

Obsah

Úvod	10
Několik poznámek k řešení úloh	11

ZADÁNÍ ÚLOH

1/ Kinematika	15
Rovnoměrný pohyb – jednoduchý pohyb	16
Rovnoměrný pohyb – kombinované pohyby	18
Zrychlený pohyb – jednoduchý pohyb	23
Zrychlený pohyb – kombinované pohyby	28
Složený pohyb	30
Pohyb po kružnici	33
2/ Dynamika	37
Pohybové zákony	38
Tíhová síla, třecí síla, síla valivého odporu, pružná síla	40
Pohybová rovnice	44
Hybnost, zákon zachování hybnosti	48
Síla setrvačná, dostředivá, odstředivá	50
3/ Mechanická energie a práce	56
Mechanická energie, práce	57
Zákon zachování energie	60
Výkon, účinnost	66
4/ Gravitační pole	72
Gravitační síla, gravitační pole	73
Vrhy	76
Pohyb v radiálním gravitačním poli	80
5/ Mechanika tuhého tělesa	84
Moment síly, momentová věta	85
Skládání různoběžných sil, rozklad síly na různoběžné složky	89
Skládání rovnoběžných sil, rozklad síly na rovnoběžné složky, těžiště tělesa, rovnováha tělesa	92
Kinematická energie rotačního pohybu	96

6/ Mechanika tekutin	98
Tlak v tekutinách.....	99
Vztlaková síla.....	103
Proudění tekutin.....	107
Odporová síla.....	112
7/ Úvod do molekulové fyziky a termodynamiky	114
Molární veličiny.....	115
Vnitřní energie, teplo, výhřevnost, práce.....	117
Přenos vnitřní energie vedením, zářením, kalorimetrie.....	122
8/ Plyn, práce plynu.....	126
Plyn jako soubor částic.....	127
Stavová rovnice ideálního plynu.....	127
Děj izobarický, izotermický, izochorický, adiabatický.....	130
Práce plynu, tepelné stroje.....	134
9/ Skupenství pevné	139
Krystalová mřížka.....	140
Roztážnost.....	140
Normálové napětí, pevnost, pružná deformace.....	142
10/ Skupenství kapalné	146
Povrchová síla.....	147
Kapilární jevy.....	148
Objemová roztážnost	149
11/ Změny skupenství	150
Tání a tuhnutí.....	151
Vypařování, var, kondenzace.....	153
Vodní pára.....	157
12/ Mechanické kmitání	159
Harmonický kmitavý pohyb obecně.....	160
Matematické kyvadlo.....	161
Pružinový oscilátor	163

13/ Mechanické vlnění	166
Šíření vlnění	167
Skládání vlnění, stojaté vlnění	169
Akustika slyšení	170
Akustika hudebních nástrojů	173
14/ Elektrostatika	175
Elektrický náboj, Coulombův zákon, elektrické pole	176
Elektrický kondenzátor	178
15/ Elektrický proud	182
Elektrický náboj, elektrický proud, elektrický zdroj	183
Elektrický odpor, Ohmův zákon	185
Jednoduchý elektrický obvod	189
Složený elektrický obvod	193
16/ Elektrický proud v kapalinách, plynech a polovodičích	199
Elektrický proud v kapalinách	200
Elektrický proud v plynech	201
Elektrický proud v polovodičích	203
17/ Magnetické pole	205
Magnetická síla	206
Magnetické pole	208
Elektromagnetická indukce	209
18/ Střídavý proud	212
Střídavý proud	213
Obvody střídavého proudu	312
Střídavý proud v elektrických zařízeních	217
Výroba a přenos elektrické energie	221
19/ Elektromagnetické kmitání a vlnění, elektronika	223
Elektromagnetické kmitání	224
Elektromagnetické vlnění	225
Přenos informací elektromagnetickým vlněním	227
Polovodičová technika	231

Ukázka titulu Nalezení Prometheus <https://prometheus-naki.cz>

20/ Vznik a šíření světla	235
Záření černého tělesa	236
Přímočaré šíření světla, odraz světla.....	237
Lom světla.....	239
Interference a ohyb světla	243
Fotometrie	247
21/ Optické zobrazování	250
Zobrazování zrcadlem.....	251
Zobrazování čočkou.....	252
Oko a vidění.....	254
Fotografický přístroj.....	255
Optické přístroje.....	260
22/ Speciální teorie relativity	264
Relativistická kinematika.....	265
Relativistická dynamika.....	266
23/ Atomová a kvantová fyzika	268
Dualismus mikročastic.....	269
Fyzika atomového obalu	272
24/ Jaderná fyzika	274
Atomové jádro	275
Jaderné slučování.....	276
Štěpení uranu	277
Radioaktivita.....	278

