INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

Ústav aplikované fyziky a matematiky

FYZIKA I

Sbírka příkladů

pro studijní obor Dopravní stavitelství
na Dopravní fakultě Jana Pernera

(PF1CP & PF1CK)

RNDr. Jan Z a j í c , CSc.

Pardubice 2014

Univerzita Pardubice

Integrace a inovace výuky v rámci studijních programů realizovaných na Univerzitě Pardubice – IN2

Projekt reg. číslo: CZ.1.07/2.2.00/28.0272.

Univerzita Pardubice, Studentská 95, 532 10 Pardubice, IČ 00216275

O b s a h :

* * *

1. Fyzikální veličiny a jejich jednotky

1. Převeďte na dané jednotky:

2 hod 36 min	=	s
1 rok	=	s
20 μs	=	s
4,5 ns	=	s
480 cm^2	=	m^2
64 mm^2	=	m^2
720 m^2	=	km^2
300 cm^3	=	m^3
55 ℓ	=	m^3
18 $km.h^{-1}$	=	$m.s^{-1}$
35 $m.s^{-1}$	=	$km.h^{-1}$
19,5 $g.cm^{-3}$	=	$kg.m^{-3}$
780 $kg.m^{-3}$	=	$g.cm^{-3}$
350 kN	=	N
75 mJ	=	J
0,006 GJ	=	J
560 J	=	kJ
2,5 MW	=	W
80 000 Pa	=	MPa
101,3 kPa	=	Pa
6,2 μC	=	C
1 eV	=	J
12 mA	=	A
6,5 kA	=	A
0,025 A	=	mA
2,6 μV	=	V
12 kV	=	mV
6,6 MΩ	=	Ω
260 nF	=	F

2. Určete velikost výslednice dvou sil o velikostech 36 kN a 54 kN působících v jednom bodě, jestliže
a) mají stejný směr,
b) mají opačný směr,
c) jsou navzájem kolmé,
d) svírají navzájem úhel 30°,
e) svírají navzájem úhel 120°,.

(F_a = 90 kN ; F_b = 18 kN ; F_c = 65 kN ; F_d = 87 kN ; F_e = 48 kN)

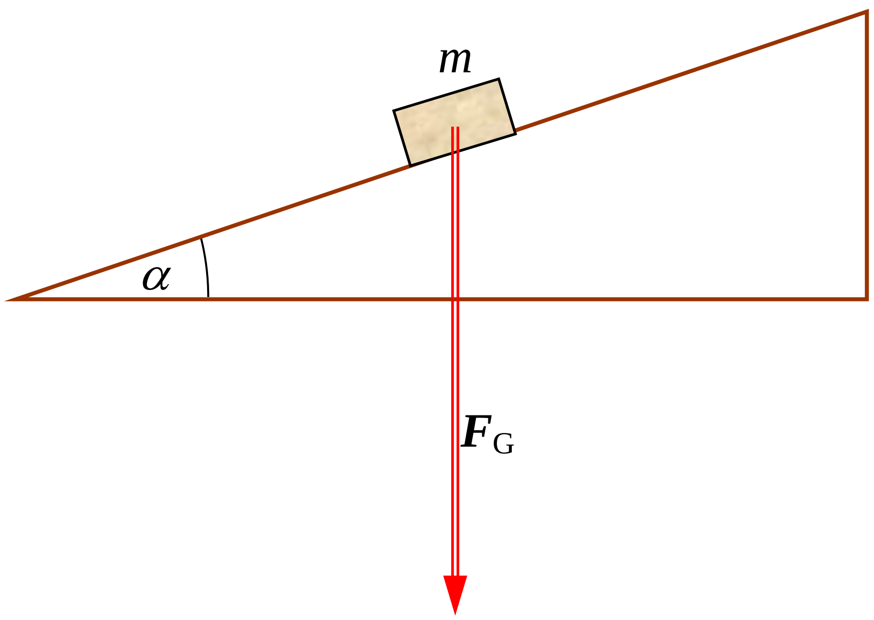
3. V jednom bodě působí dvě navzájem kolmé síly, jejichž velikosti jsou F_1 = 2,45 N a F_2 = 4,62 N. Určete jejich výslednici, tj. její velikost i směr
a) graficky,
b) výpočtem.

(F = 5,23 N ; φ = 62° – vzhledem ke směru síly $\boldsymbol{F}_1$)

4. V jednom bodě působí dvě síly o velikostech F_1 = 16,0 N a F_2 = 22,0 N. Určete jednak graficky, jednak výpočtem velikost a směr jejich výslednice, jestliže tyto síly spolu svírají navzájem úhel
a) 60°,
b) 150°.

(F_a = 33,0 N ; φ_a = 35° – vzhledem ke směru síly $\boldsymbol{F}_1$;
F_b = 11,4 N ; φ_b = 106° – vzhledem ke směru síly $\boldsymbol{F}_1$)

5. Proveďte graficky rozklad tíhové síly $\boldsymbol{F}_G$ na tečnou a normálovou složku na nakloněné rovině.



6. Těleso mající hmotnost 650 kg se nachází na nakloněné rovině s úhlem sklonu 30°. Jak velkou tlakovou silou působí na podložku nakloněné roviny? Jak velká síla by jej uvedla do pohybu, kdyby byla podložka dokonale hladká a kdyby neexistovalo tření? Hodnotu tíhového zrychlení v tomto i v dalším příkladu zaokrouhlete na $g \doteq 10\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

(F_n = 5 630 N ; F_t = 3 250 N)

7. Cyklista o hmotnosti 75 kg jede do kopce se sklonem 18 %. Jak velkou tlakovou silou působí na silnici? Jak velká síla je tečná síla, jež na něj působí ve směru podél kopce dolů?

(F_n = 738 N ; F_t = 135 N)

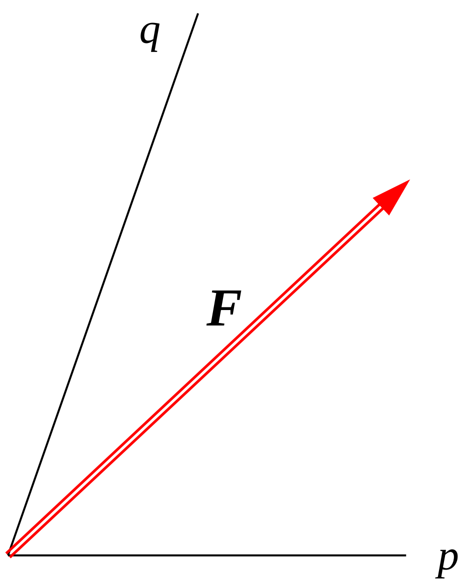
8. Sílu $\boldsymbol{F}$ o velikosti 16,0 N rozložte na dvě navzájem kolmé složky $\boldsymbol{F}_1$ a $\boldsymbol{F}_2$ tak, aby síla $\boldsymbol{F}_1$ svírala se směrem síly $\boldsymbol{F}$ právě úhel 36°. Jaké budou velikosti obou složek?

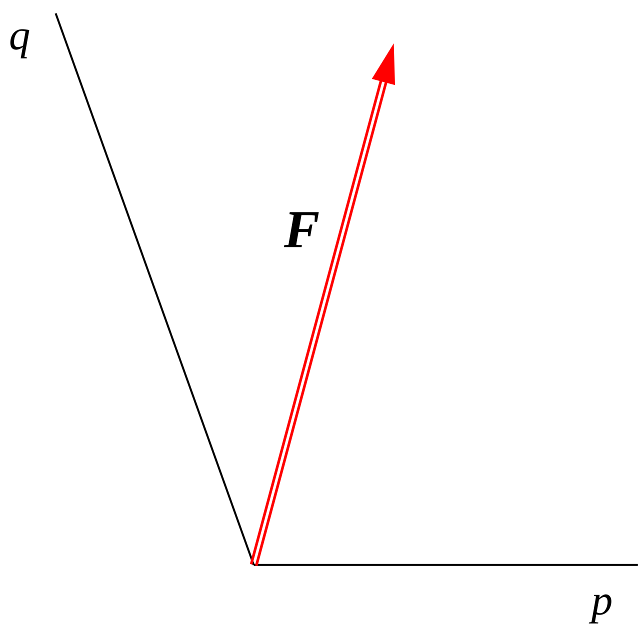
(F_1 = 12,9 N ; F_2 = 9,4 N)

9. Síla $\boldsymbol{F}$ o velikosti 320 N je výslednicí dvou různoběžných sil působících v jednom bodě. První síla $\boldsymbol{F}_1$ má velikost 190 N a svírá se směrem výslednice úhel 75°. Určete velikost a směr druhé ze skládaných sil.

(F_2 = 327 N ; β = 34° – vzhledem ke směru výslednice $\boldsymbol{F}$)

10. Proveďte graficky rozklad síly $\boldsymbol{F}$ do směrů přímek p a q.





11. Člun pluje kolmo ke směru proudu řeky rychlostí o velikosti 4,5 m.s^{-1}, rychlost říčního proudu má velikost 2,8 m.s^{-1}. Určete, jak velká je výsledná rychlost člunu. O kolik metrů ve směru toku bude člun unesen proudem, je-li řeka široká 80 m ? Jak dlouho člunu potrvá přeplutí řeky?

(v = 5,3 m.s^{-1} ; x = 50 m ; t = 18 s)

12. Pod jakým úhlem musí plout člun z předcházejícího příkladu proti proudu, aby přistál přesně naproti místu, z něhož vyplul? Jak dlouho mu bude v tomto případě trvat, než přepluje řeku?

(φ = 38,5° ; t = 23 s)

13. Podélná osa letadla míří přesně severním směrem, rychlost letadla vůči klidnému ovzduší má velikost 110,0 m.s^{-1}. Kam ve skutečnosti letoun poletí a jaká bude jeho výsledná rychlost, fouká-li od jihozápadu vítr rychlostí o velikosti 20,0 m.s^{-1}?

(v = 123 m.s^{-1}; letadlo poletí směrem k severoseverovýchodu $\rightarrow$ směr jeho letu bude odkloněn od zemského poledníku o úhel $\varphi \doteq 7{,}4^{\circ}$)

14. Po moři směrem od břehu pluje loď rychlostí o velikosti 10 m.s^{-1}, přičemž tento vektor svírá s linií pobřeží úhel 30°. V okamžiku, kdy se loď nachází ve vzdálenosti 500 m od přístaviště (měřeno přesně ve směru kolmém ke břehu), vyrazí z přístaviště člun rychlostí o velikosti 12 m.s^{-1}. Jakým směrem musí člun mířit, aby se s lodí setkal?

(Vektor rychlosti $\boldsymbol{v_2}$ člunu musí svírat s linií pobřeží úhel přibližně 44°.)

* * *

2. Mechanika hmotného bodu

2.1 Kinematika pohybu hmotného bodu

a) pohyby rovnoměrné

15. Vlak jel první čtvrthodinu průměrnou rychlostí 75 km.h^{-1}, v druhé čtvrthodině vzrostla jeho průměrná rychlost na 105 km.h^{-1}. Jaká byla průměrnou rychlost vlaku během celé půlhodiny?

