

OBSAH

Předmluva	11
1 Úvod do fyziky	
1.1 O čem pojednává fyzika a proč se jí máme učit	13
1.2 Fyzikální veličiny – základní kameny fyziky	15
2 Kinematika	
2.1 Mechanický pohyb	19
2.2 Dráha hmotného bodu	21
2.3 Rychlost hmotného bodu	24
2.4 Zrychlení hmotného bodu	27
2.5 Volný pád	33
2.6 Pohyb hmotného bodu po kružnici	35
<i>Kinematika v přehledu</i>	39
<i>Zopakujte si</i>	41
3 Dynamika	
3.1 Síla a její účinky na těleso	43
3.2 První Newtonův pohybový zákon – zákon setrvačnosti	45
3.3 Druhý Newtonův pohybový zákon – zákon síly	47
3.4 Tíhová síla a tíha tělesa	51
3.5 Odporové síly	52
3.6 Skládání a rozklad síl	55
3.7 Třetí Newtonův pohybový zákon – zákon akce a reakce	58
3.8 Hybnost tělesa	60
3.9 Zákon zachování hybnosti	63
3.10 Dostředivá a odstředivá síla	65
3.11 Vztažné soustavy	68
<i>Dynamika v přehledu</i>	73
<i>Zopakujte si</i>	75
4 Mechanická práce a energie	
4.1 Mechanická práce	77
4.2 Výkon a práce počítaná z výkonu	79
4.3 Účinnost stroje	82
4.4 Mechanická energie	84

4.5	Zákon zachování mechanické energie	87
	<i>Mechanická práce a energie v přehledu</i>	91
	<i>Zopakujte si</i>	92
5	Gravitační pole	
5.1	Newtonův gravitační zákon	94
5.2	Gravitační a tíhová síla při povrchu Země	96
5.3	Pohyby těles v blízkosti povrchu Země	98
5.4	Pohyby těles ve větších vzdálenostech od Země	102
5.5	Gravitační pole Slunce	104
	<i>Gravitační pole v přehledu</i>	107
	<i>Zopakujte si</i>	108
6	Mechanika tuhého tělesa	
6.1	Pohyby tuhého tělesa	110
6.2	Moment síly vzhledem k ose otáčení	111
6.3	Skládání a rozkládání rovnoběžných sil	114
6.4	Dvojice sil a její otáčivý účinek na těleso	118
6.5	Těžiště tuhého tělesa	120
	<i>Mechanika tuhého tělesa v přehledu</i>	121
	<i>Zopakujte si</i>	122
7	Mechanické kmitání a vlnění	
7.1	Kmitavý pohyb	123
7.2	Harmonický kmitavý pohyb	125
7.3	Kmitání mechanického oscilátoru	129
7.4	Nucené kmitání oscilátoru	133
7.5	Postupné vlnění	135
7.6	Stojaté vlnění	139
7.7	Zvuk	142
	<i>Mechanické kmitání a vlnění v přehledu</i>	147
	<i>Zopakujte si</i>	149
8	Mechanika tekutin	
8.1	Vlastnosti kapalin a plynů	151
8.2	Tlakové síly v kapalině	153
8.3	Vztlaková síla	157
8.4	Proudění tekutin	161
	<i>Mechanika tekutin v přehledu</i>	165
	<i>Zopakujte si</i>	166

9 Molekulová fyzika a termika

9.1	Teplota a její měření	168
9.2	Teplotní délková roztažnost	172
9.3	Teplotní objemová roztažnost	175
9.4	Částicová stavba látek	177
9.5	Hmotnost částic a látkové množství	181
9.6	Vnitřní energie	183
9.7	Měření tepla	186
	<i>Molekulová fyzika a termika v přehledu</i>	190
	<i>Zopakujte si</i>	192

10 Plyny

10.1	Ideální plyn	193
10.2	Stavové změny ideálního plynu	194
10.3	Stavová rovnice pro ideální plyn	198
10.4	Kruhový děj	200
10.5	Tepelné motory	203
	<i>Plyny v přehledu</i>	208
	<i>Zopakujte si</i>	209