VÝSLEDKY ÚLOH

1/ Kinematika.....	287
2/ Dynamika.....	296
3/ Mechanická energie a práce.....	304
4/ Gravitační pole.....	311
5/ Mechanika tuhého tělesa.....	317
6/ Mechanika tekutin.....	323
7/ Úvod do molekulové fyziky a termodynamiky.....	330
8/ Plyn, práce plynu.....	335
9/ Skupenství pevné.....	340
10/ Skupenství kapalné.....	343
11/ Změny skupenství.....	345
12/ Mechanické kmitání.....	349
13/ Mechanické vlnění.....	352
14/ Elektrostatika.....	356
15/ Elektrický proud.....	359
16/ Elektrický proud v kapalinách, plynech a polovodičích.....	368
17/ Magnetické pole.....	371
18/ Střídavý proud.....	374
19/ Elektromagnetické kmitání a vlnění, elektronika.....	378
20/ Vznik a šíření světla.....	383
21/ Optické zobrazování.....	389
22/ Speciální teorie relativity.....	396
23/ Atomová a kvantová fyzika.....	398
24/ Jaderná fyzika.....	402

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

ZADÁNÍ ÚLOH

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



Zrychlený pohyb – jednoduchý pohyb

1.43 Pravděpodobně jedním z nejrychlejších cestovních automobilů je Porsche 911 GT3, které zrychluje z klidu na 100 km/hod za 4,3 sekundy. Jaké je průměrné zrychlení jeho rozjezdu?

1.44 Urči zrychlení stíhacího letounu Jas 39 Gripen. Uvádí se, že při přízemním letu je schopen zrychlit z rychlosti odpovídající $Ma = 0,5$ na $Ma = 1,1$ za dobu 30 s. Ma je Machovo číslo, kterým se udává poměr rychlosti letadla k rychlosti zvuku, tzn. pro letadlo letící rychlostí zvuku je $Ma = 1$, pro letadlo pohybující se nadzvukovou rychlostí je $Ma > 1$.

Poznámka: Toto označení bylo zavedeno na počest brněnského rodáka, významného světového fyzika z přelomu 19. a 20. století Ernsta Macha, který mimo jiné se zabýval pohybem těles nadzvukovou rychlostí.

1.45 Podívejme se trochu na problematiku letu raketového nosiče vynášejícího kosmonauty k orbitální stanici na kruhové oběžné dráze kolem Země.

a) Po jakou dobu musí pracovat motory tohoto nosiče, nachází-li se orbitální stanice na kruhové oběžné dráze ve výšce 600 km?

b) Jakou dráhu přitom raketový nosič urazí?

Rychlost pohybu orbitální stanice je přibližně rovna první kosmické rychlosti 7,9 km/s.

Předpokládej stálé zrychlení rakety cca 2g.

1.46 Jak se mění se vzrůstající rychlostí zrychlení automobilů?

Tak např. reklamní materiály automobilu Škoda Fabia 1.4 uvádějí změnu rychlosti 0 km/h–50 km/h za dobu 4,0 s, změnu 60 km/h–100 km/h za 13,0 s a změnu 80 km/h–120 km/h za 23,3 s.

Vypočítej jednotlivá průměrná zrychlení.

1.47 Tisková zpráva uvedla: Necelých devět minut po startu raketoplán Atlantis vstoupil na oběžnou dráhu. Již minutu po startu dosáhl rychlosti téměř 6 000 km/h.

Když vstupoval na oběžnou dráhu kolem Země, letěl rychlostí 27 360 km/h.

Tipni si, s jakým průměrným zrychlením se raketoplán Atlantis pohyboval v první fázi letu.

A. 7 m/s² B. 14 m/s² C. 21 m/s² D. 28 m/s²

Tipni si, s jakým průměrným zrychlením se raketoplán pohyboval při celém výstupu na oběžnou dráhu.

A. 7 m/s² B. 14 m/s² C. 21 m/s² D. 28 m/s²

Nyní tato zrychlení vypočítej.

