlo pravé ruky

$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = \mathbf{c}$$

Natažený ukazováček ve směru  $\mathbf{a}$ , prostředníček zahnutý do pravého úhlu ve směru  $\mathbf{b}$ , palec je do strany a ukazuje směr  $\mathbf{c}$ .

### 1.2 Kombinatorika

První dva známé fakty o kombinačních číslech:

1. Kombinační číslo  $\binom{n}{k}$  se dá spočítat paskalovým trojúhelníkem jako  $k$ -té číslo na  $n$ -tém řádku (Paskalův trojúhelník je indexovaný od 0).
2. Kombinační číslo  $\binom{n}{k}$  se dá spočítat jako  $\frac{n!}{k!(n-k)!}$ .

První se zamyslíme nad 2.  $\frac{n!}{(n-k)!}$  nám říká kolika způsoby můžeme vybrat  $k$  prvků, protože vždy když vybíráme další člen, máme o jednu možnost méně a když už máme  $k$  prvků tak skončíme. Část  $\frac{1}{k!}$  je tam kvůli tomu, že nás nezajímá v kterém pořadí jsme těch  $k$  členů získali.

Paskalův trojúhelník je mnohem zajímavější. Pokud se podíváme na nějaké číslo vede do něj z počátku mnoho cest složených z kroků doleva a doprava. Krok doleva si představíme jako není tam a krok doprava jako je tam. Proto  $n$ -tý řádek - rozhodovali jsme o  $n$  členech zda tam budou - a  $k$ -tý prvek na řádku -  $k$ -krát jsme řekli je tam. Takhle spočítáme kolik do  $k$ -tého čísla  $n$ -tého řádku vede cest, odpovídajících možným vybraným kombinacím, a to je právě kombinační číslo. Také si všimneme že součet každého řádku je  $2^n$ .

#### 1.2.1 Gausova křivka

Ve fyzice se často u náhodných veličin objevuje normální rozdělení (gausova křivka) a důvod pro to je, že normálové rozložení odpovídá přibližně tomu, že na osu  $x$  dáme  $k$  a na osu  $y$   $\frac{\binom{n}{k}}{2^n}$ , chyba je menší pro velké  $n$ . Normálové rozložení tedy dává rozložení pravděpodobností a pokud máme mnoho členů, reálné rozložení je mu velmi blízko (molekuly ve vzduchu, lidská výška - určována  $n$  různými geny).

## 1.3 Komplexní čísla

### 1.3.1 Sčítání

Sčítání komplexních čísel provádíme po složkách, tedy stejně jako u vektorů.

### 1.3.2 Násobení

Násobení můžeme také provádět po složkách, ale mnohem zajímavější je vynásobit velikosti a sečíst úhly. Důkaz:

Heldáme  $(a + bi)(c + di)$ , najdeme  $x, y, \alpha, \beta$  takové, že  $x \cos \alpha = a, x \sin \alpha = b, y \cos \beta = c, y \sin \beta = d$ . Potom:

$$\begin{aligned}(x \cos \alpha + x \sin \alpha i)(y \cos \beta + y \sin \beta i) &= xy \cos \alpha \cos \beta - xy \sin \alpha \sin \beta + xy \sin \alpha \cos \beta i + xy \cos \alpha \sin \beta i \\ &= xy \cos(\alpha + \beta) + xy \sin(\alpha + \beta)i \quad (1.1)\end{aligned}$$

## 1.4 Trocha kalkulu

### 1.4.1 Literatura

Kalkulus tu celý vysvětlovat nebudu, jen pár symbolů co budu dále používat, pokud kalkulus neumíte a nelíbí se vám školní učebnice, zde je trocha literatury:

Americká kniha, dobře se z ní učí, Peterson's Master the AP Calculus: <https://shamokinmath.wikispaces.com/file/view/Peterson's+Master+AP+Calculus.pdf>

Pokud chcete i důkazy a mnoho teorie, Matfyzická skripta z matematické analýzy: <http://www.karlin.mff.cuni.cz/~pick/analyza-pro-studenty.pdf>

Derivace ve fyzice, FO: <http://fyzikalniolympiada.cz/texty/matematika/difpoc.pdf>