11 Pevné látky a kapaliny

11.1	Struktura pevných látek	210
11.2	Deformace pevného tělesa	212
11.3	Hookeův zákon	215
11.4	Povrch kapaliny	218
11.5	Kapilární jevy	221
11.6	Tání a tuhnutí	223
11.7	Vypařování, var a kondenzace	226
11.8	Vlhkost vzduchu	229
	<i>Pevné látky a kapaliny v přehledu</i>	233
	<i>Zopakujte si</i>	235

	Řešení úloh označených [*]	236
--	---	-----

	Rejstřík	246
--	---------------------------	-----

OBSAH CD - ROZŠIŘUJÍCÍ UČIVO

R1	Úvod do fyziky	
R1.1	Vektorové fyzikální veličiny	1
R2	Kinematika	
R2.1	Skládání pohybů	7
R2.2	Dostředivé zrychlení	9
R3	Dynamika	
R3.1	Valivý odpor	11
R3.2	Zákon zachování hybnosti v praxi	13
R4	Mechanická práce a energie	
R4.1	Potenciální energie pružnosti	16
R5	Gravitační pole	
R5.1	Vodorovný vrh	20
R5.2	Šikmý vrh vzhůru	22
R5.3	Kruhová rychlost	25
R5.4	Sluneční soustava	28
R6	Mechanika tuhého tělesa	
R6.1	Rovnovážné polohy tělesa	32
R6.2	Jednoduché stroje	35
R6.3	Kinetická energie tuhého tělesa	40
R7	Mechanické kmitání a vlnění	
R7.1	Složené kmitání	43
R7.2	Přeměny energie v mechanickém oscilátoru	46
R7.3	Perioda kmitání kyvadla	50
R7.4	Rezonance mechanického oscilátoru	52
R7.5	Rovnice postupného vlnění	55
R7.6	Interference vlnění	56
R7.7	Šíření vlnění v prostoru	58

R8 Mechanika tekutin

R8.1	Princip hydraulických zařízení	61
R8.2	Atmosférický tlak	65
R8.3	Obtékání těles tekutinou	66
R8.4	Využití energie proudící tekutiny	68

R9 Molekulová fyzika a termika

R9.1	Molární hmotnost a molární objem	73
R9.2	Přenos vnitřní energie	75

R10 Plyny

R10.1	Vnitřní energie plynu z hlediska molekulové fyziky	81
R10.2	Stavová rovnice ideálního plynu z hlediska molekulové fyziky	84
R10.3	Práce ideálního plynu	87

Řešení úloh označených [*]	91
---	----

Rejstřík	95
---------------------------	----

Laboratorní cvičení

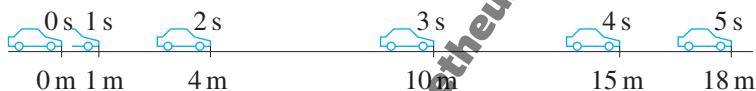
Úvod	1
Cvičení 1: Ověření zákonů kinematiky pro rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb	2
Cvičení 2: Ověření platnosti druhého Newtonova pohybového zákona	5
Cvičení 3: Ověření zákonitostí kmitavého pohybu – určení tuhosti pružiny užitím pružinového oscilátoru	8
Cvičení 4: Ověření vztahu pro periodu kyvadla	12
Cvičení 5: Ověření platnosti stavové rovnice pro ideální plyn	14

Animace k učivu**Videoexperimenty****Historické poznámky****Slovníček fyzikálních pojmů**

Grafem závislosti dráhy rovnoměrného pohybu hmotného bodu na čase je část přímky. Tuto závislost dráhy automobilu na čase jsme poznali v předchozím článku (viz obr. 2-5). Nejjednodušší rovnoměrný pohyb je **přímočarý rovnoměrný pohyb**, čili pohyb stálou rychlostí po přímé trajektorii (viz animaci na CD [A2-2](#)). Takový pohyb koná např. automobil jedoucí stálou rychlostí po přímém úseku dálnice.