(v_p = 90 km.h^{-1})

16. Cyklisté stoupají na Tourmalet průměrnou rychlostí 16 km.h^{-1}. Následuje stejně dlouhý sjezd do údolí a v něm je jejich průměrná rychlost 64 km.h^{-1}. Určete, jakou průměrnou rychlost mají cyklisté při zdolání celého horského masívu.

(v_p = 25,6 km.h^{-1})

17. První třetinu dráhy jede auto rychlostí 40 km.h^{-1}, druhou třetinu pak rychlostí 60 km.h^{-1} a tu poslední rychlostí 100 km.h^{-1}. Jaká je průměrná rychlost auta na celé jeho cestě?

(v_p = 58,1 km.h^{-1})

18. Těleso se po určité dráze pohybuje tak, že na první pětině dráhy má stálou rychlost 2 m.s^{-1}. Na zbývajících čtyřech pětinách se pohybuje rovněž stálou rychlostí 30 m.s^{-1}. Určete jeho průměrnou rychlost na celé dráze.

(v_p = 7,9 m.s^{-1})

19. Při stejném pohonu se loďka pohybuje proti proudu řeky rychlostí 2,4 km.h^{-1}, po proudu řeky pak rychlostí 6,6 km.h^{-1}. Určete rychlost loďky a rychlost říčního proudu.

(v_l = 4,5 km.h^{-1} ; $v_ř$ = 2,1 km.h^{-1})

20. Určete jak velká bude průměrná rychlost loďky z předcházejícího příkladu, jestliže nejprve popluje jistý úsek po proudu, a pak stejně dlouhý úsek zpět proti němu.

(v_p = 3,5 km.h^{-1})

21. Ze dvou míst navzájem vzdálených 48 km vyrazily současně proti sobě motocykl, jehož rychlost byla 50 km.h^{-1}, a auto rychlostí 70 km.h^{-1}. Kdy a kde se potkají?

(Potkají se za 24 minut 28 km od místa, z něhož vyjelo auto.)

22. Ze dvou míst od sebe vzdálených 20 km se současně začnou pohybovat dvě tělesa stejným směrem. První má rychlost 100 m.s^{-1}, druhé 60 m.s^{-1}. Za jakou dobu dostihne rychlejší těleso pomalejší? Jakou vzdálenost obě tělesa za tuto dobu urazí?

(Dostihne ho za 500 s; rychlejší přitom ujede vzdálenost 50 km a pomalejší 30 km.)

23. Ze dvou míst **K** a **L** navzájem vzdálených 96 km postupně vyrazí proti sobě dva dopravní prostředky. První stálou rychlostí o velikosti 72 $km.h^{-1}$, druhý pak o půl hodiny později rovněž stálou rychlostí 108 $km.h^{-1}$. Určete místo, kde se oba dopravní prostředky setkají.

(Potkají se za 50 minut od okamžiku, kdy vyrazil první dopravní prostředek ve vzdálenosti 60 km od bodu **K** a 36 km od bodu **L**.)

24. Z města **A** vyjede ve 12 hodin rychlík rychlostí 80 $km.h^{-1}$ do města **B** vzdáleného 520 km. Z města **B** pak ve 14 hodin vyjede do města **A** expres rychlostí 100 $km.h^{-1}$. Kdy a kde se oba vlaky potkají?

(Vlaky se potkají v 16 hodin, ve vzdálenosti 320 km od města **A**.)

25. Z města **M** vyjede v 8 hodin rychlík průměrnou rychlostí 80 $km.h^{-1}$ do města **N** vzdáleného 400 km. Hodinu poté vyjede za ním z téhož města **M** expres. Jaká musí být jeho průměrná rychlost, aby první vlak dojel právě 40 km před městem **N** ?

(Expres dojede rychlík ve 12.30 hod;
rychlost expresu musí přitom být přibližně 103 $km.h^{-1}$.)

26. Vlak má délku 300 m a jede přes most stálou rychlostí o velikosti 72 $km.h^{-1}$. Od okamžiku, kdy na most vjela lokomotiva, do okamžiku, kdy most opustil poslední vagón, uplynulo přesně 24 s. Určete délku mostu.

(ℓ = 180 m)

27. Na dvou sousedních kolejích jedou proti sobě dva vlaky. První o délce 340 metrů má stálou rychlost o velikosti 90 $km.h^{-1}$, druhý, jehož délka je 180 m, jede stálou rychlostí o velikosti 144 $km.h^{-1}$. Určete, jak dlouhý je časový interval od setkání lokomotiv po minutí posledních vagónů obou vlaků.

(t = 8 s)

28. Na dvojkolejné trati jedou současně stejným směrem dva vlaky. První má délku 360 metrů a stálou rychlost o velikosti 54 $km.h^{-1}$. Dojíždí ho druhý délky 240 m mající rychlost o velikosti 126 $km.h^{-1}$. Určete, jak dlouho bude rychlejší vlak předjíždět vlak pomalejší (měřeno od okamžiku, kdy lokomotiva rychlejšího dostihne poslední vagón pomalejšího po okamžik, kdy poslední vagón rychlejšího míjí lokomotivu pomalejšího).

(t = 30 s)

29. Sportovec překoná 18 km úsek za 1,5 hodiny. První část jde chůzí rychlostí 2 $m.s^{-1}$, druhou část pak běží rychlostí 4,5 $m.s^{-1}$. Vypočítejte délku obou částí jeho cesty.

(s_1 = 5 040 m ; s_2 = 12 960 m)

* * *

b) pohyby zrychlené a zpomalené

30. Vlak se rozjíždí z klidu se stálým zrychlením o velikosti 0,5 m.s^{-2}. Za jakou dobu dosáhne rychlosti 90 km.h^{-1} a jakou dráhu přitom ujede?

(t = 50 s ; s = 625 m)

31. Automobil jedoucí rychlostí o velikosti 72 km.h^{-1} začne svoji rychlost rovnoměrně zvyšovat se zrychlením 0,4 m.s^{-2}. Za jak dlouho dosáhne rychlosti 108 km.h^{-1} a jakou přitom za tuto dobu urazí dráhu?

(t = 25 s ; s = 625 m)

32. Těleso se pohybuje z klidu se stálým zrychlením 2 m.s^{-2}. V určitém místě má jeho rychlost velikost 20 m.s^{-1}. Jaké rychlosti dosáhne o 200 m dále?

(v_2 = 34,6 m.s^{-1})

33. Auto se rozjíždí se stálým zrychlením a projede dráhu mezi body **X** a **Y**, jejichž vzdálenost je právě 30 m, za 2 s. V bodě **Y** má přitom rychlost 16 m.s^{-1}. Určete zrychlení auta a velikost jeho rychlosti v bodě **X**.

(a = 1 m.s^{-2} ; v_A = 14 m.s^{-1})

34. Kolo jede rychlostí 6 m.s^{-1}. Na začátku měřeného úseku délky 40 m začne cyklista zrychlovat tak, že jej urazí za 5 s. Jak velké bylo zrychlení jeho pohybu za předpokladu, že se jednalo o pohyb rovnoměrně zrychlený?

(a = 0,8 m.s^{-2})

35. Cyklista, který jede rychlostí o velikosti 5 m.s^{-1}, ztrojnásobí tuto rychlost za 20 s. Jaké je zrychlení jeho pohybu a jakou dráhu přitom za tuto dobu ujede?

(a = 0,5 m.s^{-2} ; s = 200 m)

36. Určete velikost zrychlení přímočarého pohybu tělesa, jež bylo původně v klidu, když právě v šesté sekundě od začátku pohybu urazilo dráhu 10 m ?

(a = 1,82 m.s^{-2})

37. Předpokládejme, že vlak při rozjezdu zvyšuje svoji rychlost rovnoměrně, přičemž urazí vzdálenost mezi desátým a dvacátým metrem své dráhy (měřeno od místa rozjezdu) za 3,5 s. Určete

a) s jak velkým zrychlením se vlak pohybuje,
b) jak dlouhou dráhu urazí než jeho rychlost dosáhne velikosti 120 km.h^{-1},
c) jak dlouho mu bude trvat, než získá tuto rychlost.

(a = 0,28 m.s^{-2} ; s = 1 980 m ; t = 120 s)

38. Auto se rozjíždí z klidu se stálým zrychlením a po projetí dráhy 240 m dosáhne rychlosti o velikosti 90 km.h^{-1}. Vypočítejte
a) s jak velkým zrychlením se automobil pohybuje,
b) za jak dlouho urazí na uvedené dráze posledních 20 metrů.

(a = 1,3 m.s^{-2} ; Δt = 0,82 s)

39. Automobil jedoucí určitou rychlostí začal svoji rychlost pravidelně zvyšovat se stálým zrychlením, přičemž ujel za první dvě sekundy 24 m a za další dvě sekundy 32 m. Určete, jak velké bylo zrychlení automobilu a jeho počáteční rychlost.

(a = 2 m.s^{-2} ; v_o = 10 m.s^{-1})

40. Těleso se pohybuje přímočaře se stálým zrychlením tak, že dva na sebe navazující úseky délky 120 m urazí postupně za 12 s a za 8 s. Určete zrychlení jeho pohybu.

(a = 0,5 m.s^{-2})

41. Rychlík jedoucí rychlostí 144 km.h^{-1} zastavil na dráze 1 km dlouhé. Určete velikost zrychlení pohybu vlaku a čas potřebný k jeho zastavení.

(a = 0,8 m.s^{-2} ; t = 50 s)

42. Rozjetý vlak začal brzdit a se stálým zrychlením o velikosti 0,75 m.s^{-2} zastavil na dráze délky 800 m. Jaká byla původní rychlost vlaku před brzděním?

(v = 35 m.s^{-1} = 125 km.h^{-1})

43. Auto má v určitém místě dráhy rychlost 60 km.h^{-1} a o 100 m dále už jen 40 km.h^{-1}. Jak velké je zrychlení auta, předpokládáme-li, že jeho pohyb je rovnoměrně zpomalený?

(a = 0,77 m.s^{-2})

44. Zastaví-li vlak jedoucí rychlostí 90 km.h^{-1} na dráze 400 m dlouhé, z jaké rychlosti jej lze potom zabrzdit (při stejných podmínkách) na dráze 60 m ?

(v = 35 km.h^{-1})

45. Vlak jedoucí původně rychlostí 90 km.h^{-1} brzděním rovnoměrně snížil svoji rychlost na 54 km.h^{-1} na dráze 300 m dlouhé. Vypočítejte, jakou dráhu by urazil při brzdění se stejně velkým zrychlením, kdyby měl úplně zastavit z počáteční rychlosti 108 km.h^{-1}.

