Stručný obsah

Mechanika **11**
Řešené úlohy A 11
Úlohy na procvičení B 64

Molekulová fyzika a termika **87**
Řešené úlohy A 87
Úlohy na procvičení B 112

Mechanické kmitání a vlnění **123**
Řešené úlohy A 123
Úlohy na procvičení B 135

Elektřina a magnetismus **141**
Řešené úlohy A 141
Úlohy na procvičení B 175

Optika **189**
Řešené úlohy A 189
Úlohy na procvičení B 199

Speciální teorie relativity **203**
Řešené úlohy A 203
Úlohy na procvičení B 207

Fyzika mikrosvěta **209**
Řešené úlohy A 209
Úlohy na procvičení B 218

Náročnější úlohy C **221**

Fyzikální tabulky **235**

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz

Obsah

Úvod **9**

Mechanika **11**
Řešené úlohy A 11
Fyzikální veličiny a měření 11
Kinematika hmotného bodu 16
Dynamika hmotného bodu 25
Mechanická práce, výkon, energie 32
Gravitační pole a astrofyzika 39
Mechanika tuhého tělesa 45
Mechanika tekutin 57
Úlohy na procvičení B 64
Fyzikální veličiny a měření 64
Kinematika hmotného bodu 66
Dynamika hmotného bodu 68
Mechanická práce, výkon, energie 69
Gravitační pole a astrofyzika 71
Mechanika tuhého tělesa 72
Mechanika tekutin 75
Výsledky úloh B 76

Molekulová fyzika a termika **87**
Řešené úlohy A 87
Základní poznatky z molekulové fyziky a termiky 87
Vnitřní energie, práce, teplo 90
Struktura a vlastnosti plynů, pevných látek a kapalin . . . 94
Změny skupenství látek 109
Úlohy na procvičení B 112
Základní poznatky z molekulové fyziky a termiky 112
Vnitřní energie, práce, teplo 113
Struktura a vlastnosti plynů, pevných látek a kapalin . . . 113
Změny skupenství látek 117
Výsledky úloh B 118

Mechanické kmitání a vlnění **123**
Řešené úlohy A 123

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz

Mechanické kmitání 123
Mechanické vlnění 129
Zvukové vlnění 133
Úlohy na procvičení B 135
Mechanické kmitání 135
Mechanické vlnění 136
Zvukové vlnění 137
Výsledky úloh B 138

Elektřina a magnetismus **141**
Řešené úlohy A 141
Elektrický náboj a elektrické pole 141
Elektrický proud v látkách 147
Magnetické pole 158
Střídavý proud 166
Elektromagnetické kmitání a vlnění 172
Úlohy na procvičení B 175
Elektrický náboj a elektrické pole 175
Elektrický proud v látkách 176
Magnetické pole 178
Střídavý proud 180
Elektromagnetické kmitání a vlnění 181
Výsledky úloh B 182

Optika **189**
Řešené úlohy A 189
Vlnové vlastnosti světla 189
Zobrazování optickými soustavami 195
Úlohy na procvičení B 199
Vlnové vlastnosti světla 199
Zobrazování optickými soustavami 200
Výsledky úloh B 201

Speciální teorie relativity **203**
Řešené úlohy A 203
Úlohy na procvičení B 207
Výsledky úloh B 208

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus https://prometheus-nak.cz

Fyzika mikrosvěta **209**
Řešené úlohy A 209
Základní poznatky kvantové fyziky 209
Fyzika elektronového obalu 211
Jaderná a částicová fyzika 212
Úlohy na procvičení B 218
Základní poznatky kvantové fyziky 218
Fyzika elektronového obalu 218
Jaderná a částicová fyzika 218
Výsledky úloh B 219

Náročnější úlohy C **221**
Nápovědy k úlohám C 228
Výsledky úloh C 230

Fyzikální tabulky (FT) **235**

Požadavky na znalosti a dovednosti maturantů a maturantek **245**

Literatura **257**

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz

Po balistické křivce se pohybují nejenom střely

Mechanika

Řešené úlohy A

1 Fyzikální veličiny a měření

A 1.1 Ke každé veličině z prvního sloupce vyberte její jednotku ze druhého sloupce.