Nerovnoměrný pohyb

Při nerovnoměrném pohybu urazí hmotný bod ve stejných časových intervalech různě velké dráhy (obr. 2-6). Rychlost v se během pohybu mění, není konstantní. Rychlost, kterou má hmotný bod v určitém okamžiku, je okamžitá rychlost.

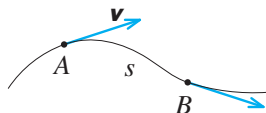


Obr. 2-6

Při jízdě automobilu sleduje řidič okamžitou rychlost na rychloměru (obr. 2-7). Když automobil projíždí ulicemi města, mění se nejen velikost okamžité rychlosti, ale i její směr. Okamžitá rychlost je tedy **vektorová veličina**. Znáznorňujeme ji orientovanou úsečkou, jejíž délka vyjadřuje velikost rychlosti a její poloha určuje směr rychlosti v uvažovaném bodě trajektorie (obr. 2-8). Okamžitá rychlost má směr tečny k trajektorii. Okamžitou rychlost jako vektorovou veličinu zapisujeme značkou \mathbf{v} (popř. \vec{v}) a její velikost značkou v .



Obr. 2-7



Obr. 2-8

V úvodu čl. 2.3 jsme zavedli průměrnou rychlost jako podíl celkové dráhy s a doby t . Poněvadž se např. při pohybu po dráze s mezi body A a B (obr. 2-8) směr rychlosti mění, nemůžeme průměrnou rychlost vyjádřit jako vektor. **Průměrná rychlost je skalární veličina.**

Otázky a úlohy

- 1 Hmotný bod urazil při rovnoměrném pohybu za 2 minuty dráhu 600 m. Jakou rychlostí se pohyboval? [18 km · h⁻¹]
- 2 Automobil projel za 15 minut ulicemi města, přičemž ujel celkem 9 km. Určete jeho průměrnou rychlost. [36 km · h⁻¹]
- 3 Policie zjistila, že automobil ujel dráhu 300 m za 20 s. Dotázal řidič auta nejvyšší dovolenou rychlost 50 km · h⁻¹? [nedodržel, jel rychlostí 54 km · h⁻¹]
- 4 Rychloměr automobilu ukazoval po dobu 5 min stálou rychlost 60 km · h⁻¹. Jakou dráhu automobil za tuto dobu ujel? [5 km]
- 5 Jakou dráhu urazil hák jeřábu za 1 min při stále rychlosti 15 cm · s⁻¹? [9 m]
- 6 Za jakou dobu ujede cyklista dráhu 18 km, jede-li stálou rychlostí 30 km · h⁻¹? [36 min]
- 7 Motocyklista jel: a) první polovinu doby své jízdy rychlostí 30 km/h, druhou polovinu doby rychlostí 60 km/h, b) první polovinu dráhy rychlostí 30 km/h, druhou polovinu dráhy rychlostí 60 km/h. Určete jeho průměrnou rychlost. [a) 45 km · h⁻¹; b) 40 km · h⁻¹]
- 8 Vysvětlete, co znamená, že rychlost je vektorová veličina.

2.4 Zrychlení hmotného bodu

Již víme, že při nerovnoměrném pohybu tělesa se jeho rychlost mění. Fyzikální veličina, která charakterizuje **změnu rychlosti za jednotku času**, se nazývá **zrychlení**, značka a .

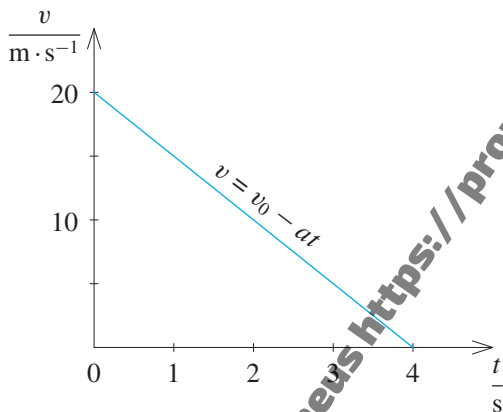
Když bude mít hmotný bod v počátečním okamžiku t_0 rychlost v_0 a v čase t rychlost v , znamená to, že za dobu $\Delta t = t - t_0$ se rychlost zvětšila o $\Delta v = v - v_0$. Zrychlení je definováno vztahem:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Zrychlení a určujeme jako podíl změny rychlosti Δv a doby Δt , za kterou k této změně dojde.

rovná počáteční rychlosti v_0 . Zrychlení zde představuje zmenšení rychlosti za jednotku času.