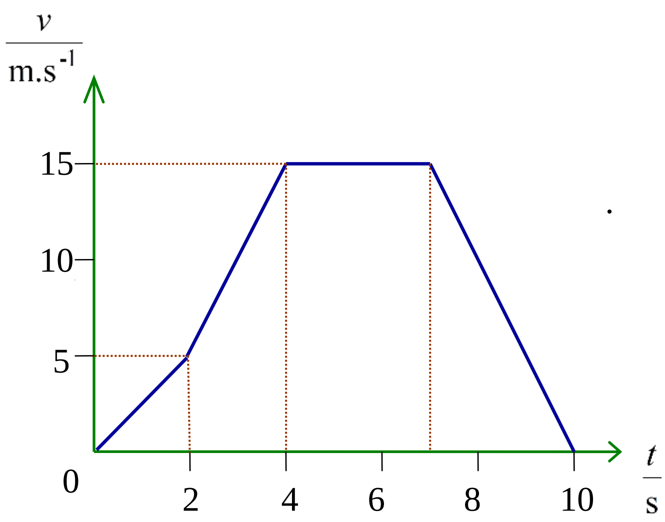
(s = 675 m)

46. Dvě tělesa vzdálená od sebe 100 m se začnou současně pohybovat proti sobě. První z nich stálou rychlostí 3 m.s^{-1}, druhé má na počátku rychlost o velikosti 7 m.s^{-1}, kterou dále zvětšuje se zrychlením 4 m.s^{-2}. Určete místo a čas, kdy a kde se obě tělesa potkají.

(Potkají se za 5 s ve vzdálenosti 15 m od výchozího místa prvního tělesa.)

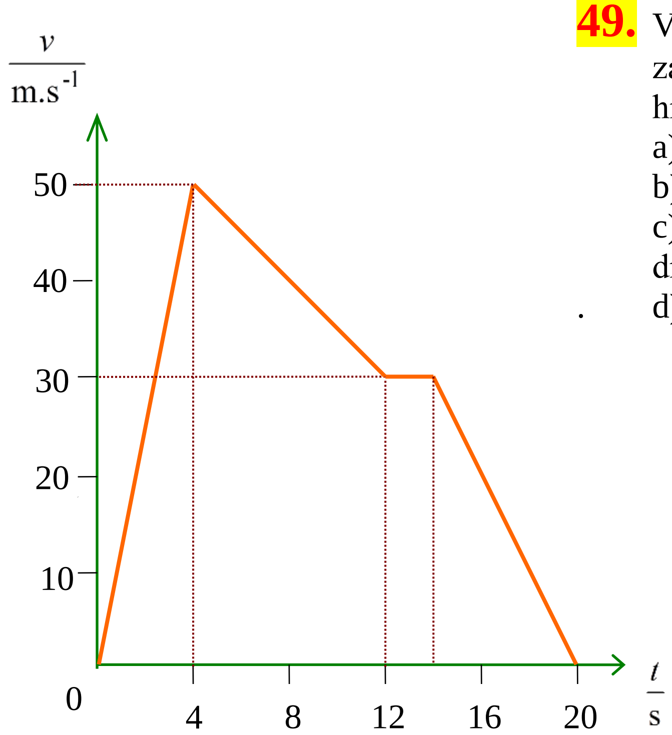
47. Z téhož místa se začnou současně ve stejném směru pohybovat dvě tělesa. První stálou rychlostí o velikosti 4 m.s^{-1}, druhé se stálým zrychlením 0,5 m.s^{-2}.
a) Za jak dlouho budou mít obě tělesa stejnou rychlost?
b) Za jak dlouho obě tělesa urazí stejnou dráhu?

(t_a = 8 s ; t_b = 0 s nebo t_b = 16 s)



48. Na vedlejším obrázku je graf závislosti rychlosti pohybu jistého hmotného bodu na čase. Určete
a) z jakých druhů pohybu se skládá,
b) u každého pohybu jeho zrychlení,
c) u každého pohybu ujetou dráhu,
d) průměrnou rychlost během celých 10 s.

I. Rovnoměrně zrychlený
a = 2,5 m.s^{-2} ; s = 5 m ;
II. Rovnoměrně zrychlený
a = 5 m.s^{-2} ; s = 20 m ;
III. Rovnoměrný
a = 0 m.s^{-2} ; s = 45 m ;
IV. Rovnoměrně zpomalený
a = 5 m.s^{-2} ; s = 22,5 m ;
v_p = 9,25 m.s^{-1} .



49. Vedlejší obrázek je rovněž grafem závislosti rychlosti pohybu jistého hmotného bodu na čase. Opět určete
a) z jakých druhů pohybu se skládá,
b) u každého pohybu jeho zrychlení,
c) u každého pohybu příslušnou ujetou dráhu,
d) průměrnou rychlost během celých 20 s.

I. Rovnoměrně zrychlený
a = 12,5 m.s^{-2} ; s = 100 m ;
II. Rovnoměrně zpomalený
a = 2,5 m.s^{-2} ; s = 320 m ;
III. Rovnoměrný
a = 0 m.s^{-2} ; s = 60 m ;
IV. Rovnoměrně zpomalený
a = 10 m.s^{-2} ; s = 90 m ;
v_p = 28,5 m.s^{-1} .

* * *

c) pohyby v homogenním tíhovém poli Země

Při řešení následujících příkladů dosazujte
hodnotu tíhového zrychlení $g \doteq$ **10 m.s^{-2}**.

50. Určete, jak dlouho padá těleso volným pádem ve vzduchoprázdnu z výšky 320 metrů. Jak velkou rychlostí přitom dopadne na zemský povrch?

(t = 8 s ; v = 80 m.s^{-1})

51. Z jaké výšky padalo těleso ideálním volným pádem, jestliže dopadlo na zemský povrch rychlostí 144 km.h^{-1} ? Jak dlouho jeho pohyb trval?

(h = 80 m ; t = 4 s)

52. Jaká je průměrná rychlost volně padajícího tělesa ve vzduchoprázdnu
a) v prvních dvou sekundách jeho pádu,
b) v intervalu mezi začátkem třetí a koncem čtvrté sekundy,
c) v intervalu mezi začátkem páté a koncem šesté sekundy?

(v_a = 10 m.s^{-1} ; v_b = 30 m.s^{-1} ; v_c = 50 m.s^{-1})

53. Volně padající těleso má v bodě **A** rychlost 20 m.s^{-1}, v níže položeném bodě **B** pak rychlost 80 m.s^{-1}. Za jakou dobu urazí těleso trajektorii **AB** a jaká je délka této trajektorie?

(Δt = 6 s ; Δs = 300 m)

54. Z jaké výšky padalo těleso volným pádem, jestliže za poslední 2 s před dopadem na Zem urazilo dráhu právě 100 m ?

(h = 180 m)

55. Těleso padající ve vzduchoprázdnu z neznámé výšky volným pádem urazilo v poslední sekundě před dopadem právě jednu pětinu svojí celkové dráhy. Určete, z jaké výšky těleso padalo.

(h = 450 m)

56. Předmět byl vyhozen ve vzduchoprázdnu svisle vzhůru počáteční rychlostí 50 m.s^{-1}. Do jaké maximální výšky vystoupal? Za jak dlouho a jak velkou rychlostí dopadl zpátky na Zem?

(h_{max} = 125 m ; t = 10 s ; v = 30 m.s^{-1})

57. Kámen hozený ve vzduchoprázdnu kolmo vzhůru má ve výšce 20 m rychlost 15 m.s^{-1}. Za jak dlouho po odhodu vystoupal do této výšky?

(Úloha má dvě řešení: t_1 = 1 s a t_2 = 4 s . Vysvětlete!)

58. Určete, jak velkou rychlostí byl předmět vyhozen svisle vzhůru, jestliže zpět na Zem dopadl za 6 s. Odpor vzduchu neuvažujte.

(v = 30 m.s^{-1})

59. Předmět byl hozen vodorovně rychlostí o velikosti 15 m.s^{-1} z výšky 20 m. V jaké vodorovné vzdálenosti od místa odhodu dopadl na Zem, jestliže neuvažujeme odpor vzduchu? Jak dlouho jeho pohyb trval?

(d = 30 m ; t = 2 s)

60. Předmět byl ve vzduchoprázdnu vyhozen vodorovným směrem rychlostí o velikosti 24 m.s^{-1} a dopadl do vzdálenosti 120 m od paty kolmice spuštěné z místa odhodu na Zem. Určete
a) jak dlouho trval pohyb předmětu od jeho vyhození po dopad na Zem,
b) z jak velké výšky byl předmět vyhozen.

(t = 5 s ; h = 125 m)

61. Těleso bylo vyhozeno z výšky 80 m vodorovným směrem a dopadlo na Zem ve vzdálenosti 100 m (měřeno od paty kolmice spuštěné z místa odhodu). Určete
a) jak dlouho trval pohyb tělesa,
b) jak velkou rychlostí bylo těleso vyhozeno,
c) jak velkou rychlostí dopadlo těleso na Zem.

(t = 4 s ; v_o = 25 m.s^{-1} ; v_{dop} = 47 m.s^{-1})

62. Projektil byl vystřelen z povrchu Země počáteční rychlostí o velikosti 760 m.s^{-1} šikmo vzhůru pod úhlem 30^o. Předpokládejme, že se jeho pohyb teoreticky odehrává ve vzduchoprázdnu. Vypočítejte
a) jak dlouho by trvalo, než by dopadl zpět na Zem,
a) do jaké vzdálenosti od místa výstřelu by doletěl,
b) do jaké maximální výšky nad zemským povrchem by přitom vystoupal,
c) jak velká by byla v této maximální výšce jeho rychlost.

(t = 76 s ; d = 50 km ; h_{max} = 7,2 km ; v = 660 m.s^{-1})

63. Určete, jak velkou rychlostí byl vyhozen šikmo vzhůru pod úhlem 30^o ve vzduchoprázdnu předmět, jestliže dolétl do vzdálenosti půl kilometru.

(v_o = 76 m.s^{-1})

64. Pod jak velkým úhlem musí být vrženo šikmo vzhůru těleso, aby maximální výška tohoto šikmého vrhu byla právě rovna délce doletu tělesa?

(α = 76^o)

* * *

2.2 Dynamika pohybu hmotného bodu

a) Newtonovy pohybové zákony

65. Tažná síla motoru automobilu o hmotnosti 1 200 kg je 1,8 kN. Určete
a) s jak velkým zrychlením se automobil pohybuje,
b) na jak dlouhé dráze dosáhne automobil při rozjezdu rychlosti o velikosti 90 km.h^{-1}.

(a = 1,5 m.s^{-2} ; s = 208 m)

66. Těleso je uváděno do pohybu silou o velikosti 400 mN tak, že za prvních 6 s od začátku pohybu urazí dráhu 9 m. Určete hmotnost tělesa.

(m = 0,8 kg)

67. Vlak o hmotnosti 450 t jede rychlostí 72 km.h^{-1}. Jaké síly konstantní velikosti je třeba, aby se rychlost vlaku zvýšila na 108 km.h^{-1} na dráze délky 750 m ?