1. indukčnost
2. energie
3. index lomu
4. indukt**a**nce
5. průměrná rychlost
6. úhlová frekvence

a) 1 (jednička)
b) radián za sekundu (nebo: sekunda na minus první)
c) kilowatthodina
d) metr za sekundu
e) watt
f) ohm
g) henry
h) weber

Ukázka knihy z nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz

Boeing 737-200 má vůči povrchu Země mechanickou energii přibližně 6,4 GJ a vůči druhému letadlu mechanickou energii asi 6,6 GJ.

A4.4 Po nakloněné rovině o délce 3 metry, která svírá s vodorovnou rovinou úhel 18°, se valí bez klouzání olověná kulička o poloměru 1,2 cm. Určete, jak velkou bude mít rychlost na konci nakloněné roviny, je-li nahoře volně vypuštěna a zanedbáme-li odporové síly.

Řešení

Nakloněná rovina: $l = 3\,\mathrm{m}$
$\alpha = 18°$
Olověná kulička: $r = 1{,}2\,\mathrm{cm} = 1{,}2 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m}$
$v = ?$

Zanedbáme-li odporové síly, můžeme předpokládat platnost zákona zachování mechanické energie $E_{\mathrm{p}_1} + E_{\mathrm{k}_1} = E_{\mathrm{p}_2} + E_{\mathrm{k}_2}$. Zvolíme-li hladinu nulové potenciální energie tíhové v těžišti kuličky v nejnižší poloze a uvědomíme-li si, že kinetická energie je rovna součtu kinetické energie posuvného a otáčivého pohybu, dostáváme

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega^2. \tag{1}$$

Dále platí

$$\sin\alpha = \frac{h}{l}, \tag{2}$$

$$J = \frac{2}{5}mr^2 \quad \text{(viz FT)} \tag{3}$$

a

$$v = \omega r. \tag{4}$$

Ze vztahu (2) vyjádříme h a dosadíme do vztahu (1). Dále využijeme vztahů (3) a (4) a dosadíme do pravé strany vztahu (1). Po úpravách dostáváme

$$v = \sqrt{\frac{10}{7}gl\sin\alpha},$$

kde g je velikost tíhového zrychlení.

Číselně $v = \sqrt{\frac{10}{7} \cdot 9{,}8 \cdot 3 \cdot \sin 18°}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} \approx 3{,}6\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Kulička bude mít v případě valení za daných podmínek rychlost o velikosti přibližně $3{,}6\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$. (Velikost rychlosti nezávisí na poloměru kuličky, ani na její hustotě.)

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus https://prometheus.nakl.cz

Vyjádříme-li odtud neznámou rychlost v_1, dostaneme

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(p_2 - p_1)}{\varrho\left(1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}\right)}},$$

kde ϱ je hustota vody.

Jednotková zkouška

$$[v_1] = \sqrt{\frac{\mathrm{Pa}}{\mathrm{kg \cdot m^{-3}}}} = \sqrt{\frac{\mathrm{N \cdot m^{-2}}}{\mathrm{kg \cdot m^{-3}}}} = \sqrt{\frac{\mathrm{kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m^{-2}}}{\mathrm{kg \cdot m^{-3}}}} = \mathrm{m \cdot s^{-1}}.$$

Číselně $v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot (8{,}106 \cdot 10^4 - 1{,}013\,25 \cdot 10^5)}{1\,000 \cdot \left(1 - \frac{(2{,}5 \cdot 10^{-4})^2}{(8 \cdot 10^{-5})^2}\right)}}\,\mathrm{m \cdot s^{-1}} \approx 2{,}1\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Voda musí v širší části trubice proudit rychlostí o velikosti přibližně $2{,}1\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Protože vzniká v užším místě trubice podtlak, dala by se trubice použít jako součást vývěvy.

Úlohy na procvičení B

1 Fyzikální veličiny a měření

B 1.1 Doplňte ke značce dané jednotky její název a název a obvyklou značku příslušné veličiny.

a) T
b) W
c) $\mathrm{N \cdot m^{-1}}$
d) C

B 1.2 Které ze zadaných veličin jsou skalární a které vektorové?

a) Tlak,
b) magnetická indukce,
c) intenzita elektrického pole,
d) objem,
e) elektromagnetická indukce,
f) hybnost.