Grafem závislosti rovnoměrně zpomaleného pohybu je část přímky (obr. 2-10). Z grafu např. vidíme, že v čase $t = 0$ je rychlost $v_0 = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, zatímco v čase $t = 4 \text{ s}$ je rychlost $v = 0$.



Obr. 2-10

Příklad

Automobil jedoucí rychlostí $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ začne prudce brzdit a za dobu 4 s zastaví. Určete zrychlení automobilu.

Řešení

$$v_0 = 72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, t = 4 \text{ s}; a = ?$$

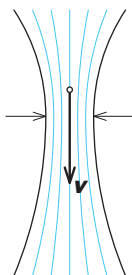
Při zastavení je rychlost automobilu $v = 0$. Proto platí $0 = v_0 - at$, odtud zrychlení

$$a = \frac{v_0}{t} = \frac{20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{4 \text{ s}} = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

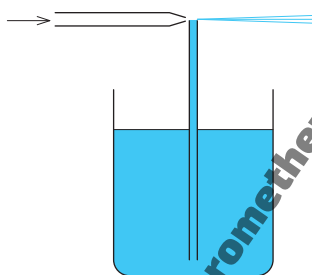
Automobil brzdí se zrychlením $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Zrychlení je podobně jako okamžitá rychlost vektorová fyzikální veličina, tzn. má nejen velikost, ale i směr. Když se hmotný bod pohybuje rovnoměrně zrychleným přímočarým pohybem, má zrychlení stejný směr jako rychlost. Při rovnoměrně zpomaleném přímočarém pohybu je směr zrychlení opačný než směr rychlosti. Zrychlení jako vektorovou veličinu budeme značit \mathbf{a} , k označení velikosti zrychlení použijeme značku a .

(obr. 8-17), ve stříkáci pistoli pro rozprašování nátěrových hmot, ve sprejích a jinde.



Obr. 8-16



Obr. 8-17

V důsledku změn tlaku při obtékání těles vznikají síly, které působí na obtékaná tělesa jednak jako odporová síla, která brzdí jejich pohyb, jednak mohou vznikat síly působící jako vztaková síla. Tyto síly mají značný význam v technické praxi a jsou např. fyzikálním základem, na němž je založeno letectví. Výklad o těchto silách je na CD [R8.3](#).

Mechanická energie proudící vody je využívána v hydroelektrárnách, kde se přeměňuje na elektrickou energii. V současnosti se ve stále větší míře využívá i proudící vzduch – vítr jako obnovitelný zdroj energie. Výklad o využití proudící vody a vzduchu v energetice je na CD [R8.4](#).

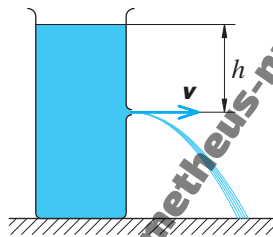
Otázky a úlohy

- 1 Jaký je objemový průtok vody v potrubí s průřezem o obsahu 20 cm^2 při rychlosti proudu $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$? [$0,006 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
- 2 Potrubím s průřezem o obsahu 100 cm^2 proteče za 10 minut 30 000 litrů vody. Určete a) objemový průtok, b) rychlost proudící vody. [a) $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; b) $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]
- 3 Proč je protipožární hadice opatřena zúženým nátrubkem?
- 4 Hadicí s průřezem 12 cm^2 protéká voda rychlostí $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Jak velkou rychlostí tryská voda ze zúženého nátrubku, jehož průřez má obsah $0,6 \text{ cm}^2$? [$20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]
- 5 Vodorovným potrubím o průřezu 50 cm^2 proudí voda rychlostí $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ při tlaku 200 kPa . Určete rychlost a tlak vody ve zúženém průřezu 10 cm^2 . [$20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 8 kPa]

6 Mezi dva plameny svíček foukejte úzkou trubičkou vzduch. Vysvětlete výsledek pokusu.

7 Na základě zákona o zachování mechanické energie určete rychlost, kterou vytéká voda otvorem v nádobě v hloubce h pod hladinou (obr. 8-18). Řešte pro otvory v hloubce a) 20 cm, b) 80 cm.