1.90 Mostový (portálový) jeřáb slouží k transportu břemen ve výrobních halách. Jeho hlavní částí je pojízdný vodorovný nosník, po jehož nosné konstrukci se pohybuje závěsné zařízení jeřábu (tzv. kočka), viz obr. 1.90.



Obr. 1.90

Jakou největší rychlostí (v m/min) se přenášený odlitek může pohybovat vzhledem k nosné konstrukci jeřábu? Jakou vzhledem k zemi?

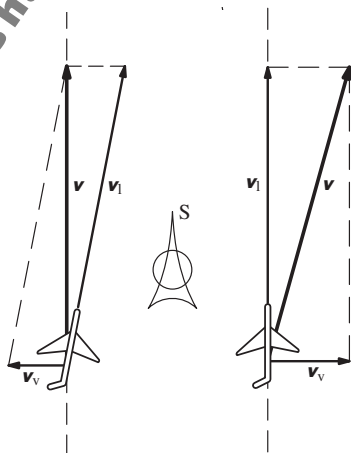
Portálový jeřáb má pojezdovou rychlost 3,0 km/h, závěsné zařízení jeřábu rychlost 20 m/min. Rychlost zdvihu či poklesu jejího závěsného zařízení je 10 cm/s.

1.91 Letadlo letí na letiště směrem na sever obvyklou cestovní rychlostí (vzhledem ke vzduchu) 280 km/h. Po celou dobu letu ale vaně silný východní vítr rychlostí 50 km/h.

a) Jaká je rychlost letadla vzhledem k zemi?

b) Jaký azimut ukazuje kompas na palubě letadla?

Situaci znázorňuje obr. 1.91.



Obr. 1.91

Obr. 1.92

1.92 Kam letí letadlo?

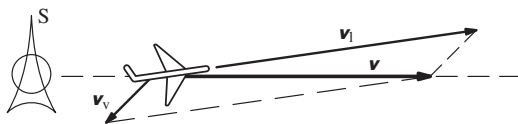
Přístroje v letadle ukazují azimut 360° a rychlost pohybu 180 km/h (vzhledem ke vzduchu). Letové středisko pilotovi hlásí, že se nachází v oblasti západního větru o rychlosti 50 km/h.

a) Jaký je skutečný azimut letu letadla?

b) Jaká je jeho rychlost vzhledem k zemi?

Situaci znázorňuje obr. 1.92.

***1.93** Letadlo, jehož cestovní rychlost vzhledem ke vzduchu je 200 km/h, letí podél železniční tratě mířící směrem na východ. Fouká však proti němu severovýchodní vítr o rychlosti 40 km/h.



Obr. 1.93

2/ Dynamika



Pohybové zákony

Tíhová síla, třecí síla, síla valivého odporu, pružná síla

Pohybová rovnice

Hybnost, zákon zachování hybnosti

Síla setrvačná, dostředivá, odstředivá

Jakou tuhost pružin musí konstruktér zvolit, když při naložení maximálním nákladem 57,5 tuny smí činit pokles vagonu maximálně 3,2 cm?

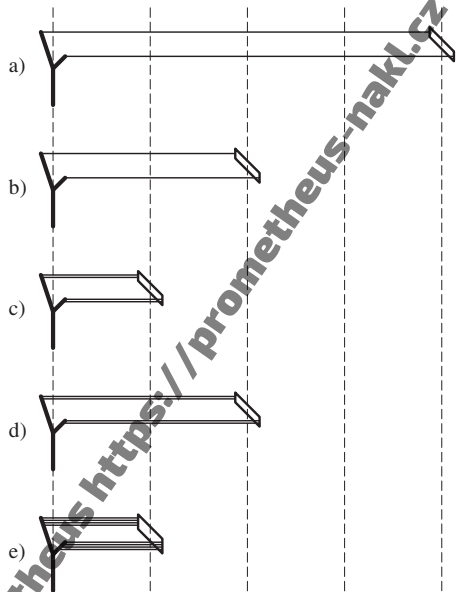
***2.40** Matěj se rozhodl vyrobit si sám prak. Zakoupil si k tomu tzv. modelářské gumy délky 1,0 m, které by podle výrobce měly mít tuhost 50 N/m. Jakou tuhost bude mít prak zhotovený

a) ze dvou těchto gum,
b) pouze z jedné této gumy,
c) z jedné, ale dvojitě spojené gumy,
d) ze dvou celých, dvojitě spojených gum,
e) ze dvou celých gum spojených do čtyřsvazku?