B 1.3 Vyjádřete pomocí součinu základních jednotek v příslušných mocninách 1 Wb.

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz

7 Mechanika tekutin

B7.1 Jaký obsah (přibližně) má část klidné hladiny rybníka, na kterou působí zemská atmosféra silou 1 kN?

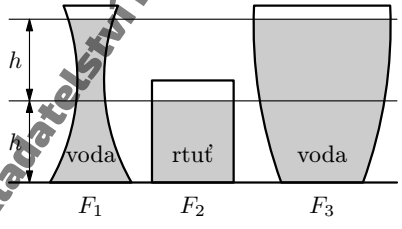
B7.2 Chceme zkonstruovat hydraulické zařízení s písty, které mají kruhový průřez. Zařízení by mělo být schopno vyvinout ve své druhé části 4krát větší sílu, než jakou budeme působit na první píst. V jakém poměru musí být průměry prvního a druhého pístu?

B7.3 Na obr. 48 jsou znázorněny tři nádoby, jejichž dna mají stejný obsah. Porovnáváme velikosti hydrostatických tlakových sil působících na dno jednotlivých nádob. Rozhodněte, který z výroků je pravdivý:

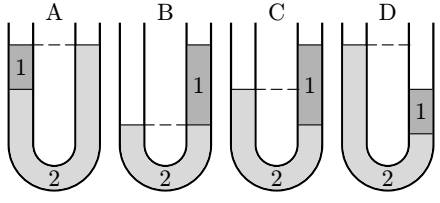
a: $F_3 > F_2 > F_1$
b: $F_2 > F_3 > F_1$
c: $F_1 = F_3 < F_2$
d: $F_1 = F_2 = F_3$

B7.4 V U-trubici (viz obr. 49) jsou v klidu kapaliny 1 a 2, které se nemísí a mají různou hustotu. Které ze znázorněných situací **nemohou** nastat?

B7.5 Na siloměru je zavěšen hliníkový váleček. Ve vzduchu ukazuje siloměr tíhu 17,1 N, a když je ponořen váleček do určité kapaliny, tak ukazuje



Obr. 48



Obr. 49

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz

Částice vody se rády spojují do kapek

Ukázka z titulu Nakladatelství Prometheus http://prometheus.cz

Molekulová fyzika a termika

Řešené úlohy A

1 Základní poznatky z molekulové fyziky a termiky

A 1.1 Načrtněte graf závislosti velikosti výsledné síly působící mezi dvěma atomy na jejich vzdálenosti a rozhodněte na jeho základě o pravdivosti následujících výroků:

a: Pokud jsou atomy ve vzájemné vzdálenosti mnohonásobně větší, než odpovídá rovnovážné poloze, je výsledná síla téměř nulová.
b: Pokud jsou atomy v menší vzájemné vzdálenosti, než odpovídá rovnovážné poloze, je výsledná síla přitažlivá.
c: Pokud jsou atomy v rovnovážné poloze a zvětšujeme jejich vzájemnou vzdálenost, velikost výsledné síly nejprve klesá.
d: Výsledná síla, kterou na sebe atomy působí, je síla gravitační.

Na Mount Everestu je teplota varu vody přibližně 70 °C a na Sněžce asi 95 °C.

Úlohy na procvičení B

1 Základní poznatky z molekulové fyziky a termiky

B 1.1 Načrtněte graf závislosti velikosti výsledné síly působící mezi dvěma částicemi (např. molekulami) na jejich vzdálenosti a graf závislosti velikosti gravitační síly působící mezi těmito částicemi na jejich vzdálenosti. Na základě grafů odvoďte dvě shodné a dvě rozdílné vlastnosti těchto sil.

B 1.2 Rozhodněte, zda můžeme nebo nemůžeme považovat následující soustavy, že jsou v rovnovážném stavu, a své rozhodnutí zdůvodněte:

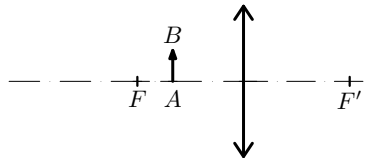
a) led na hladině rybníka, když voda pod ledem, led i vzduch mají teplotu 0 °C,
b) právě naservírované „knedlo-vepřo-zelo“ na talíři,
c) čaj se svojí párou v hrnku, který byl uvařen před dvěma hodinami, a od té doby stojí zakrytý podšálkem na kuchyňské lince,
d) část zemské atmosféry během změny počasí.