Integrály ve fyzice, FO: <http://fyzikalniolympiada.cz/texty/matematika/intpoc.pdf>

Diferenciální rovnice ve fyzice, FO: <http://fyzikalniolympiada.cz/texty/matematika/difro.pdf>

### 1.4.2 Notace

$\int \mathbf{f}(l) \cdot d\mathbf{l}$  znamená, že máme integrovat podle křivky  $l$  a zároveň vynásobit kosínem úhlu  $\mathbf{f}(l)$  vůči křivce. Podobně tam může být vektorové křížové násoben nebo místo křivky můžeme integrovat podle plochy (potom bude náobení (křížové či skalární) vůči normálovému vektoru.  $\oint \mathbf{f}(l) \cdot d\mathbf{l}$  znamená, že křivka je uzavřená (například kružnice), podobně pro plochu (například sféra (povrch koule)).

### 1.4.3 Taylorův polynom

Používá se pro aproximaci polynomem v okolí zvoleného bodu, když je funkce složitá ale jsme schopni určit hodnotu několika derivací ve zvoleném bodě. Je definovaný vzorcem (pro funkci  $f(x)$  z bodu  $t$ ):

$$T_n^{f,a}(x) = \frac{f(t)(x-t)^0}{0!} + \frac{f'(t)(x-t)^1}{1!} + \frac{f''(t)(x-t)^2}{2!} + \frac{f'''(t)(x-t)^3}{3!} + \dots + \frac{f^{(n)}(t)(x-t)^n}{n!} \quad (1.2)$$

## 1.5 Koule se občas rovná bod

Pokud máme rovnici tvaru  $f(r) = \frac{k}{r^2}$  jako třeba u gravitačního či elektrostatického pole a jim odpovídajícím silám, a dané pole vychází z koule, kterou můžeme rozdělit na slupky o konstantní hustotě (planety, dutá koule, koule...), potom můžeme daný objekt nahradit hmotným bodem. Důkaz: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Mechanics/sphshell.html>

## 1.6 Tok a uzavřené plochy

Pokud pracujeme s takovouto funkcí ( $f(r) = \frac{k}{r^2}$ ) udávající pole, a zkoumáme objekt uvnitř uzavřené plochy, potom tok plochou nezávisí vůbec na tom jak ta plocha vypadá. Podobně to je u jiných toků, třeba tok kapaliny. Tok, označovaný  $\Phi$ , je v případě elektrického pole vyjádřený jako  $\int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$ , kde  $\mathbf{E}$  je intenzita elektrického pole, jindy to může být množství kapaliny protékající plochou, tedy ve vzorci se intenzita pole nahradí za rychlostní vektor. Představme si sféru těsně obalující zkoumané těleso. Když ji budeme rozšiřovat tak se nebude měnit tok (roste plocha a klesá intenzita/rychlost) a i když není uzavřená plocha sférou, efektivní plochu má stejnou (proto je tam skalární součin).

## 1.7 Síla a sféry

Pokud pracujeme se silou udanou funkcí ( $f(r) = \frac{k}{r^2}$ ), a zkoumáme objekt uvnitř sféry, nepůsobí na něj od ní žádná celková síla. Narozdíl od předchozího případu nemůžeme využít efektivní plochu, protože pokud je plocha v daném bodě pod větším úhlem má tam více hmoty/náboje. Pokud se ale podíváme na dva body na kouli v opačném směru, budou tečné plochy v těch bodech svírat stejný úhel vůči vzdálenosti mezi tělesem a daným bodem. Pokud toto platí tak nám to stačí, jelikož s rostoucí vzdáleností roste i plocha. Nyní ještě dokázat to tvrzení. Vezmeme si libovolný řez sférou, který obsahuje oba body (a tedy i těleso). Libovolný řez sférou bude kružnice a pokud pro všechny řezy budou tečny v bodech svírat stejný úhel k vzdálenostem, pak to bude platit i pro plochy. Tečné body a průsečík tečen vždy tvoří rovnoramenný trojúhelník, a můžeme si všimnout, že jelikož jsou body od tělesa v opačných směrech, jsou i s tělesem na přímce, a tedy na základně rovnoramenného trojúhelníku.