(F = 150 kN)

68. Vlak o hmotnosti 250 t jedoucí původně rychlostí o velikosti 90 km.h^{-1} začne svoji rychlost zvyšovat působením tažné síly stálé velikosti 1,2.10^{5} N. Jakou dráhu ujede, než jeho rychlost vzroste z původní hodnoty 90 km.h^{-1} na 126 km.h^{-1} ?

(s = 625 m)

69. Automobil o hmotnosti 800 kg zvětšil svoji rychlost ze 72 km.h^{-1} na 108 km.h^{-1} za dobu 8 s. Určete,
a) jak velká síla tuto změnu rychlosti způsobila,
b) jakou vzdálenost za těchto 8 s automobil urazil.

(F = 1 000 N ; s = 200 m)

70. Auto o hmotnosti 2,4 t jede po silnici rychlostí o velikosti 90 km.h^{-1}. Jaká brzdící síla stálé velikosti je potřebná k tomu, aby auto zastavilo na dráze 125 m dlouhé?

(F = 6 kN)

71. Vlak o hmotnosti 450 t zpomalil z rychlosti 90 km.h^{-1} na 54 km.h^{-1} za 15 s. Určete velikost brzdné síly, jež na vlak přitom působila, považujeme-li jeho pohyb za rovnoměrně zpomalený.

(F = 300 kN)

72. Vlak o hmotnosti 300 t jel původně rychlostí o velikosti 144 km.h^{-1}. Brzděním se stálým zrychlením tuto rychlost postupně snížil na 72 km.h^{-1} na dráze, jejíž délka byla 800 m. Jaká brzdná síla konstantní velikosti přitom na vlak působila?

(F = 225 kN)

73. Určete, jaká síla musí kromě síly tíhové působit na svisle padající těleso hmotnosti 3 kg, aby se jeho rychlost rovnoměrně zvýšila ze 4 m.s^{-1} na 22 m.s^{-1} za dobu 1,5 s.

(F_x = 4 N ; síla $\boldsymbol{F}_x$ musí mířit svisle dolů)

74. Jaká síla kromě síly tíhové musí působit na svisle padající těleso hmotnosti 3 kg, aby se jeho rychlost rovnoměrně zvýšila ze 4 m.s^{-1} na 22 m.s^{-1} na dráze délky 39 m ?

(F_x = 12 N ; její směr musí být opačný, než má síla tíhová – $\boldsymbol{F}_x$ míří svisle vzhůru)

75. Hmotnost vlaku je 600 t, tažná síla lokomotivy 2.10^5 N, koeficient tření mezi koly a kolejnicí je 0,02. Jak velkou bude mít vlak rychlost za 4 minuty po rozjezdu?

(v = 32 m.s^{-1} = 115 km.h^{-1})

76. Bednu o hmotnosti 50 kg suneme po vodorovné podložce vodorovně orientovanou silou o velikosti 120 N. Součinitel smykového tření mezi kvádrem a podložkou je 0,2. Určete velikost zrychlení pohybu kvádru. Jak velká by musela být tažná síla, aby byl pohyb bedny rovnoměrný?

(a = 0,4 m.s^{-2} ; $F_t = F_T$ = 100 N)

77. Těleso o hmotnosti 25 kg se pohybuje po vodorovné podložce působením síly $\boldsymbol{F}$, jejíž velikost je 120 N a jejíž směr svírá s vodorovnou rovinou úhel 60°. Určete, s jak velkým zrychlením se bude těleso po podložce pohybovat, je-li koeficient smykového tření mezi ním a podložkou 0,35.

(a = 0,36 m.s^{-2})

78. Na nakloněnou rovinu s úhlem sklonu 30° je směrem vzhůru vrženo těleso, jehož počáteční rychlost je 10 m.s^{-1}. Koeficient tření mezi tělesem a podložkou nakloněné roviny je 0,25. Určete

a) jakou dráhu těleso po nakloněné rovině urazí až do úplného zastavení,

b) jak velkou rychlostí se navrátí do výchozího bodu svého pohybu.

(s = 7,0 m ; v = 32 m.s^{-1})

79. Jak velká tažná síla je nutná k tomu, abychom vozidlu o hmotnosti 1 100 kg udělili na cestě do kopce se stoupáním 5 % zrychlení 1,5 m.s^{-2} ? Působení síly tření při tomto pohybu pro jednoduchost zanedbáváme.

(F = 2 200 N)

80. Na nakloněné rovině s úhlem sklonu 30° se ve výšce 6 m nad Zemí nachází kvádr. Jestliže kvádr volně vypustíme, začne se pohybovat směrem dolů a po proběhnutí nakloněné roviny získá rychlost o velikosti 9,8 m.s^{-1}. Jak velký je koeficient tření mezi kvádrem a podložkou nakloněné roviny?

(f = 0,115)

*   *   *

b) práce, energie, výkon

81. Po vodorovné trajektorii se rozjíždí vlak se stálým zrychlením 0,25 m.s^{-2}.
a) Jakou práci vykoná lokomotiva o tažné síle 80 kN za tři minuty od rozjezdu?
b) Jak velká je hodnota průměrného výkonu jejích motorů?

(W = 324 MJ ; P_p = 1 800 kW)

82. Elektrická lokomotiva působí při rozjezdu na vlak tažnou silou 150 kN a po 2 minutách má souprava rychlost 144 km.h^{-1}. Určete
a) hmotnost vlaku,
b) jak velkou práci vykonají motory lokomotivy,
c) průměrný výkon motorů lokomotivy během těchto dvou minut.

(m = 450 t ; W = 360 MJ ; P_p = 3 000 kW)

83. Automobil o hmotnosti 1,2 t jedoucí rychlostí o velikosti 54 km.h^{-1} zvýšil během 20 s svoji rychlost na 108 km.h^{-1}. Určete
a) práci, kterou za tuto dobu motor auta vykoná
b) průměrný výkon motoru auta.

(W = 405 kJ ; P_p = 20 ¼ kW)

84. Letadlo, jehož hmotnost je 3 t, vystoupá právě za jednu minutu po startu do výšky jednoho kilometru a dosáhne přitom rychlosti o velikosti 180 km.h^{-1}. Určete průměrný výkon jeho motorů za tuto dobu.

(P_p = 562,5 kW)

85. Jakou vzdálenost až do zastavení by teoreticky urazil rychlík jedoucí rychlostí 144 km.h^{-1} na vodorovné trajektorii, kdyby na něj působila pouze brzdná síla tření? Koeficient tření mezi koly a kolejnicí má hodnotu 0,005, působení síly odporu prostředí (vzduchu) v tomto případě neuvažujeme.

(s = 16 km)

86. Jakou vzdálenost až do zastavení by teoreticky ujel rychlík do kopce se stoupáním 16 ‰, jestliže by měl na počátku stoupání rychlost o velikosti 144 km.h^{-1}, kdyby přestala působit tažná síla lokomotivy a kdybychom současně zanedbali síly tření i odpor vzduchu?

(s = 5 km)

87. Po drsné vodorovné podložce musíme přemístit těleso o hmotnosti 400 kg do vzdálenosti 15 m. Součinitel smykového tření mezi tělesem a podlahou je 0,15. Určete, jak velkou práci musíme vykonat, abychom těleso do uvedené vzdálenosti přemístili
a) pohybem rovnoměrným (za libovolný čas),
b) pohybem rovnoměrně zrychleným z klidu za 5 s.

(W_a = 9,0 kJ ; W_b = 16,2 kJ)

88. Těleso o hmotnosti 5 kg padá ideálním volným pádem ve vzduchoprázdnu z výšky 180 m. Určete hodnoty jeho kinetické, potenciální tíhové a celkové mechanické energie v časech $t_1 = 0$ s, $t_2 = 3$ s a v okamžiku dopadu tělesa na Zem.

(**1.** ...... $E_k = 0$ J ; $E_p = 9\,000$ J ; $E = 9\,000$ J ,
2. ...... $E_k = 2\,250$ J ; $E_p = 6\,750$ J ; $E = 9\,000$ J ,
3. ...... $E_k = 9\,000$ J ; $E_p = 0$ J ; $E = 9\,000$ J)

89. Těleso o hmotnosti 200 g bylo vyhozeno svisle vzhůru. Ve výšce 12 m nad zemí mělo kinetickou energii 15 J. Jakou počáteční rychlostí bylo vyhozeno?

($v_o = 19{,}7$ m.s^{-1})

90. Kuličku jisté hmotnosti m roztáčíme ve svislé rovině na „nehmotné" niti délky 120 cm. Určete velikost rychlosti, kterou kulička prochází nejvyšším bodem své trajektorie, jestliže v nejnižším bodě své trajektorie má rychlost o velikosti 8 m.s^{-1}.

($v_{min} = 4$ m.s^{-1})

91. Vlak jede stálou rychlostí a motory lokomotivy vyvíjejí při výkonu 4 800 kW tažnou sílu 120 kN. Za jakou dobu ujede dráhu 100 km?

($t = 2\,500$ s = 41 min 40 s)

92. Cyklista jede stálou rychlostí tak že ujede dráhu 36 km za 40 minut. Výkon jeho svalů je přitom 5,1 kW. Určete, jak velkou tažnou sílu cyklista vyvíjí.

($F = 340$ N)

93. Jaký je průměrný výkon vzpěrače, jestliže dokáže za 2,5 s zvednout do výšky 2,4 m činku o hmotnosti 180 kg?

($P_p = 1\,730$ W)

94. Turista o hmotnosti 110 kg vystoupil na vrchol vysoký 520 m za 50 minut. Jaký byl přitom jeho průměrný výkon?

($P_p = 190$ W)

95. Za jak dlouho zdvihne jeřáb rovnoměrným pohybem náklad o hmotnosti 1,2 t do výšky 9 m, má-li jeho elektromotor příkon 9 kW a je-li účinnost celého zařízení 65 %?

($t = 18{,}5$ s)

96. Výtah vytáhne náklad 800 kg do výšky 24 m za 11 s. Jak velký musí být příkon elektromotoru, je-li účinnost zařízení 90 % ?

($P = 19{,}4$ kW)

97. Elektromotor jeřábu o příkonu 36 kW pracuje s účinností 75 %. Určete hmotnost nákladu, jenž jeřáb za 25 s zvedne rovnoměrným pohybem do výšky 30 m.

(m = 2 250 kg)

98. Motor výtahu o příkonu 8 kW zvedne rovnoměrným pohybem náklad o hmotnosti 800 kg do výšky 12 m za 15 s. Určete účinnost motoru.

(η = 80 %)

99. Těleso mající rychlost o velikosti 60 $m.s^{-1}$ zastaví působením brzdné síly stálé velikosti na dráze 100 m. Jak by se rychlost tělesa změnila při působení stejné síly, kdyby brzdná dráha tělesa byla poloviční?

(Rychlost tělesa by poklesla na hodnotu 42,4 $m.s^{-1}$.)

100. Určete, jaká práce se vykoná při natažení pružiny o 20 cm z jejího původního tvaru, jestliže na to, abychom pružinu natáhli o 2 cm z původní polohy, je potřebná síla 400 N. Předpokládáme pružnou deformaci materiálu.