B 1.3 Nejvyšší teplota vzduchu ve stínu (za stanovených podmínek) na území ČR byla naměřena 27. července 1983 v Praze-Uhříněvsi, a to 40,2 °C, zatímco nejnižší teplota* −42,2 °C byla naměřena 11. února 1929 v Litvínovicích (dnes součást Českých Budějovic). Vyjádřete obě teploty pomocí termodynamické teplotní stupnice a jejich rozdíl ve stupních Celsia a v kelvinech.

B 1.4 Vypočítejte přibližně, kolik molekul vody vypijeme, když si dáme „třetinku“ kofoly.

* Pro zajímavost dodejme, že v žádné z okolních zemí (Německo, Polsko, Rakousko, Slovensko), ale ani v řadě jiných evropských zemí (např. Island, Švýcarsko, Ukrajina) nebyla naměřena tak nízká teplota (do 30. 5. 2009).

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus, https://prometheus-nakl.cz



Obr. 161

Výsledky úloh B

1 Vlnové vlastnosti světla

B 1.1 žlutá barva; $5{,}3 \cdot 10^{14}\,\mathrm{Hz}$

B 1.2 $1{,}2 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$

B 1.3 $\dfrac{\lambda_{\mathrm{vzduch}} - \lambda_{\mathrm{voda}}}{\lambda_{\mathrm{voda}}} \approx 0{,}33$, tj. zvětší se o 33 %

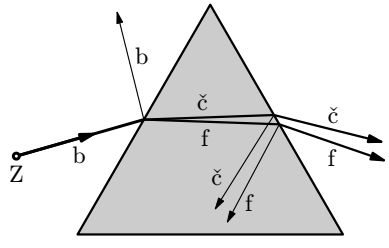
B 1.4 obojí 65° (měřeno od kolmice)

B 1.5 60°; z kuchyňské soli (opticky hustšího prostředí) do vody

B 1.6 paprsek A

B 1.7 Viz obr. 162 (č – červené světlo, f – fialové světlo).

B 1.8 interferenční minimum



Obr. 162

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz

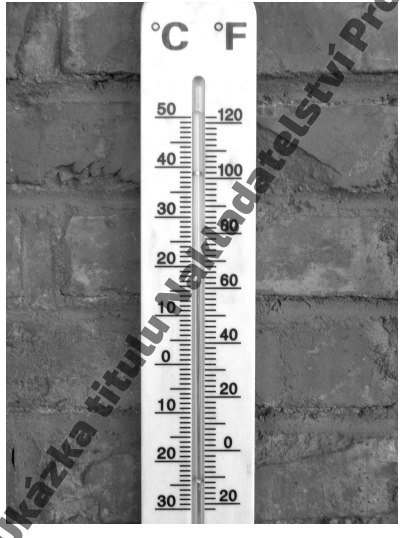
Náročnější úlohy C

C 1 Na obr. 167 je fotografie teploměru, který ukazuje teplotu jak ve stupních Celsia, tak ve stupních Fahrenheita. Odvoďte na základě něj vztah mezi oběma teplotami.

C 2 Na obr. 168 je barometr z vlaku, který jezdí mezi čínským Pekingem a Lhasou v Tibetu. Tento vlak zdolává velké nadmořské výšky.

a) Jakou hodnotu ukazuje barometr na fotografii? (Jednotku odhadněte.)
b) V jaké nadmořské výšce by měl podle barometru být vlak?