## Kapitola 2

# Elektřina a magnetismus

### 2.1 Elektrické pole

#### 2.1.1 Vodiče a nevodiče

Elektrické pole v dokonalém vodiči je vždy nulové, proto všechny náboj ve vodiči je na povrchu (viz. 1.6). Pro nevodiče to neplatí.

#### 2.1.2 Gaussův zákon

Gauss odvodil myšlenku 1.6 pro elektrické pole:

$$\Phi_E = \int_S E \cdot dS = \frac{Q}{\varepsilon} \quad (2.1)$$

### 2.2 Náhodné procházky elektronů

#### 2.2.1 Náhodné procházky po grafech

Mějme diskrétní multigraf  $G(V, E)$ . Náhodná procházka bude probíhat tak, že pokud se nacházíme v nějakém vrcholu tak si rovnoměrně náhodně vybereme jednoho ze sousedů do kterého se vydáme. Pravděpodobnostní rozložení  $P$  říká pro každý vrchol jaká je pravděpodobnost, že se na něm nacházíme. Každý graf má právě jedno stabilní pravděpodobnostní rozložení, tedy rozložení na kterém se časem ustálí. V tom bude platit:

$$\forall v \in V : \sum_{u:(v,u) \in E} P_u - P_v = 0 \quad (2.2)$$

Zavedeme do grafu několik bodů, kde bude pevně nastavená pravděpodobnost (musíme ji nastavit tak, aby na nich v průměru stále byla pravděpodobnost výskytu  $\frac{1}{n}$ ). I pro takový graf bude stabilní rozložení existovat.

#### 2.2.2 Aplikace na elektrický proud

Představíme si, že na každé hraně je jednotkový rezistor. Všimneme si, že rovnice 14.3 odpovídá Kirchhoffovu zákonu o proudu. A jelikož jsou všechny rezistory jednotkové, plyne z toho i Kirchhoffův zákon o napětí. Pokud máme mnoho elektronů, bude se jejich reálné rozložení velmi blížit pravděpodobnostnímu rozložení, pokud nás zajímá napětí v každém bodě, stačí všechny pravděpodobnosti vynásobit konstantou.

### 2.2.3 Skládání rezistorů

Plyne z 14.3. Pokud před vrcholem  $v$  spadlo napětí o  $x$ , spadne za vrcholem  $v$  o  $\frac{x}{k}$ , kde  $k$  je počet hran vedoucích k následujícímu vrcholu. Z toho máme rovnici pro paralelní rezistory, pro sériové je to intuitivní. Z tohoto také vyplívá rovnice pro odpor drátu.

### 2.2.4 Vodivost

Vodivost látky si můžeme představit takto: Každý vrchol (představující atom) má nějaké množství hran vedoucích ke každému sousedovi a nějaké množství smyček (hrana vedoucí z  $v$  do  $v$ ). Nevodiče budou mít mnoho smyček, protože většina elektronů se nikam nehýbe, vodiče jich budou mít velmi málo.

### 2.2.5 Literatura

Podrobně s důkazy to můžete nalézt v této knize

<https://rajsain.files.wordpress.com/2013/11/randomized-algorithms-motwani-and-raghavan.pdf>

## 2.3 Pásová struktura !nejsem si tím příliš jistý!

Pásová struktura je teorie, která vysvětluje příčiny vodivosti. Elektrony mohou zabírat různé orbitály v atomu, čím dál jsou od jádra, tím víc je to stojí energie (to je hodně zjednodušeně). Vždy je několik orbitalů s podobnou energií. Vodiče mají jednu takovou skupinu jen částečně zaplněnou a proto je pro elektrony jednoduché se pohybovat - když se přesunou do jiného atomu, naleznou tam volný orbital se skoro stejnou energií. V nevodících by se elektron musel přesunout do jiné skupiny orbitalů a to stojí moc energie.

## 2.4 Maxwellovy rovnice

### 2.4.1 1



## Kapitola 3

# Vesmír

3.1 Speciální teorie relativity

3.2 Obecná teorie relativity

3.3 Gravitační vlny



Část II

Podle otázek



# Kapitola 1

## Kinematika hmotného bodu

Popisuje pohyb těles, ale nezabývá se příčinami pohybu.