[a) $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; b) $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]



Obr. 8-18

Mechanika tekutin v přehledu

Základní vlastnost kapalin a plynů je **tekutost**, která je způsobena vzájemnou pohyblivostí jejich částic.

Při studiu tekutin definujeme **ideální kapalinu** jako kapalinu dokonale tekutou, tzn. bez vnitřního tření, a zcela nestlačitelnou a **ideální plyn** jako plyn dokonale tekutý (bez vnitřního tření) a dokonale stlačitelný.

Stav tekutiny v klidu charakterizuje veličina **tlak**

$$p = \frac{F}{S},$$

kde F je velikost tlakové síly a S obsah plochy, na kterou síla kolmo působí. Jednotkou tlaku je **pascal** (Pa).

Podle **Pascalova zákona** je tlak vyvolaný vnější silou ve všech místech tekutiny stejný.

Tlak vyvolaný tíhou kapaliny se nazývá **hydrostatický tlak**. V hloubce h pod volným povrchem kapaliny je hydrostatický tlak

$$p_h = \rho h g,$$

kde ρ je hustota kapaliny a g je tíhové zrychlení.

Důsledkem hydrostatického tlaku je **vztlaková síla**. Podle **Archimédova zákona** na těleso zcela ponořené do kapaliny působí vztlaková síla, jejíž velikost se rovná tíze kapaliny stejného objemu, jako je objem ponořeného tělesa.

Je-li vztaková síla menší než tíhová síla působící na těleso, pak těleso klesá v kapalině ke dnu. Je-li větší, pak těleso stoupá v kapalině vzhůru. Jsou-li obě síly stejné, těleso se v kapalině vznáší.

Archimédův zákon platí i pro nadlehčování těles v plynu.

Ustálené proudění charakterizuje stálá rychlost a tlak v proudění kapaliny. Pro ustálené proudění ideální kapaliny platí **rovnice spojitosti toku** neboli **rovnice kontinuity**: Součin obsahu průřezu a rychlosti proudění je ve všech místech trubice stejný, tj.

$$Sv = \text{konst.}$$

Zákon zachování mechanické energie pro ustálené proudění ideální kapaliny ve vodorovném potrubí vyjadřuje **Bernoulliho rovnice**: Součet kinetické a tlakové potenciální energie kapaliny o jednotkovém objemu je ve všech místech trubice stejný, tj.

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + p = \text{konst.}$$

Z rovnice vyplývá, že ve zúžené části trubice se zvětšuje rychlost proudění, ale zmenšuje se tlak. Při velké rychlosti klesá tlak pod hodnotu tlaku atmosférického a vzniká **podtlak**.

Zopakujte si

1. Co je základní společnou vlastností kapalin a plynů?
2. Kterými vlastnostmi se kapaliny a plyny navzájem liší?
3. Co je ideální kapalina a co je ideální plyn?
4. Která veličina charakterizuje stav tekutiny v klidu?
5. Jak určíme tlak? Co je jeho jednotkou?
6. Kterými přístroji měříme tlak?
7. Jak zní Pascalův zákon?
8. Jak vzniká hydrostatická tlaková síla?
9. Na čem závisí velikost hydrostatické tlakové síly?
10. Co je hydrostatický tlak? Na čem závisí?
11. Popište vlastnosti spojených nádob.
12. Uveďte příklady nadlehčování těles a) v kapalině, b) ve vzduchu.