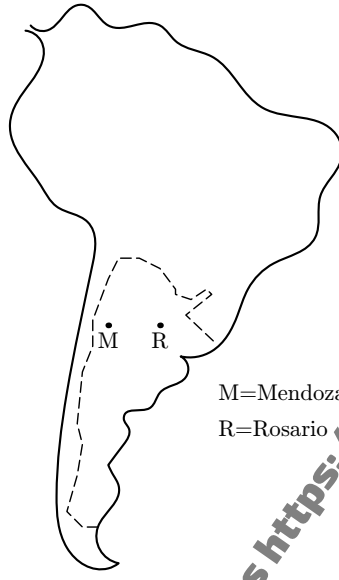
C 3 V mikrovlnné troubě se dá provést následující pokus: Z vnitřku trouby vyndáme otočný talíř a vyskládáme ve střední části čtyři sloupce z několika vrstev toastového chleba. Troubu zapneme na pár minut na střední výkon. Když ji otevřeme, zjistíme, že některá místa jsou tmavá (opečená, někdy až spálená), a to v nejmenší vzdálenosti asi 6 cm od sebe. Poznamenejme, že zdrojem mikrovln je tzv. magnetron, ze kterého se mikrovlny dostávají do dutiny, ve které připravujeme jídlo.



Obr. 167

Obr. 168

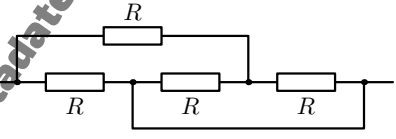
Ukázka titulu z nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz



Obr. 172

C 30 Vypočítejte, jaký obsah má kruh na hladině vody v bazénu, kterým je alespoň teoreticky vidět z hloubky 1,5 m nad hladinu?

C 31 Určete celkový elektrický odpor čtyř stejných rezistorů spojených podle schématu na obr. 173.



Obr. 173

C 32 Zdůvodněte, proč v úloze **B 1.2** v oddíle Fyzika mikrosvěta můžeme použít pro kinetickou energii, jejíž hodnota je 0,1 keV, nerelativistický (klasický) vztah.

C 33 Určete, jak velkou silou ***F*** udržíme v rovnováze těleso o hmotnosti 20 kg (viz obr. 174).

Ukázka z titulu Nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz

Nápovědy k úlohám C

C 1 Najděte alespoň dva sobě odpovídající údaje na obou stupnicích a sestavte dvě rovnice o dvou neznámých.

C 3 Uvědomte si, k čemu dochází fyzikálně v dutině trouby: Vlny z magnetronu odražené od kovových stěn dutiny trouby se skládají ve výsledné stojaté vlnění.

C 4 a) Použijte vztah: $\sin x + \sin y = 2 \sin \dfrac{x+y}{2} \cos \dfrac{x-y}{2}$

C 5 Zrcadlo tvaru válcové plochy zobrazuje v jednom směru (zde ve svislém) jako rovinné zrcadlo a ve druhém (kolmém) směru (zde ve vodorovném) jako zrcadlo vypuklé.

C 6 Zamyslete se nad tím, odkud kam v tlakové níži proudí vzduch a co se přitom děje s vodní párou, která je v něm obsažena.

C 7 Použijte Faradayovy zákony pro elektrolýzu.

C 8 Chleba je organického původu, bude tedy tvořen zejména atomy C, O a H. Protože máme zjistit maximální počet půlení, budeme předpokládat maximální počet atomů, tj. představíme si, že je krajíc chleba tvořen jen vodíkovými atomy (mají nejmenší hmotnost). Hmotnost krajíce předpokládáme např. 50 g.

C 9 Načrtněte si působící síly, rozmyslete si, která složka gravitační síly bude vlak pohánět; uvědomte si, že na vlak gravitačně působí jen ta hmota Země, která je ve větší hloubce pod povrchem, než je vlak; předpokládejte konstantní hustotu Země; po dosazení do Newtonova gravitačního zákona zjistíte, že síla pohánějící vlak bude mít charakter síly působící na oscilátor $F = kx$ a pro její velikost platí $F = \dfrac{4}{3}\pi\kappa\varrho m x$, kde x je vzdálenost daného místa (vlaku) od středu tunelu, a z konstanty $k = \dfrac{4}{3}\pi\kappa\varrho m$ vyjádřete periodu pohybu.

C 10 Předpokládejte, že guma opustí pravítko v rovnovážné poloze, kdy bude mít guma stejnou rychlost jako je amplituda rychlosti kmitání pravítka; dále předpokládejte harmonické kmitání a uvědomte si, že poté, co guma opustí pravítko, bude se pohybovat vrhem svislým vzhůru.

C 11 Zatěžovací charakteristika je grafem funkce $U(I) = U_\mathrm{e} - R_\mathrm{i} I$.

C 15 Rozmyslete si, kolikrát se otočí zadní kolo, když přední kolo vykoná jednu otočku.