### 1.1 Hmotný bod

Bezrozměrné těleso s přiřazenou hmotností. Zanedbává tedy rozměry a zanedbává hmotnost.

### 1.2 Vztažná soustava

Jelikož neexistuje éter, tedy nějaká nehybná substance, ke které můžeme vztáhnout pohyb, musíme si zvolit skupinu těles a prohlásit je za nehybné.

#### 1.2.1 Inerciální vztažná soustava

Inerciální vztažná soustava je taková vztažná soustava, kde platí 1. Newtonův zákon, tedy těleso se pohybuje rovnoměrně přímočaře právě tehdy, když výslednice sil na něj působících je nulová.

#### 1.2.2 Neinerciální vztažná soustava

Neinerciální vztažná soustava je taková vztažná soustava, kde neplatí 1. Newtonův zákon.

### 1.3 Relativnost klidu a pohybu

Neexistuje éter, takže klid a pohyb se musí určovat podle vztažné soustavy.

### 1.4 Kinematické veličiny

Dráha  $s$

$$s = \int v dt \quad (1.1)$$

Rychlost  $v$

$$v \equiv \frac{ds}{dt} = \int a dt \quad (1.2)$$

Zrychlení  $a$

$$\mathbf{a} \equiv \frac{d\mathbf{v}}{dt} \quad (1.3)$$

Úhlová dráha  $\theta$

$$\boldsymbol{\theta} \equiv \frac{\mathbf{s} \times \mathbf{r}}{r^2} = \int \boldsymbol{\omega} dt \quad (1.4)$$

Úhlová rychlost  $\omega$

$$\boldsymbol{\omega} \equiv \frac{d\boldsymbol{\theta}}{dt} = \int \boldsymbol{\alpha} dt = \frac{\mathbf{v} \times \mathbf{r}}{r^2} \quad (1.5)$$

Úhlové zrychlení  $\alpha$

$$\boldsymbol{\alpha} \equiv \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt} = \frac{\mathbf{a} \times \mathbf{r}}{r^2} \quad (1.6)$$

Dostředivé zrychlení  $a_{do}$

$$a_{do} \equiv -\omega^2 r \quad (1.7)$$

Perioda  $T$

Frekvence  $f$

$$f \equiv \frac{1}{T} \quad (1.8)$$

## 1.5 Jednotky a vztahy pro rovnoměrný a rovnoměrně zrychlený pohyb hmotného bodu přímočarý i po kružnici

### 1.5.1 Pohyb přímočarý

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \left| \quad m \quad (1.9)$$

$$v = v_0 + at = \sqrt{v_0^2 + 2a(s - s_0)} \quad \left| \quad \frac{m}{s} \quad (1.10)$$

$$v_{prum} = \frac{\Delta s}{t} \quad \left| \quad \frac{m}{s} \quad (1.11)$$

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{2\Delta s}{t^2} \quad \left| \quad \frac{m}{s^2} \quad (1.12)$$

### 1.5.2 Pohyb po kružnici

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad \left| \quad \text{rad} \quad (1.13) \right.$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t = 2\pi f = \sqrt{\omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)} \quad \left| \quad \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (1.14) \right.$$

$$\omega_{prum} = \frac{\Delta\theta}{t} \quad \left| \quad \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (1.15) \right.$$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{t} = \frac{2\Delta\theta}{t^2} \quad \left| \quad \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \quad (1.16) \right.$$

$$a_{do} = \omega^2 r \quad \left| \quad \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (1.17) \right.$$

$$v = \omega r \quad \left| \quad \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1.18) \right.$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} \quad \left| \quad \text{s} \quad (1.19) \right.$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad \left| \quad \text{Hz} \quad (1.20) \right.$$

## 1.6 Grafy





## Kapitola 2

# Dynamika křivočarých a přímočarých pohybů

### 2.1 Newtonovy pohybové zákony

#### 2.1.1 1. - zákon setrvačnosti

Těleso setrvává v rovnoměrném přímočarém pohybu, je-li výslednice vnějších sil působících na těleso nulová.