(W = 400 J)

101. Vagón vážící 20 t pohybující se rychlostí 1,6 $m.s^{-1}$ se má zastavit nárazem na pevnou překážku. Jak velkou tuhost $\underline{k}$ musí mít pružiny v jeho nárazních, stlačí-li se nárazníkové pružiny při srážce právě o 10 cm ?

($k = 2{,}56.10^{6}$ $kg.s^{-2}$ (resp. $N.m^{-1}$))

102. Jak velké práce je třeba k odvlečení bedny o hmotnosti 50 kg do vzdálenosti 6 m po vodorovné podlaze, je-li bedna tažena za provaz svírající s vodorovným směrem úhel 30^{o} a je-li koeficient tření mezi bednou a podlahou 0,3 ?

(W = 767 J)

* * *

2.3 Mechanika soustav hmotných bodů

103. Střela o hmotnosti 12 g proletěla hlavní pušky za 3 ms, přičemž nabyla rychlosti o velikosti 750 m.s^{-1}. Hmotnost pušky je 5 kg. Určete
a) velikost zrychlení pohybu střely v hlavni pušky,
b) jak velká síla působila na střelu při výstřelu,
c) jak velká by byla zpětná rychlost pušky při výstřelu, kdyby se mohla volně pohybovat.

(a = 250 000 m.s^{-2} ; F = 3 000 N ; v_p = 1,8 m.s^{-1})

104. Dvě závaží o hmotnostech 100 g a 105 g jsou spojena „nehmotným" vláknem přes pevnou kladku. S jak velkým zrychlením se dají do pohybu? Tření v kladce neuvažujeme.

(a = 0,244 m.s^{-2})

105. Přes pevnou kladku je vedené lanko zanedbatelné hmotnosti, na jehož koncích visí dvě závaží různé hmotnosti $m_1 < m_2$. Když je uvolníme, budou za 2 s od začátku pohybu od sebe vzdálena právě 48 cm. Určete hmotnost těžšího závaží, je-li hmotnost lehčího 1 kg.

(m_2 = 1,024 kg)

106. Vagón s hmotností 12 t narazí rychlostí o velikosti 1,8 m.s^{-1} do stojícího vagónu, jehož hmotnost je 8 t. Po nárazu se oba vagóny spojí v jeden celek. Určete
a) jak velkou rychlostí se budou společně pohybovat,
b) jak velká část pohybové energie se při nárazu „přemění" na jiné formy energie?

(v = 1,08 m.s^{-1} ; ΔE_k = –7 780 J, což představuje úbytek 40 % z původní hodnoty E_{ko})

107. Železniční vagón o hmotnosti 20 t se pohybuje po vodorovné trati rychlostí o velikosti 1 m.s^{-1} a narazí do druhého vagónu o hmotnosti 30 t, jenž jede stejným směrem rychlostí o velikosti 0,5 m.s^{-1}. Po nárazu se oba vagóny spojí. Určete rychlost, s níž se po nárazu oba vagóny společně pohybují.

(v = 0,7 m.s^{-1} ; její směr je souhlasný s původním směrem pohybu obou vagónů.)

108. Vozík s pískem, jehož hmotnost je 10 kg, se pohybuje rychlostí o velikosti 1 m.s^{-1}. Proti vozíku letí koule hmotnosti 2 kg a má rychlost o velikosti 7 m.s^{-1}. Po nárazu koule v písku uvízne. Jaká bude potom rychlost vozíku?

(v = 0,33 m.s^{-1} $\rightarrow$ vozík se bude pohybovat opačným směrem než původně)

109. Míč hmotnosti 125 g narazí kolmo na stěnu rychlostí 20 m.s^{-1} a odrazí se od ní opačným směrem rychlostí 15 m.s^{-1}. Určete velikost průměrné síly působící na míč při odrazu, jestliže náraz trval 0,05 s.

(F_p = 87,5 N)

110. Kulečníková koule **A** pohybující se rychlostí 0,36 m.s^{-1} se srazí s koulí **B** stejné hmotnosti, jež je v klidu. Po srážce se pohybuje koule **A** rychlostí o velikosti 0,15 m.s^{-1} ve směru odchýleném od původního o úhel 37°. Určete rychlost $\boldsymbol{u}_2$ koule **B** (velikost i směr) po srážce.

(u_2 = 0,257 m.s^{-1} ; β = 20°54′)

111. Dva hmotné body o stejné hmotnosti se pohybují stejně velkou rychlostí, přičemž směry vektorů rychlostí vůči sobě svírají tupý úhel 120°. Při dokonale nepružné srážce se oba body spojí a vytvoří tak útvar jeden. Určete, jak velké procento pohybové energie se při této srážce „přemění" na jiné formy energií (deformační energie, teplo, atd.)?

($|\Delta E_k|$ = 75% E_{ko})

112. Rychlost střely je měřena balistickým kyvadlem hmotnosti 5 kg. Po zásahu střelou, jejíž hmotnost je 25 g, se těžiště balistického kyvadla zvedne právě o 45 cm. Určete velikost rychlosti střely, jestliže v kyvadle po zásahu uvízne.

(v = 603 m.s^{-1})

* * *

3. Mechanika tuhých těles

3.1 Skládání a rozklad sil, moment síly

113. Na tyč, jejíž hmotnost je možno zanedbat, působí ve vzdálenosti 60 cm od sebe dvě rovnoběžné síly s velikostmi 30 N a 70 N. Určete velikost i působiště výslednice, jestliže jsou obě síly orientovány a) souhlasně, b) nesouhlasně.

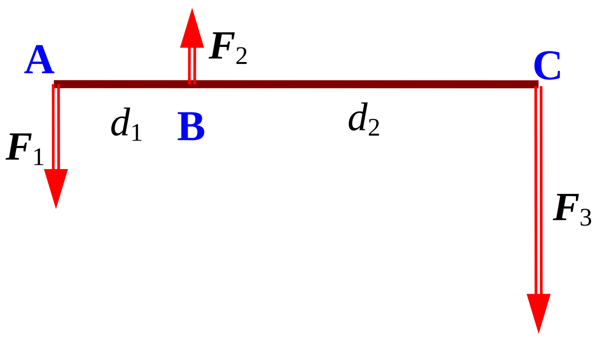
(F_a = 100 N; působiště má na spojnici působišť původních sil 18 cm od větší síly a 42 cm od menší síly;
F_b = 40 N; působiště má opět na spojnici působišť původních sil, a to 45 cm od větší a 105 cm od menší síly – leží tedy vně větší síly !!!)

114. Tyč, jejíž hmotnost je 3 kg a délka 2 m je na koncích zatížena dvěma závažími o hmotnostech 5 kg a 8 kg. Najděte místo, kde musíme tyč podepřít, aby byla v rovnováze.

(Tyč musíme podepřít přibližně 119 cm od konce, na němž je zavěšeno menší závaží.)

115. Na tyč (viz obr.) působí tři rovnoběžné síly o velikostech F_1 = 20 N, F_2 = 10 N a F_3 = 40 N . Vzájemné vzdálenosti jejich působišť jsou přitom d_1 = 20 cm a d_2 = 60 cm. Najděte velikost, směr a působiště výslednice těchto tří sil.

($F_{výsl}$ = 50 N, míří směrem dolů ; působiště je ve vzdálenosti 60 cm vpravo od bodu A.)



116. Dva lidé nesou břemeno o hmotnosti 90 kg zavěšené na tyči délky 1,5 m, jejíž hmotnost lze v daném případě zanedbat. Jak velkými silami tyč na oba jedince působí, je-li břemeno zavěšeno 60 cm od jednoho a 90 cm od druhého konce tyče?

(F_1 = 540 N ; F_2 = 360 N - větší síla působí na toho, kdo je břemeni blíže, tedy 60 cm)

117. Přes příkop je položená 6 m dlouhá deska s hmotností 40 kg. Vypočítejte, jaké síly působí na obou koncích desky (kde je podepřená), jestliže po ní jde člověk, jehož hmotnost je 60 kg a nachází se právě a) v polovině, b) ve třetině desky.

(a) F_1 = F_2 = 500 N ;
b) F_1 = 400 N, F_2 = 600 N,
větší síla působí na konci, jemuž je jdoucí člověk blíže.)

118. Na čtvercovou desku (viz vedlejší obr.) působí čtyři stejně velké síly 10 N, všechny leží v rovině desky, ale mají různé směry.

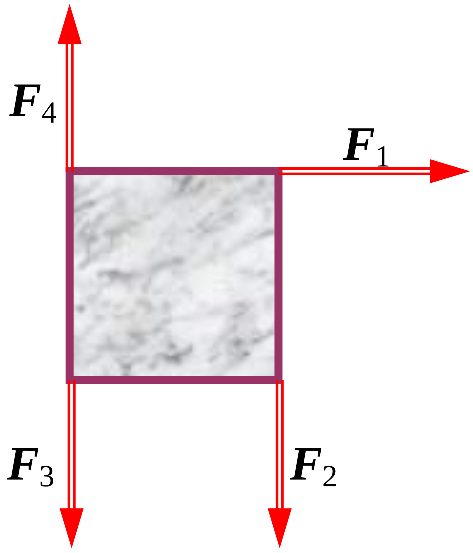
Vypočítejte: a) velikost výslednice $\boldsymbol{F}_1$ a $\boldsymbol{F}_2$,

b) velikost výslednice $\boldsymbol{F}_2$ a $\boldsymbol{F}_3$,

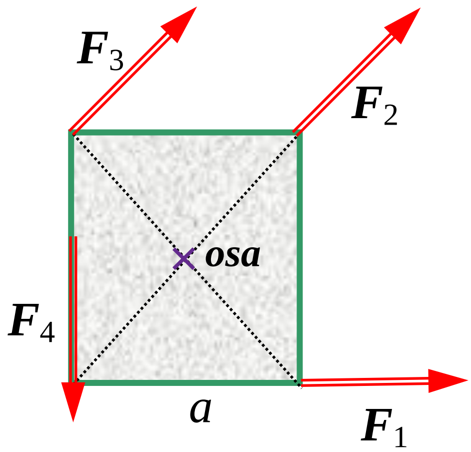
c) velikost výslednice $\boldsymbol{F}_2$ a $\boldsymbol{F}_4$,

d) velikost výslednice všech čtyř sil .

(F_{12} = 14,1 N ; F_{23} = 20 N ; F_{24} = 0 N ;
$F_{\text{výsl.}}$ = 14,1 N)



119. Čtvercová deska o straně 1 m je otáčivá kolem osy, jež je k ní kolmá a prochází středem desky (viz vedlejší obrázek). Na desku působí čtyři stejně velké síly 20 N ležící v rovině desky.