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz

Výsledky úloh C

C 1 $\{t_\mathrm{C}\} = \dfrac{5}{9}\,(\{t_\mathrm{F}\} - 32)$, $\{t_\mathrm{F}\} = \dfrac{9}{5}\,\{t_\mathrm{C}\} + 32$

neboli $t_\mathrm{C} = \dfrac{5}{9}\,(\{t_\mathrm{F}\} - 32)\ ^\circ\mathrm{C}$, $t_\mathrm{F} = \left(\dfrac{9}{5}\,\{t_\mathrm{C}\} + 32\right)\ ^\circ\mathrm{F}$

C 2 a) přibližně 540 hPa
b) asi 4 900 m n. m.

C 3 a) $f = 2\,450\,\mathrm{MHz}$, proto je $v \approx 2{,}9 \cdot 10^8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} \approx 3 \cdot 10^8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$
b) Mikrovlnné vlnění se šíří stejnou rychlostí jako světlo; obojí patří mezi elektromagnetické vlnění.

C 4 a) $y = 2y_\mathrm{m} \cos 2\pi\dfrac{x}{\lambda} \sin 2\pi\dfrac{t}{T}$ neboli

$$y(x,t) = Y_\mathrm{m}(x) \sin \omega t, \quad \text{kde} \quad Y_\mathrm{m}(x) = 2y_\mathrm{m} \cos 2\pi\frac{x}{\lambda} \quad \text{a} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}.$$

b) kmitny: $x = k\dfrac{\lambda}{2}$; uzly: $x = (2k+1)\dfrac{\lambda}{4}$, kde $k \in \mathbb{Z}$

C 5 Člověk se uvidí jako stejně velký, vzpřímený a užší („hubenější“). Poslední vlastnost je důsledkem toho, že vypuklé zrcadlo zmenšuje zobrazované předměty.

C 6 Kvůli tomu, že při okrajích tlakové níže je vyšší tlak vzduchu než v jejím středu, sbíhá se vzduch ze všech stran do středu tlakové níže, kde vystupuje vzhůru („jinam logicky nemůže“). Jak vzduch stoupá, ochlazuje se a vodní pára v něm obsažená kondenzuje. Vznikají tak drobné kapky vody, které vytvářejí oblaka.

C 7 $I = \dfrac{mN_\mathrm{A}ez}{tM_\mathrm{m}(\mathrm{Cu})} \approx 420\ \mathrm{A}$

Pozn.: Součin $N_\mathrm{A}e$ označujeme jako Faradayovu konstantu F. Platí, že $F = N_\mathrm{A}e \approx 9{,}65 \cdot 10^4\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$.

C 8 Za daných podmínek je třeba půlit maximálně přibližně 85krát (jen!). Je to prakticky neproveditelné, protože se dostáváme do mikrosvěta, kde platí zákony kvantové fyziky.

C 9 a) Složka gravitační síly rovnoběžná s trajektorií vlaku (tunelem), jejíž velikost je $F_\mathrm{g} \sin \alpha$, kde α je úhel mezi spojnicí vlaku se středem Země a spojnicí středu Země se středem tunelu.

Ukázka titulu nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz

Jednotlivé pojmy jsou řazeny abecedně podle počátečních písmen příslušných podstatných jmen (např. měrná tepelná **kapacita** je pod **„k“**).

FT 1 PROTONOVÉ ČÍSLO

Prvek	Značka	Z
baryum	Ba	56
dusík	N	7
helium	He	2
hliník	Al	13
krypton	Kr	36
kyslík	O	8
stroncium	Sr	38
uhlík	C	6
uran	U	92
vodík	H	1
xenon	Xe	54

FT 2 VLNOVÁ DÉLKA ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ (VE VAKUU A VZDUCHU, ČÁST SPEKTRA)

Název	$\frac{\lambda}{\text{nm}}$
ultrafialové záření	10 až 390
viditelné záření	390 až 760
- střední fialová	400
- střední modrá	450
- střední zelená	525
- střední žlutá	580
- střední oranžová	600
- střední červená	650
infračervené záření	760 až $3 \cdot 10^5$

Ukázka titulu nakladatelství Prometheus https://prometheus-nakl.cz