Pro lepší představu je připojen obr. 2.40.

Délku gumy potřebnou k jejímu upevnění zanedbej.

Návod: Není nutno nic počítat, stačí jednoduché úvahy.



Obr. 2.40

Pohybová rovnice

2.41 Výtahová kabina má hmotnost 250 kg, nosnost výtahu je 5 lidí (400 kg). Hmotnost protizávaží je volena tak, aby vyrovnávala poloviční nosnost výtahu.

Jakou silou udržuje motor kabinu výtahu v rovnoměrném pohybu, jestliže výtah

a) jede prázdný nahoru, **b)** veze dolů manžele Kramářovy o celkové hmotnosti 160 kg, **c)** jede vzhůru maximálně zatížený rodinou Vomáčkovou?

2.42 Žáci při výuce fyziky zjišťovali velikost tíhového zrychlení. Pouštěli z okna ve výšce 12 m kuličku o hmotnosti 15 g a změřili dobu jejího pádu 1,6 s.

a) S jakým průměrným zrychlením se kulička pohybovala?

b) Jaká průměrná odporová síla na ni během pádu působila? Srovnej ji s velikostí tíhové síly.

2.43 Lyžař sjíždí po sjezdovce. Jakou maximální rychlost získá?

Hmotnost lyžaře je 85 kg, sklon sjezdovky 20° a součinitel smykového tření mezi sněhem a lyžemi 0,1. Velikost odporové síly se dá pro tento případ přibližně vyjádřit vztahem $F = 1,5v^2$.

3.6 Za jak dlouho „vyleží“ pivař svůj půllitr „desítky“?

Za jak dlouho ho „vyjezdí“ na kole?

Využitelná energie z láhve desetistupňového piva je kolem 1 600 kJ. Spotřeba energie ležícího člověka je 240 kJ/h, při jízdě na kole 2 800 kJ/h.

3.7 V ručním mlýnku na maso ruka

roztáčí šnekový závit, který unáší maso ke křížovému noži a posléze je protlačuje přes množství otvorů tzv. mlecího plátku ven (viz obr. 3.7).

Jakým tlakem je maso tlačeno na mlecí plátek?

Délka kliky mlýnku je 18 cm, průměr šnekového závitu 42 mm, vzdálenost sousedních závitů 19 mm. Jsi schop(en)a točit klikou mlýnku silou až 100 N.

Předpokládej, že polovina vložené energie je potřebná na protlačení masa, druhá polovina na jeho řezání.

Tipni si výsledek:

- A. asi 2 kPa B. asi 20 kPa C. asi 200 kPa D. asi 2 MPa

Nápověda: Vyjdi z práce vykonané rukou při jednom otočení kliky. Maso se přitom posune o jeden závit.



Obr. 3.7

3.8 Aby se snížila energie horních toků říček a snížily se tak erozní účinky vody, stavějí se na nich nízké prahy. Pod nimi voda ztrácí vnitřním třením část své mechanické energie přeměnou na energii vnitřní.

O kolik procent se sníží mechanická energie vody, jestliže na práh výšky 30 cm přitéká rychlostí 4 m/s a pod prahem má rychlost stejnou?

3.9 Chod kyvadlových hodin je udržován závažím, které postupně klesá dolů a předává tak svou polohovou energii hodinovému stroji.

Tipni si, jakou energii ztratí kyvadlové hodiny v průběhu jednoho kyvu.

- A. asi 7 mJ B. asi 7 μ J C. asi 7 nJ D. asi 7 pJ

Ověř si odhad výpočtem. Závaží má hmotnost 1,2 kg. Hodiny je třeba natáhnout jednou za týden; závaží se zvedne o 45 cm. Doba jednoho kyvu je 0,75 s.

3.10 Proč pokládá kovář kovaný předmět na nikoli lehkou, ale naopak na masivní kovářčinu?

Tento problém rozeberme.

Pro jednoduchost předpokládejme, že kladivo o hmotnosti 1 kg dopadá rychlostí 3 m/s na kovaný předmět, který má i s kovářčinou hmotnost 1,0 kg, popř. 100 kg.