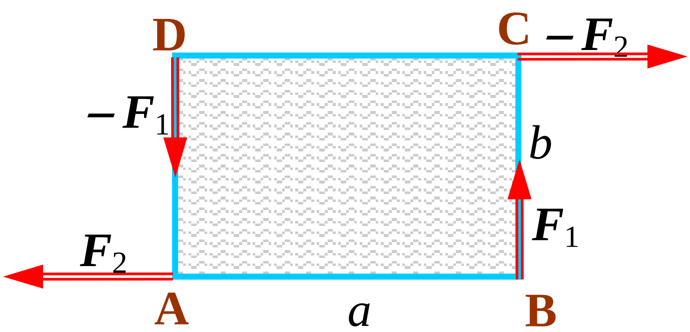


a) Vypočtěte velikosti momentů jednotlivých sil vzhledem k ose otáčení.

b) Určete velikost výsledného momentu všech čtyř sil působících na desku.

(M_1 = 10 N.m ; M_2 = 0 N.m ;
M_3 = 14,1 N.m ; M_4 = 10 N.m ;
$M_{\text{výsl.}}$ = 5,9 N.m – deska se bude otáčet
proti směru hodinových ručiček)

120. Ve vrcholech obdélníkové desky (viz obr.) mající strany a = 50 cm, b = 30 cm působí dvě dvojice sil; ve vrcholech **B** a **D** síly $\boldsymbol{F}_1$ a $-\boldsymbol{F}_1$, každá o velikosti 40 N, ve vrcholech **A** a **C** pak síly $\boldsymbol{F}_2$ a $-\boldsymbol{F}_2$.



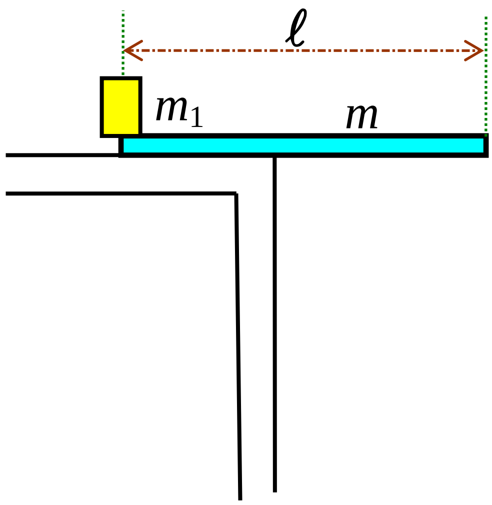
Vypočítejte:

a) velikost momentu $\boldsymbol{D}_1$ první dvojice sil,

b) velikosti sil $\boldsymbol{F}_2$ a $-\boldsymbol{F}_2$, při nichž se otáčivé účinky obou dvojic sil navzájem ruší.

(D_1 = 20 N.m ; F_2 = 66,7 N)

121. Na kraji stolu je položena dřevěná deska hmotnosti m = 0,5 kg a délky ℓ. Jakou částí své délky může přečnívat přes okraj stolu, aniž by spadla, jestliže jí na konci, jenž je na stole, zatížíme závažím o hmotnosti m_1 = 0,2 kg ?



(Deska může přes okraj stolu přečnívat o $\frac{9}{14}$ své délky ℓ.)

122. Hmotnost předmětu určujeme pomocí nerovnoramenné dvojzvratné páky. Předmět zavěšený na delším rameni páky vyvážíme závažím o hmotnosti 4,5 kg. Když jej zavěsíme na kratší rameno páky, obnovíme rovnováhu závažím o hmotnosti 1,5 kg. Jaká je hmotnost váženého předmětu?

(m = 2,6 kg)

* * *

3.2 Rotační pohyb tuhého tělesa

123. Koule se roztáčí kolem své geometrické osy pohybem rovnoměrně zrychleným, přičemž za prvních 10 s od začátku pohybu vykoná právě 50 celých otáček. Určete
a) velikost úhlového zrychlení pohybu koule,
b) velikost úhlové rychlosti pohybu koule právě na konci desáté sekundy,
c) okamžitou hodnotu frekvence otáček koule na konci desáté sekundy.

(α = 6,28 s^{-2} ; ω = 62,8 s^{-1} ; f = 10 Hz)

124. Turbína rovnoměrně zvyšuje své otáčky tak, že po 10 s od začátku pohybu dosáhne okamžité frekvence 120 ot./min. Určete
a) úhlové zrychlení pohybu turbíny,
b) celkový počet jejích otáček za těchto 10 s.

(α = 1,26 s^{-2} ; N = 10 otáček)

125. Kolo vykonává 1 200 ot./min. Za jak dlouho se frekvence jeho otáček zdvojnásobí, začne-li se pohybovat se stálým úhlovým zrychlením 2 s^{-2} ? Kolik otáček celkem za tuto dobu vykoná?

(t = 62,8 s ; N = 1 880 otáček)

126. Hmotný bod obíhá kružnici pohybem rovnoměrně zpomaleným tak, že během brzdění až do zastavení vykoná za dvě minuty ještě 900 celých oběhů kružnice. Určete
a) s jak velkým úhlovým zrychlením se hmotný bod pohybuje,
b) jak velká byla jeho počáteční úhlová rychlost,
c) jaká byla okamžitá frekvence oběhů hmotného bodu před začátkem brzdění.

(α = 0,76 s^{-2} ; ω_0 = 94,2 s^{-1} ; f_0 = 15 Hz)

127. Počet otáček kola 3 000 ot./min. se brzděním trvajícím 20 s rovnoměrně sníží na polovinu. Určete úhlové zrychlení kola a celkový počet jeho otočení během brzdění.

(α = 7,85 s^{-2} ; N = 750 otáček)

128. Setrvačník se působením sil, jejichž moment vzhledem k ose otáčení má velikost 200 N.m, dává do otáčivého pohybu. Po uplynutí jedné minuty od počátku pohybu dosáhne právě počtu 120 ot./min. Jaký je moment setrvačnosti setrvačníku?

(J = 955 kg.m^2)

129. Setrvačníkové kolo má vzhledem k ose otáčení moment setrvačnosti 200 kg.m^2. Otáčí se tak, že vykonává 180 otáček za minutu. Stálým silovým momentem dosáhneme toho, že kolo zastavíme za 2 min. Určete velikost tohoto brzdného momentu síly.

(M = 31,4 N.m)

130. Hmotnost kruhové desky o průměru 40 cm je 50 kg, deska koná 1 500 otáček za minutu. Při rovnoměrném brzdění se stálým úhlovým zrychlením se deska zastaví za 20 s. Určete moment brzdící síly a celkový počet otáček desky během brzdění.

(M = 7,85 N.m ; N = 250 otáček)

131. Kruhovou desku o hmotnosti 25 kg a průměru 60 cm je třeba z klidu za 1 s dvakrát otočit kolem její geometrické osy. Určete, jak velká stálá tečná síla musí přitom působit na obvodu této desky.

(F = 94,2 N)

132. Rotor elektromotoru má moment setrvačnosti 2 kg.m^2 a vykonává 1 500 otáček za minutu. Jakou má kinetickou energii?

(E_k = 24,7 kJ)

133. Jakou úhlovou rychlostí se otáčí homogenní koule o hmotnosti 50 kg a poloměru 10 cm okolo svého průměru, jestliže je její kinetická energie 20 J ?

(ω = 14,1 s^{-1})

134. Jak velkou práci musíme vykonat, abychom válec, jehož moment setrvačnosti je 100 kg.m^2, roztočili na 120 otáček za minutu?

(W = 7,9 kJ)

135. Určete moment setrvačnosti rotujícího setrvačníku, jestliže vykonáním práce 24 kJ poklesnou jeho otáčky z hodnoty 600 otáček za minutu právě na polovinu.

(J = 16,2 kg.m^2)

136. Moment setrvačnosti setrvačníku vzhledem k rotační ose je 0,1 kg.m^2. Za jak dlouho dosáhne frekvence jeho otáček 1 800 za minutu, je-li setrvačník roztáčen motorem s výkonem 100 W ?

(t = 17,8 s)

137. Homogenní koule o průměru 0,4 m a hmotnosti 650 kg rotuje kolem své geometrické osy, přičemž její pohybová energie je 46 kJ. Jakou silou stálé velikosti musíme působit tečně na „rovníku“ této koule, abychom jí úplně zastavili za půl minuty? Kolik otáček celkem během této půlminuty koule ještě vykoná?

(F = 163 N ; N = 225 otáček)

138. Tenkostěnný válec se otáčí kolem své geometrické osy s frekvencí 15 Hz. S jakou frekvencí by se musel otáčet plný homogenní válec téhož průměru i stejné hmotnosti, aby měl stejnou kinetickou energii jako válec tenkostěnný?

(f = 21,2 Hz)

139. Plný válec se otáčí okolo své geometrické osy s frekvencí 45 Hz. S jakou frekvencí by se musel otáčet okolo osy rovnoběžné s geometrickou osou tečně probíhající po povrchu jeho pláště, aby kinetická energie rotačního pohybu byla v obou případech stejná?

(f = 26,0 Hz)

140. Po vodorovné rovině se valí tenkostěnná roura o poloměru 8 cm a hmotnosti 160 kg postupnou rychlostí o velikosti 0,7 m.s^{-1}. Určete její kinetickou energii.

(E_k = 78,4 J)

141. Na nakloněné rovině ve výšce 1,5 m se nacházejí dvě tělesa téže hmotnosti – kvádr a válec. Jak velká bude rychlost obou těles po proběhnutí celé nakloněné roviny? Síly tření působící při pohybu na obě tělesa pro zjednodušení výpočtu zanedbejte.

($v_{\text{kvádru}}$ = 5,5 m.s^{-1} ; $v_{\text{válce}}$ = 4,5 m.s^{-1})

142. Určete zrychlení pohybu středu homogenní koule o hmotnosti m a poloměru R, jež se valí po nakloněné rovině s úhlem sklonu α. Vliv sil tření, jež musí nutně působit mezi koulí a podložkou nakloněné roviny, aby se koule dolů valila a ne klouzala, však při výpočtu neuvažujte!

$$\left(a = \frac{5}{7}\, g \sin a \right)$$

143. Určete, za jakou dobu se odvalí plný válec z nakloněné roviny délky 10 m, jež má úhel sklonu 15°, jestliže byl na začátku v klidu. Vliv sil tření – podobně jako ve dvou předcházejících příkladech – pro jednoduchost výpočtu zanedbejte.

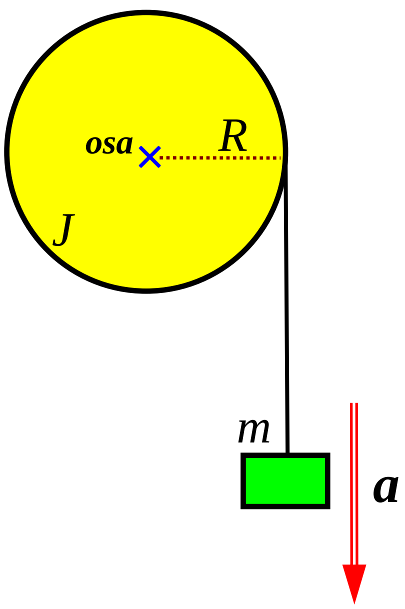
(t = 3,40 s)

144. Svislý sloup výšky 5 m je naříznut těsně u základny a kácí se na zem kolem osy, jež prochází jeho dolním koncem. Jak velkou rychlostí dopadne horní konec sloupu na zem?