11 PEVNÉ LÁTKY A KAPALINY

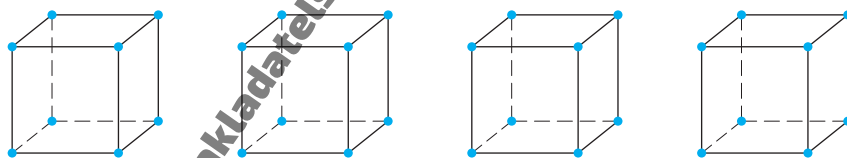
11.1 Struktura pevných látek

Již v učivu o částicové stavbě látek (čl. 9.4) jsme uvedli základní charakteristiku pevných látek, jejichž vnitřní struktura je tvořena různými částicemi – atomy, molekulami nebo ionty.

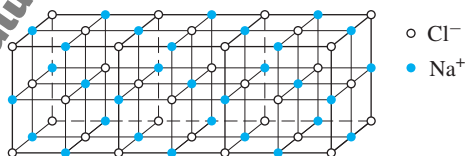
Pevné látky s pravidelným prostorovým uspořádáním částic se nazývají krystalické látky nebo krátce krystaly. Částice krystalu vytvářejí charakteristickou krystalovou mřížku.

Nejvýraznějším znakem krystalu je jeho pravidelný geometrický tvar. Všichni dobře známe třeba tvar krystalů vody v podobě sněhových vloček nebo i „ledových květů“, které vytváří mráz na oroseném okenním skle.

Geometrický model krystalové struktury představuje **mřížka**, což je pravidelné periodické uspořádání bodů v prostoru. V mřížce existuje určité základní uspořádání bodů – **základní buňka**, která se v celém objemu krystalu pravidelně opakuje. Jako příklad si uvedeme typy základních buněk tzv. krychlové soustavy (obr. 11-1). Všimneme si, že částice jsou rozmístěny nejen v rozích základní buňky, ale mohou být umístěny i ve středu ploch nebo ve středu prostoru vymezeném základní buňkou.



Obr. 11-1



Obr. 11-2

Opakování základní buňky v krystalu je patrné na obr. 11-2, který znázorňuje krystal chloridu sodného NaCl (kuchyňské soli). V krystalové mřížce se pravidelně střídají ionty sodíku a chloru.

se v procentech pomocí vztahu

$$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_{\max}}.$$

Např. relativní vlhkost 25 % udává, že vzduch je vodní párou nasycen z jedné čtvrtiny, 50 % z jedné poloviny atd. Znamená to, že při relativní vlhkosti 100 % je vzduch za dané teploty nasycen vodní párou a naopak, při relativní vlhkosti 0 % vzduch neobsahuje vodní páru a jde o dokonale suchý vzduch.

Relativní vlhkost vzduchu v rozmezí 65 % až 70 % představuje optimální hodnoty pro naše životní prostředí. Čím je relativní vlhkost vyšší, tím hůře se dýchá. Také se zpomaluje proces vypařování látek (např. zhoršené schnutí prádla atd.). Při nízké relativní vlhkosti vzduchu dochází ke zvýšenému vysychání různých materiálů (např. rychlé vysychání dřeva, tkanin atd.). Nízká relativní vlhkost je také nevhodná pro životní prostředí (vysychání sliznic), což je častý nedostatek bytů s centrálním vytápěním.

Příklad

Při teplotě 25 °C obsahuje 1 m³ vzduchu 18 g vodní páry. Vypočítejte jeho relativní vlhkost.

Řešení

$$t = 25\text{ °C}, m = 18\text{ g}, V = 1\text{ m}^3; \varphi = ?$$

Absolutní vlhkost vzduchu určíme ze vztahu

$$\Phi = \frac{m}{V} = 18\text{ g} \cdot \text{m}^{-3}.$$

V MFChT najdeme, že při teplotě 25 °C je vzduch nasycen vodní párou tehdy, jestliže jeho absolutní vlhkost má hodnotu 23 g · m⁻³.