Gravitační síla, gravitační pole

4.1 Odhadni, jakou vzájemnou gravitační silou se přitahují Romeo a Julie. Romeo má hmotnost 65 kg a Julie 55 kg. Zkus si je představit jako hmotné body ve vzdálenosti 1 metr.

4.2 a) Jakou vzájemnou silou na sebe působí Slunce a nejbližší hvězda Proxima Centauri?

Hmotnost Proximy Centauri je 0,12násobek hmotnosti Slunce.

Ještě před začátkem výpočtu si tipni výsledek:

A. $2 \cdot 10^{-8}$ N B. 2 N C. $2 \cdot 10^8$ N D. $2 \cdot 10^{16}$ N

b) Jaké zrychlení uděluje Proxima Centauri našemu Slunci?

4.3 Jak malou roli hraje mezi tělesy na povrchu Země gravitační síla, ukazuje následující příklad.

Největším plavidlem na světě je ropný tanker Jahre Viking o hmotnosti 564 763 t (podle Guinnessovy knihy rekordů 2 000) – viz obr. 4.3.

a) Jakou silou by se navzájem přitahovala dvě takováto plavidla, kdyby se nacházela ve vzdálenosti 100 m?

b) Jaké zrychlení by si vzájemně udělovala?

Obě tělesa považuj pro jednoduchost za hmotné body.



Obr. 4.3

4.4 Působí na Zemi větší gravitační silou Měsíc, nebo Slunce? Kolikrát větší?

Je Měsíc přitahován více Zemí, nebo Sluncem? Jaký je poměr těchto sil? Hmotnost Slunce je přibližně 330 000krát větší než hmotnost Země, vzdálenost Měsíce od Slunce je zhruba 400krát větší než od Země.

Urči roční změnu její výšky.

Předpokládej, že teplota její konstrukce se pohybuje v rozmezí teplot $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

9.5 Ocelové pásmo má délku 5,00 m a měří správně při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. S jakou chybou vyměříš při teplotě $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ dráhu běhu na 100 m?

9.6 V počátcích železniční dopravy se připevňovaly kolejnice především tak, aby se zabránilo jejich vybočení za letních veder.

a) Jaká mezera se mezi nimi musela nechávat?

b) Jaká mezera mezi nimi byla za tuhých mrazů?

c) Jaká byla celková délka mezer při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na trati Praha–Česká Třebová délky 164 km?

Železné kolejnice délky 20 m byly kladeny při teplotě $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je nutno počítat s extrémními teplotami kolejnic od $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

9.7 Za zimního rána, když do ústředního topení výškového domu přitéká horká voda, jeho stoupační trubky popraskávají. S rostoucí teplotou se totiž roztahují a po malých skocích se postupně protlačují přes stropy zesponu do vyšších pater. O kolik centimetrů se asi prodlouží stoupační trubky dvanáctipodlažního domu? Výška jednoho podlaží je 2,70 m, teplota vody vzrůstá z $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Trubky jsou ze železa.

Tipneš si výsledek?

A. 17 cm

B. 7,1 cm

C. 1,7 cm

D. 0,71 cm

9.8 Pistní kroužky zajišťují těsnost mezi pístem a stěnou válce u pístového motoru a izolují tak spalovací komoru od prostoru olejové vany. Zároveň vytvářejí po celé stěně válce tenký olejový film. Na obr. 9.8a je jeden takový píst a na obr. 9.8b pístní kroužky.

Ocelové pístní kroužky široké 3,00 mm při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ přesně zapadají do drážek hliníkového pístu motoru. Jakou vůli budou mít při provozní teplotě $250\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Nápověda: Hliník má větší teplotní součinitel délkové roztažnosti než ocel.



Obr. 9.8a



Obr. 9.8b

Magnetická síla

17.1 Základem nejčastějších, tzv. elektrodynamických, reproduktorů je malá cívka a permanentní magnet. Cívka je zasunuta do silného radiálního magnetického pole válcového mezikruží mezi pólovými nástavci permanentního magnetu a je spojena s membránou reproduktoru.