(v = 12,3 m.s^{-1})

145. Na kladce o poloměru R = 20 cm, jejíž moment setrvačnosti vzhledem k ose otáčení je 0,4 kg.m^2, je zavěšené těleso hmotnosti 6 kg (viz vedlejší obrázek). S jak velkým zrychlením se zavěšené těleso začne pohybovat dolů, když jej uvolníme? Hmotnost závěsu při výpočtu zanedbejte.

(a = 3,75 m.s^{-2})



146. Setrvačník o průměru 1 m má prakticky veškerou svou hmotnost 50 kg rozloženou pouze po svém obvodu a je upevněn na hřídeli, jehož poloměr je 5 cm. Na hřídeli je navinut provaz a na jeho konci je zavěšeno závaží hmotnosti 25 kg, jež roztáčí celou soustavu. Určete frekvenci otáček kola na hřídeli právě v okamžiku, kdy závaží od začátku pohybu urazilo dráhu 1 m.

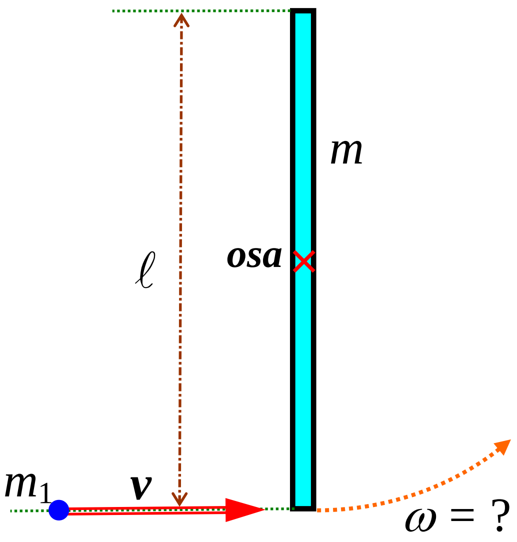
(f = 1 Hz)

147. Krasobruslař se otáčí kolem svislé osy se stálou frekvencí 2 Hz, přičemž jeho moment setrvačnosti vzhledem k ose otáčení je 2 kg.m^2 . Jak se frekvence jeho otáček změní, když rozpažením zvětší svůj moment setrvačnosti na hodnotu 2,1 kg.m^2 ?

(Frekvence otáček poklesne → $\Delta f = -0{,}095$ Hz ;
to znamená pokles přibližně o 4,8 %.)

148. Tyč délky 40 cm a hmotnosti 1 kg se může otáčet kolem vodorovné osy kolmo procházející jejím středem. Konec tyče zasáhne střela hmotnosti 10 g letící rychlostí 200 m.s^{-1} ve směru kolmém na osu i tyč a uvízne v ní. Určete, jakou úhlovou rychlostí se po zásahu dá tyč do otáčivého pohybu, jestliže byla před zásahem v klidu.

(ω = 29,1 s^{-1})



4. Mechanika tekutin

Pozn.: Pokud nebude v zadání následujících příkladů výslovně uvedeno jinak, dosazujte při výpočtech hodnotu tíhového zrychlení $\boldsymbol{g \doteq 10\ \mathrm{m.s^{-2}}}$ a hustotu vody $\boldsymbol{\rho_{\mathrm{vody}} \doteq 1\,000\ \mathrm{kg.m^{-3}}}$.

4.1 Hydrostatika a aerostatika

149. Písty hydraulického lisu mají plochy 10 cm^2 a 600 cm^2. Na menší z nich dáme závaží o hmotnosti 50 kg. Jaký tlak se tím v kapalině vyvolá? Jak velkou tlakovou silou působí kapalina na větší píst?

(p = 500 kPa ; F_2 = 30 kN)

150. Poloměr kruhové podstavy menšího pístu hydraulického lisu je 4 cm. Jaký poloměr musí mít kruhová podstava většího pístu, jestliže je třeba silou 80 N vyvolat tlakovou sílu 11 520 N ?

(r_2 = 48 cm)

151. Uvnitř zavařovací sklenice je tlak vodní páry 2000 Pa, venkovní tlak vzduchu je 96 kPa. Jak velká tlaková síla uzavírá hrdlo sklenice, je-li jeho průměr 8 cm ?

(F = 473 N)

152. Válcová nádoba plošného průřezu 40 cm^2 a výšky 12 cm byla naplněná vodou, překrytá listem papíru, a pak obrácena do svislé polohy dnem vzhůru. Jakou silou je přitlačen papír k nádobě při atmosférickém tlaku 98 kPa ?

(F = 387 N)

153. V jaké hloubce pod hladinou
a) vody,
b) rtuti
je hydrostatický tlak dané kapaliny roven normálnímu atmosférickému tlaku vzduchu (p_a = 1,013.10^5 Pa) ? Při výpočtu tohoto příkladu výjimečně dosaďte přesnější hodnotu tíhového zrychlení g = 9,80665 m.s^{-2}.
Hustota vody při teplotě 20 °C je 998,2 kg.m^{-3}, rtuti 13 570 kg.m^{-3}.

(h_{vody} = 10,35 m ; h_{Hg} = 0,76 m)

154. V jednom rameni spojitých nádob je olej, ve druhém voda. Výška oleje nad společným rozhraním kapalin je 74 mm, výška vody 65 mm. Určete hustotu oleje.

(ρ = 878 kg.m^{-3})

155. V trubici tvaru písmene **U** je rtuť hustoty 13 600 kg.m^{-3}. Do jednoho z ramen přilijeme tolik vody, že hladina rtuti ve druhém rameni stoupne o 15 mm. Jaká je výška vodního sloupce?

(h_2 = 40,8 cm)

156. Ramena spojených nádob jsou naplněna nemísitelnými kapalinami o hustotách 900 kg.m^{-3} a 1 000 kg.m^{-3}. Jaká je vzdálenost hladin obou kapalin od jejich společného rozhraní, je-li rozdíl výšek hladin v jednotlivých ramenech 10 cm?.

(h_1 = 100 cm ; h_2 = 90 cm)

157. Jak velkou silou je nadlehčováno těleso o objemu 1 ℓ, jestliže je ponořeno

a) do lihu s hustotou 790 kg.m^{-3},
b) do vody s hustotou 1 000 kg.m^{-3},
c) do rtuti, jejíž hustota je 13 570 kg.m^{-3} ?

(F_a = 7,9 N ; F_b = 10 N ; F_c = 135,7 N)

158. V oleji hustoty 900 kg.m^{-3} je umístěno těleso tvaru krychle o délce hrany 15 cm (podstavy krychle jsou rovnoběžné s hladinou oleje). Jak velké síly působí na horní a dolní stěnu krychle, je-li horní podstava v hloubce 10 cm pod hladinou, na níž navíc působí atmosférický tlak vzduchu 100 kPa ? Jak velká je výsledná síla, jež působí v oleji na krychli?

($F_{\text{horní}}$ = 2 270 N ; $F_{\text{dolní}}$ = 2 300 N ; $F_{\text{výsl.}}$ = 30 N)

159. Určete, jak velkou silou zvedneme ve vodě kámen o objemu 8 dm^3 a hmotnosti 22 kg .

(F = 140 N)

160. Homogenní těleso má hmotnost 3,4 kg. Je-li ponořeno ve vodě, lze ho na rovnoramenných vahách vyvážit závažím hmotnosti 2,5 kg. Jaký je jeho objem a jakou má toto těleso hustotu?

($V = 9.10^{-4}$ m^3 = 0,9 ℓ ; ρ = 3 780 kg.m^{-3})

161. Skleněné tělísko o hmotnosti 30 g po ponoření do vody vyvážíme na rovnoramenných vahách závažím 18 g. Ponoříme-li toto tělísko do lihu, dosáhneme rovnováhy závažím 20,5 g. Určete hustotu lihu.

(ρ_ℓ = 790 kg.m^{-3})

162. Jaká je hustota žulového kamene hmotnosti 12,6 kg, jestliže na jeho vytažení z vody je potřebná síla právě 81,2 N ?

(ρ_t = 2 810 kg.m^{-3})

163. Ponoříme-li kouli o hmotnosti 6 kg do vody, bude napínat závěs, na němž visí, silou 54,7 N. Určete hustotu koule.

(ρ = 11 320 kg.m^{-3})

164. Předmět plovoucí na vodě má ponořené tři pětiny svého objemu. Jaká je jeho hustota?

($\rho = 600\ \mathrm{kg.m^{-3}}$)

165. Na mořské hladině plave ledovec. Jaká část objemu ledovce vyčnívá nad hladinu, je-li hustota ledu 920 kg.m^{-3} a hustota mořské vody 1 025 kg.m^{-3} ?

(Z vody vyčnívá 10,2 % objemu ledovce.)

166. Homogenní dřevěný kvádr výšky 20 cm plave na vodě. Jaká část kvádru vyčnívá nad vodu, je-li hustota dřeva 630 kg.m^{-3} ?

($h^* = 7{,}4$ cm)

167. Těleso tvaru válce, jehož podstavy jsou rovnoběžné s hladinou, se ve vodě ponoří do hloubky 180 cm. V kapalině neznámé hustoty se pak válec ponoří jen do hloubky 160 cm. Určete hustotu této kapaliny.

($\rho_k = 1\,125\ \mathrm{kg.m^{-3}}$)

168. Těleso tvaru koule o hmotnosti 36 kg se ponoří do vody právě 80 % svého objemu. Určete průměr tělesa.

($d = 44$ cm)

169. Těleso tvaru krychle o hmotnosti 270 kg plave na vodní hladině tak, že z vody vyčnívá 36 % jeho objemu. Jak dlouhá je hrana této krychle?

($a = 75$ cm)

170. Jak velký objem musí mít balón naplněný vodíkem, aby unesl zátěž 10 tun? Hustota vodíku je 90 g.m^{-3}, hustota vzduchu 1,2 kg.m^{-3}. Objem zátěže lze pro jednoduchost výpočtu zanedbat.

($V = 9\,000\ \mathrm{m^3}$)

171. Do nádoby, v níž je nalita rtuť a voda, hodíme ocelový předmět. Určete, jaká část z jeho celkového objemu ve vodě a jaká ve rtuti, jestliže je hustota ocele 7 800 kg.m^{-3}, vody 1 000 kg.m^{-3} a rtuti 13 570 kg.m^{-3} .

(Ve vodě bude přibližně 46 % z celkového objemu koule, ve rtuti pak 54 %.)

172. Jaká musí být délka hrany duté krychle vyrobené ze zlatého plechu tloušťky 1 mm, aby se volně vznášela ve vodě hustoty 1 000 kg.m^{-3} ? Hustota zlata je 19 500 kg.m^{-3}.

($a = 11{,}7$ cm)

* * *

4.2 Proudění tekutin

173. Potrubím proměnného průřezu protéká 15 ℓ vody za sekundu. Jak velká je rychlost vody ve třech průřezech s plochou obsahů 5 cm^2, 20 cm^2 a 150 cm^2 ?