#### 2.1.2 2. - zákon síly

$$\mathbf{F}_{\text{vys}} = m\mathbf{a} \quad (2.1)$$

#### 2.1.3 3. - zákon akce a reakce

Působí li těleso silou, je na něj působeno stejnou silou v opačném směru.

### 2.2 Zákon zachování hybnosti (ZZH)

Hybnost uzavřené soustavy se zachovává.

### 2.3 Souvislost pohybových zákonů s volbou vztažné soustavy

Inerciální vztažná soustava je definovaná tak, že musí platit 1. Newtonův zákon, a tedy i ZZH. V neinerciální soustavě tedy všechny pohybové zákony neplatí.

### 2.4 Podmínky platnosti zákonů v klasické mechanice

Inerciální vztažná soustava.

Rychlosti nejsou relativistické ( $v \ll c$ ), tedy můžeme aproximovat

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 1 \quad (2.2)$$



## Kapitola 3

# Druhy energií a jejich proměny

### 3.1 Mechanická energie

#### 3.1.1 Potenciální/polohová energie

Předpokládá homogení gravitační pole, může být tedy použita při malých rozměrech (maximálně v řádu kilometrů) v blízkosti země.

$$E_p = mgh \quad (3.1)$$

Vychází to z obecné gravitační potenciální energie

$$E_p = -G \frac{Mm}{r} \quad (3.2)$$

Kde se předpokládá  $g$  konstanta a to:

$$g = G \frac{M}{r^2} \quad (3.3)$$

#### 3.1.2 Kinitecká/pohybová energie

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3.4)$$

Odvození z  $E = mc^2$

$$E = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2 \quad (3.5)$$

$$E_k = m_0 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) c^2 \quad (3.6)$$

Napíšeme si Taylorův polynom pro  $v = 0$ :

$$T^{E_k,0} = \frac{1}{2}m_0v^2 + \frac{3}{8}m_0\frac{v^4}{c^2} + \frac{5}{16}m_0\frac{v^6}{c^4} + O(v^8) \quad (3.7)$$

Všechny členy kromě prvního můžeme pro malé  $v$  zanedbat.

### 3.2 Mechanická práce

$$W = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} \quad (3.8)$$

### 3.3 Mechanická práce

$$P = \frac{dW}{dt} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} \quad (3.9)$$

#### 3.3.1 Účinnost

$$\eta = \frac{P}{P_0} \quad (3.10)$$

### 3.4 Teplo

$$Q = mc\Delta t \quad (3.11)$$

#### 3.4.1 Skupenské teplo

$$Q = ml \quad (3.12)$$

### 3.5 Přenos vnitřní energie

První termodinamický zákon:

$$\Delta U = W + Q \quad (3.13)$$

### 3.6 Jouleovo teplo

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R \quad (3.14)$$

### 3.7 Energie magnetického pole cívky

$$E_m = \frac{1}{2}LI^2 \quad (3.15)$$

### 3.8 Energie elektrického pole kondenzátoru

$$E_e = \frac{1}{2}CU^2 \quad (3.16)$$

### 3.9 Přeměny energie v oscilátorech

#### 3.9.1 Mechanický oscilátor

$$E = E_k + E_p \quad (3.17)$$

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2 \sin^2(\omega t + \varphi) \quad (3.18)$$

$$E_p = E_{k\ max} - E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \quad (3.19)$$

$$E_p = mgh + \frac{1}{2} - k\Delta l^2 \quad (3.20)$$

$$= E_{p0} + mgy_{max}(\cos(\omega t + \varphi) + 1) + ky_{max}^2(\cos(\omega t + \varphi) - 1)^2 \quad (3.21)$$

### 3.9.2 LC oscilátor

$$E_m = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}LI_{max}^2 \sin^2(\omega t + \varphi) E_e = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}CU_{max}^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \quad (3.22)$$

## 3.10 Zákony zachování energie

### 3.10.1 Zákon zachování mechanické energie

$$E = E_k + E_p = konst. \quad (3.23)$$

ZZME platí pouze v klasické mechanice za předpokladu, že všechny srážky předmětů jsou dokonale pružné.