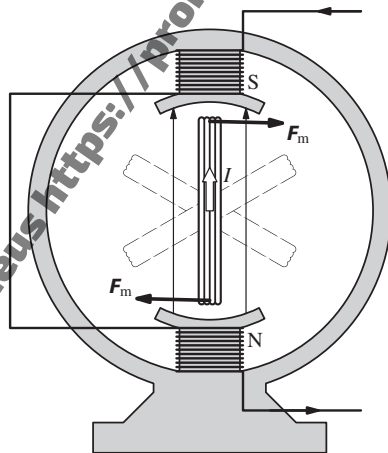
a) Jak velká magnetická síla vychyluje cívku při maximálním proudu 4 A? Cívka má 50 závitů a průměr 3,9 cm, magnetické pole ve šterbině má velikost 0,8 T.

b) Jakou minimální tuhost může mít membrána, aby její maximální výchylka nepřesahovala 5 mm?

17.2 Stejnoseměrný motor roztáčí magnetická síla, kterou působí magnetické pole pólůvých nástavců na obdélníkové vinutí rotoru protékané elektrickým proudem. Princip ukazuje obr. 17.2, pro jednoduchost je na něm však zvýrazněno jen jedno vinutí rotoru. (Po jeho pootočení je proud přiváděn do dalšího vinutí rotoru, ten se pootočí...)

Jak velká magnetická síla působí na jedno vinutí rotoru u jednoho z pólůvých nástavců statoru?

Aktivním vinutím rotoru s 350 závitů protéká proud 8 A, účinná délka jeho vodiče u pólůvého nástavce je 10 cm. Magnetická indukce ve vzduchové mezeře mezi pólůvými nástavci statoru má hodnotu 0,7 T.



Obr. 17.2

17.3 Při zkratu ve volném elektrickém vedení vznikla mezi vodiči taková síla, že se jeden z vodičů dokonce utrhl. K utržení vodiče by ale podle projektové dokumentace nemělo dojít při namáhání menším než 4 kN.

Jak velký zkratový proud protékal vodiči, byla-li jejich vzdálenost 40 cm a délka 20 m?

17.4 Magnetická síla se může zvlášť výrazně projevovat mezi závitů cívky transformátorů a elektromotorů, zejména při jejich zkratech, které trvají delší dobu. Důsledkem může být nejenom tepelné poškození a přerušování vodičů, ale též jejich výrazné mechanické poškození. Proč mechanické poškození? Mezi závitů totiž mohou při zkratu vznikat poměrně velké síly.

Jak velkou přitažlivou silou na sebe působí při zkratu dva sousední závitů kruhové cívky?

VÝSLEDKY ÚLOH

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



6/ Mechanika tekutin

Tlak v tekutinách

6.1 Cyklista musí při pumpování galusky vyvinout sílu o velikosti 360 N.

6.2 K udržení těžebního komplexu nad zemí stačí přetlak jen něco málo přes 10 kPa.

6.3 Správná odpověď je C! Dospělý člověk by nafukováním lehátka nadzvedl deset takových lidí.

6.4 Čerpadlo hydrauliky nákladního automobilu musí vytvořit tlak alespoň 15 MPa.

6.5 Stavební stroj by měl zvednout náklad do hmotnosti 6,4 t.

6.6 Vnitřní přetlak v hale umožňuje gramáž stěn až 16 kg/m^2 .
(Celková plocha stěn je téměř $2\,000 \text{ m}^2$.)

Poznámka: Běžně používané stěny přetlakových hal mají gramáže do 1 kg/m^2 . Nosná konstrukce přetlakové haly tedy stěny nejen nedrží, dokonce musí být dobře ukotvena, aby ji nafouknutá fólie nenadzvedla.

6.7 Střela opouští hlaveň rychlostí 660 m/s.

6.8 Jedním prstem s pomocí nafukovacího lehátka dokážeš vyvinout sílu velikosti 200 kN! Zvedneš tedy kohokoli. Jen posun zvedané osoby bude 2 000krát menší než posun tvého prstu.

6.9 Výška hladiny tetrachlormetanu v nádrži je 3,22 m.

Poznámka: Ve skutečnosti nebude tlakoměr cejchován v jednotkách tlaku, ale přímo v jednotkách délky či objemu.

6.10 Na vrcholu Pradědu je možno očekávat tlak 849 hPa.

6.11 V rozmezí nadmořských výšek 0 m–500 m klesá o 11,6 hPa/100 m, mezi 500 m–1 000 m o 11,2 hPa/100 m a mezi 1 000 m–1 500 m o 10,6 hPa/100 m.

Poznámka: Pokles tlaku vzduchu tedy není s výškou lineární, s rostoucí výškou tlak klesá pomaleji.