Pro relativní vlhkost platí

$$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_{\max}} 100\% = \frac{18\text{ g} \cdot \text{m}^{-3}}{23\text{ g} \cdot \text{m}^{-3}} 100\% \approx 78\%.$$

Relativní vlhkost vzduchu je 78 %.

Relativní vlhkost vzduchu se měří **vlhkoměry**. Dříve se nejčastěji používal *vlasový vlhkoměr* (obr. 11-26), v němž se využívá prodlužování lidského vlasu, popř. jiných vhodných vláken v závislosti na vlhkosti. Dnes jsou běžné *elektronické vlhkoměry*, které pracují na různých principech. Vlhkost může

- 5 Někdy pozorujeme, že se skla automobilu orosí z vnější strany a jindy z vnitřní strany. Uvažte, za jakých okolností se okna orosí a) z vnější strany, b) z vnitřní strany. [*]
- 6 V místnosti je při teplotě 20°C relativní vlhkost 55 %. Použijte MFChT a určete, při jaké venkovní teplotě se orosí okenní skla místnosti. [*]

Pevné látky a kapaliny v přehledu

Pevné látky

Pevné látky jsou krystalické nebo amorfnní. Krystalické látky se vyskytují ve formě monokrystalu nebo polykrystalu. Mřížka je geometrickým modelem periodické struktury krystalu.

Působením vnější síly se pevné těleso deformuje. Rozlišujeme deformaci tahem, tlakem, ohybem, smykem a kroucením.

Druhy deformací: pružná (elastická) deformace, tvárná (plastická) deformace.

Pevnost tělesa: schopnost odolávat deformačním účinkům vnějších sil.

Při deformaci tahem dochází k poměrnému prodloužení tělesa

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

a v tělese vzniká normálové napětí

$$\sigma_n = \frac{F}{S}$$

Pro pružnou deformaci v tahu platí **Hookeův zákon**.

Normálové napětí je přímo úměrné poměrnému prodloužení:

$$\sigma_n = E\varepsilon$$

Modul pružnosti v tahu E je látková konstanta charakterizující materiál.

Mez pružnosti σ_E odděluje oblast pružné deformace od oblasti plastické deformace.

Mez pevnosti σ_p je největší napětí, které materiál vydrží bez porušení.

ŘEŠENÍ ÚLOH OZNAČENÝCH [*]

2 KINEMATIKA

Článek 2.1

- Vzhledem k vagonu jedoucího vlaku jsme v klidu, vzhledem k okolní krajině v pohybu.
- Vzhledem k vlaku na vedlejší koleji jsme v klidu.

Článek 2.4

7.

t (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
v ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	2,9	5,7	8,6	11,5	14,4	17,2	20,1	23,0	25,8
v ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	10,4	20,6	31,0	41,3	51,7	62,0	72,3	82,7	93,0

Článek 2.5

- Ze vztahu pro dráhu volného pádu určíme nejprve dobu pádu $t = \sqrt{2s/g} = 0,4$ s, potom rychlost dopadu pera na podlahu $v = gt = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Ze vztahu pro dráhu volného pádu určíme doby pádu jednotlivých kuliček: $t_1 = 0,14$ s, $t_2 = 0,28$ s, $t_3 = 0,42$ s, $t_4 = 0,57$ s. Časový interval mezi každými dvěma po sobě jdoucími dopady kuliček je 0,14 s.
- Pokud má mince a papírový kotouček stejný průměr, působí na oba objekty stejný odpor vzduchu. Papírový kotouček však má menší hmotnost a zemská přitažlivost na něj působí menší silou než na minci. Proto je účinek odporu vzduchu větší a papírový kotouček padá s menším zrychlením. Když však leží na minci, odpor vzduchu působí jen na minci a oba objekty padají se stejným zrychlením.

Článek 2.6

- Mění se směr rychlosti, nikoli však její velikost.

3 DYNAMIKA

Článek 3.1

- Síla F_1 nemá na kvádr pohybový účinek. Síla F_2 ho může zvedat, síla F_3 ho může uvádět do pohybu vodorovným směrem.

Článek 3.2

- Naše tělo setrvává v pohybu a má rychlost jedoucího vozidla.