### 3.10.2 Zákon zachování energie

Tento zákon už platí obecně, počítá totiž se všemi energiemi - energie pole (potenciální energie, vazebná energie), kinetické energie (mechanická, teplo)...



# Kapitola 4

## Mechanika tuhého tělesa

Nelze zanedbat rozměry.  
Zanedbáváme veškeré deformační účinky.

### 4.1 Posuvný a otáčivý pohyb tuhého tělesa

Pro každou sílu počítáme zvlášť sílu přenesenou do těžiště a moment síly z těžiště. Obě vektorově sčítáme. Výslednice sil dává (po vydělení hmotností) zrychlení a výslednice momentů rotační zrychlení.

### 4.2 Výsledek působení sil na těleso

Translační:

$$\mathbf{F} = \Sigma \mathbf{F}_i \quad (4.1)$$

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} \quad (4.2)$$

Rotační:

$$\mathbf{M} = \int \mathbf{F} \times d\mathbf{r} \alpha = \frac{M}{m} \quad (4.3)$$

### 4.3 Dokonale tuhé těleso

Rozměry se pod působením sil nemění.

### 4.4 Momentová věta

Pokud vektorový součet momentů na těleso otáčivé kolem pevné osy je nulový, má těleso nulové rotační zrychlení.

### 4.5 Jednoduché stroje

Páka, nakloněná rovina

## 4.6 Těžiště

$$\boldsymbol{x}_T = \frac{\int \boldsymbol{r} dm}{m_{celk}} \quad (4.4)$$



## Kapitola 5

# Mechanika kapalin a plynů

### 5.1 Struktura tekutin

### 5.2 Zákony statiky a dynamiky tekutin



## Kapitola 6

# Gravitační pole, pohyby v tomto poli

- 6.1 Všeobecný gravitační zákon
- 6.2 Veličiny gravitačního pole
- 6.3 Gravitační a tíhové pole
- 6.4 Pohyby v radiálním a homogenním poli



## Kapitola 7

# Elektrostatické pole

- 7.1 Vlastnosti elektrického náboje
- 7.2 veličiny popisující elektrické pole
- 7.3 Znázornění pole
- 7.4 Vodič a izolant v elektrickém poli
- 7.5 kondenzátory



## Kapitola 8

# Základní poznatky molekulové fyziky

8.1 Kinetická teorie látek

8.2 Vzájemné působení částic a jejich energie v různých skupenstvích

8.3 Statistický přístup





## Kapitola 9

# Základy termodynamiky

9.1 Vnitřní energie soustavy

9.2 Teplo, teplota

9.3 Kalorimetr

9.4 Přenos vnitřní energie

9.5 Tepelné motory

9.6 Termodynamické zákony



## Kapitola 10

# Struktura a vlastnosti plynů

10.1 Ideální plyn

10.2 Stavové veličiny

10.3 Stavové rovnice

10.4 Děje v plynech

10.5 Grafy



## Kapitola 11

# Struktura a vlastnosti pevných látek

11.1 Krystalická a amorfni látka

11.2 Ideální a kutečný krystal

11.3 Vakance

11.4 Deformace

11.5 Hookův zákon

11.6 Teplotní roztažnost



## Kapitola 12

# Elektrický proud v látce

12.1 Podmínky vedení proudu

12.2 Veličiny proud, napětí, odpor

12.3 Vedení proudu v kapalinách, plynech a polovodičích





## Kapitola 13

# Polovodiče

13.1 Příměsová a vlastní vodivost

13.2 Vysvětlení PN přechodu

13.3 Polovodičové součástky



# Kapitola 14

## Stejnoseměrný proud

Pokročilejší témata: 2.2, 2.3.

### 14.1 Elektrický proud v kovech

Elektrony se pohybují velmi pomalu (protože se převážně motají na místě), ale elektrické pole se pohybuje téměř rychlostí světla. Jak klesá napětí, tak klesá také hustota elektronů. Proto elektrony nachází orbitály s menší energií a svojí energii odevzdávají.

### 14.2 Ohmův zákon

$$U = RI \quad (14.1)$$

### 14.3 Lineární vodiče

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (14.2)$$

### 14.4 Zdroje

#### 14.4.1 Chemická energie

Chemické reakce katody a anody se společným tekutým prostředím generují elektromotorické napětí.

#### 14.4.2 Tepelná energie

Pokud umístíme dva různé vodiče vedle sebe a z jedné strany kolmé na spoj je zahřejeme začne vznikat proud. Na teplejší straně se totiž objeví elektrony s vyšší energií a volná místa pro elektrony s nižší.

### 14.5 Kirchhoffovy zákony

#### 14.5.1 Kirchhoffův zákon o proudu

$$\sum_{u \in E} I_{uv} = 0 \quad (14.3)$$

### 14.5.2 Kirchhoffův zákon o napětí

Součet napětí na smyčce je nulový.

### 14.5.3 Úprava pro kondenzátory

Jelikož u kondenzátorů neteče proud, musíme to změnit na: součet nábojů v na uzlu je 0.

## 14.6 Zapojování rezistorů

## 14.7 Práce a výkon elektrického proudu

$$P = UI \tag{14.4}$$

## Kapitola 15

# Magnetické pole

15.1 Pole permanentního magnetu

15.2 Pole vodiče s proudem

15.3 Rozdělení magnetických látek

15.4 Působení magnetického pole na vodič a částice s nábojem



## Kapitola 16

# Nestacionární magnetické pole

- 16.1 Elektromagnetická indukce
- 16.2 Magnetický indukční krok
- 16.3 Fradayův zákon
- 16.4 Lenzův zákon
- 16.5 Užití elektromagnetické indukce





## Kapitola 17

# Mechanické a elektrické kmity

17.1 Nestacionární děje s periodickým průběhem

17.2 Typy oscilátoru

17.3 Veličiny kmitavého děje

17.4 Skládání kmitů

17.5 Nucené kmitání

17.6 Rezonance oscilátorů

17.7 Přeměny energie v oscilátorech



## Kapitola 18

# Střídavý proud

- 18.1 Veličiny střídavého proudu
- 18.2 Jednoduché obvody střídavého proudu
- 18.3 Složené obvody střídavého proudu
- 18.4 Výkon střídavého proudu
- 18.5 Generátor
- 18.6 Spotřebiče střídavého proudu



## Kapitola 19

# Mechanické vlnění

19.1 Vznik

19.2 Šíření vlnění

19.3 Rovnice vlnění

19.4 Odraz

19.5 Lom

19.6 Ohyb a stín vlnění

19.7 Vlastnosti zvuku



## Kapitola 20

# Elektromagnetické vlnění

20.1 Vznik

20.2 Charakteristika elektromagnetického vlnění

20.3 Šíření vlnění

20.4 Přenos signálu elektromagnetickým vlněním





## Kapitola 21

# Vlnové vlastnosti světla

21.1 Světlo jako druh vlnění

21.2 Složené nebo monochromatické světlo

21.3 Rychlost světla v různých prostředích

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

21.4 Jevy, které potvrzují vlnovou teorii světla

21.5 Disperze, interference, difrakce

21.6 Odraz, lom a polarizace



## Kapitola 22

# Optické zobrazení a optické soustavy

22.1 Geometrická optika

22.2 Čočky a zrcadla

22.3 Konstrukce obrazu

22.4 Zobrazovací rovnice

22.5 Oko

22.6 Optické přístroje



## Kapitola 23

# Kvantová fyzika

23.1 Fotoelektrický jev

23.2 Planckova teorie

23.3 Foton

23.4 Comptonův jev

23.5 Dualismus vln a částic

23.6 De Broglieho vlny



## Kapitola 24

# Atomová a jaderná fyzika

24.1 Modely atomu

24.2 Periodická soustava prvků

24.3 Elektronový obal z hlediska kvantových částic

24.4 Laser

24.5 Rentgenové záření

24.6 Atomové jádro

24.7 Radioaktivita





## Kapitola 25

# Vesmír

25.1 Sluneční soustava

25.2 Keplerovy zákony pohybu planet

25.3 Teorie velkého třesku a rozpínání vesmíru

25.4 Speciální teorie relativity

25.5 Obecná teorie relativity