(v_1 = 30 m.s^{-1} ; v_2 = 7,5 m.s^{-1} ; v_3 = 1 m.s^{-1})

174. Trubicí o průměru 12 cm proudí voda rychlostí 300 mm.s^{-1}. Jak velkou rychlostí teče zúženým místem, kde je průměr jen 4 cm ?

(v_2 = 2,7 m.s^{-1})

175. Při proudění kapaliny vodorovnou trubici s proměnným průřezem má kapalina v průřezu o ploše 50 cm^2 rychlost o velikosti 40 cm.s^{-1}. Najděte rychlost kapaliny v průřezu o ploše 12 cm^2 a objem kapaliny V, který, proteče trubicí za 2 hodiny.

(v_2 = 1,67 m.s^{-1} ; V = 14,4 m^3)

176. V které části trubice z předcházejícího příkladu je větší tlak a o kolik ?

(Tlak je větší v širším místě .... $\Delta p = p_1 - p_2$ = 1 310 Pa)

177. Vodorovným potrubím o jistém průřezu protéká voda rychlostí 1 m.s^{-1}. V zúženém místě, kde je plocha průřezu třikrát menší, naměříme tlak vody 5 kPa. Vypočítejte tlak vody v širší části potrubí.

(p_1 = 9 kPa)

178. Voda proudí vodorovnou rourou různého průřezu. V širší části roury s plošným obsahem průřezu 0,5 m^2 má voda rychlost 9 m.s^{-1} při tlaku 0,2 MPa. V užší části je tlak 0,15 MPa. Vypočítejte plošný obsah S_2 průřezu roury.

(S_2 = 0,335 m^2)

179. Rozdíl tlaků v širší a ve zúžené části vodorovného potrubí je 10^5 N.m^{-2}. Plošný obsah širší části potrubí je 1 000 cm^2, plošný obsah zúžené části je 500 cm^2. Jaký objem vody proteče potrubím za 1 s ?

(Q = 0,82 m^{3}s^{-1})

180. Injekční stříkačka má plošný obsah pístu 1,2 cm^2, její výtokový otvor má plošný obsah 1 mm^2. Vypočítejte, jak dlouho bude vytékat voda ze stříkačky uložené ve vodorovné rovině, když bude na píst působit stálá síla o velikosti 5 N a když se píst za tuto hledanou dobu posune celkem o 4 cm. Vliv tření mezi pístem a stěnou stříkačky při výpočtu příkladu pro jednoduchost zanedbejte.

(t = 0,53 s)

181. Jako velkou rychlostí stříká voda z nádrže malým otvorem, jenž se nachází v hloubce a) 30 cm, b) 1,2 m, c) 5 m pod volnou hladinou?

($v_1 = 2{,}45\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $v_2 = 4{,}90\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $v_3 = 10\ \mathrm{m.s^{-1}}$)

182. Jaký objem vody by vytekl z nádoby v předcházejícím příkladu za jednu minutu, kdyby plocha průřezu výtokového otvoru byla 0,6 cm^2 ?

($V_1 = 8{,}8\ \ell$; $V_2 = 17{,}6\ \ell$; $V_3 = 36\ \ell$)

183. Z vodní nádrže vyteklo otvorem o průměru 3 cm za 0,5 min 60 ℓ vody. Jak vysoko byla volná hladina vody nad středem otvoru?

($h = 40$ cm)

184. Na dně nádoby, do níž přitéká každou sekundu 0,16 litru vody, je otvor plošného průřezu 1 cm^2. Do jaké výšky vystoupí po určité době voda v nádobě?

($h = 12{,}8$ cm)

185. Do nádoby přitéká každou sekundu 0,2 litru vody. Určete, jak velký musí být průměr otvoru ve dně nádoby, aby se hladina vody po určité době ustálila ve výšce 10 cm nad dnem?

($d = 13{,}4$ mm)

186. Nádrž je naplněna vodou, na níž je vrstva nafty hustoty 900 $\mathrm{kg.m^{-3}}$. Jakou rychlostí bude vytékat voda velmi malým otvorem ve dnu nádrže, je-li vrstva vody vysoká 1 m a vrstva nafty 4 m ?

($v = 9{,}5\ \mathrm{m.s^{-1}}$)

187. Křídlo letadla má plochu 40 m^2 a jeho horní strana je o 10 % delší, než strana spodní. Vypočítejte, jak velká vztlaková síla bude na toto křídlo působit, jestliže letadlo poletí rychlostí 200 $\mathrm{m.s^{-1}}$. Hustota vzduchu je 1,16 $\mathrm{kg.m^{-3}}$.

($F = 1{,}95.10^5$ N)

188. Ocelová kulička, jejíž průměr je 4 mm a hustota 7 700 $\mathrm{kg.m^{-3}}$, volně klesá v oleji, jehož viskozita je 2,2 $\mathrm{kg.m^{-1}.s^{-1}}$ a hustota 900 $\mathrm{kg.m^{-3}}$. Najděte hodnotu velikosti rychlosti rovnoměrného pohybu, jíž se kulička bude pohybovat v oleji po do dosažení rovnováhy na kuličku působících sil.

($v = 0{,}027\ \mathrm{m.s^{-1}}$)

189. Určete, jak velkou odporovou silou je brzděna ve vodě koule o průměru 15 cm, jestliže se pohybuje rychlostí 2,6 $\mathrm{m.s^{-1}}$. Hodnota součinitele C odporu prostředí je 0,48.

($F = 28{,}7$ N)

190. Jak velkou rychlostí by se tatáž koule musela pohybovat ve vzduchu, jehož hustota je za daných podmínek 1,24 kg.m^{-3}, aby síla představující odpor prostředí byla stejně velká jako v předcházejícím případě?

(v_2 = 73,2 m.s^{-1})

191. Vypočítejte výkony tažných sil, jež musí kouli v obou předcházejících příkladech pohánět při překonávání odporu prostředí, a výsledky porovnejte!

(P_{voda} = 74,5 W ; P_{vzduch} = 2,1 kW)

192. Automobil, jehož čelní průřez je 2,5 m^2, překonává při rychlosti 90 km.h^{-1} odpor prostředí, jenž je charakterizován silou o velikosti 400 N. Určete součinitel odporu vzduchu, je-li jeho hustota 1,26 kg.m^{-3}.

(C = 0,41)

193. Určete výkon motoru auta potřebný pouze na překonání odporu vzduchu, jestliže se pohybuje stálou rychlostí 72 km.h^{-1}, přičemž plošný obsah čelní části auta je 3,2 m^2. Hustota vzduchu je 1,28 kg.m^{-3} a součinitel odporu prostředí je 0,46.

(P = 7,54 kW)

194. Padák o hmotnosti 22 kg má po otevření průměr 11,5 m. Jakou ustálenou rychlostí se bude pohybovat parašutista hmotnosti 85 kg, je-li hustota vzduchu 1,24 kg.m^{-3} a součinitel odporu prostředí pro těleso tvaru otevřené polokoule 1,33 ?

(v = 3,53 m.s^{-1})

* * *

5. Kmitavý pohyb

195. Mechanický oscilátor koná netlumené harmonické kmity s amplitudou výchylky 20 cm. Počáteční fáze pohybu je nulová.

Určete okamžité výchylky oscilátoru v časech $\frac{T}{10}, \frac{T}{8}, \frac{T}{6}, \frac{2}{3}T$ a $\frac{10}{8}T$.

(y_1 = 11,76 cm ; y_2 = 14,14 cm ; y_3 = 17,32 cm ; y_4 = -17,32 cm ; y_5 = 20 cm)

196. V jakých časech během první půlperiody dosáhne hmotný bod konající harmonický netlumený pohyb výchylku rovnající se přesně polovině amplitudy výchylky, jestliže prochází v čase t_0 = 0 s právě rovnovážnou polohou? Perioda kmitů je 6 s.

($t_1 = \frac{T}{12}$ = 0,5 s ; $t_2 = \frac{5}{12}T$ = 2,5 s)

197. Hmotný bod koná harmonický pohyb s nulovou počáteční fází a amplitudou výchylky 9 cm. V první čtvrtině periody v čase 0,2 s je okamžitá výchylka hmotného bodu 4,5 cm. Vypočítejte úhlovou frekvenci, frekvenci a periodu tohoto kmitavého pohybu.

($\omega = \frac{5}{6}\pi$ s^{-1} ; f = 0,42 Hz ; T = 2,4 s)

198. Střední část struny kmitá s amplitudou výchylky 2 mm a přitom má maximální zrychlení pohybu 2 km.s^{-2}. Jaká je frekvence harmonických kmitů struny?

(f = 159 Hz)

199. Hmotný bod koná netlumený harmonický pohyb s periodou 2 s, amplitudou výchylky 0,05 m a nulovou počáteční fází. Určete jeho rychlost v okamžiku, kdy je jeho výchylka právě 2,5 cm.

(v_{12} = ± 0,136 m.s^{-1})

200. Určete, s jakou frekvencí bude kmitat těleso hmotnosti 6,25 g, zavěšené na pružině tuhosti 10 N.m^{-1}.

(ω = 40 s^{-1} ; f = 6,37 Hz)

201. Zavěsíme-li na pružinu závaží známé hmotnosti m, bude perioda kmitů 1,6 s. Určete, jak se tato perioda změní, když hmotnost závaží třikrát zvýšíme.

(T' = 2,8 s)

202. Určete frekvenci a periodu netlumeného kmitu tělíska o hmotnosti 10 g, jestliže při výchylce 3 cm z rovnovážné polohy na něj působí síla o velikosti 0,05 N.

(f = 2,055 Hz ; T = 0,487 s)

203. Na spodní konec volně visící pružné spirály zavěsíme závaží hmotnosti m. Přitom se spirála prodlouží o 4 cm. S jakou frekvencí bude kmitat závaží, dáme-li mu impulz ve svislém směru?

(f = 2,52 Hz)

204. Závaží na pružině kmitá s periodou 0,5 s. Závaží zastavíme v rovnovážné poloze, a pak z pružiny sundáme. O kolik centimetrů se pružina zkrátí?

(y = 6,33 cm)

205. Jaká je frekvence netlumeného harmonického kmitání hmotného bodu s hmotností 2 g, když amplituda jeho výchylky je 10 cm a celková energie hmotného bodu při tomto pohybu 1 J ?

(f = 50,3 Hz)

206. Na protažení pružiny o 25 cm z její rovnovážné polohy byla vykonána práce 0,8 J. S jakou frekvencí bude na této pružině kmitat závaží o hmotnosti 1,5 kg ?

(f = 0,657 Hz)

207. Vagón o hmotnosti 20 t rozjetý rychlostí 1,6 $m.s^{-1}$ se má zastavit nárazem na pevnou překážku. Jak velkou tuhost $\underline{k}$ mají pružiny v jeho náraznících, stlačí-li se při srážce právě o 10 cm ?

($k = 2{,}56.10^{6}$ $kg.s^{-2}$ (resp. $N.m^{-1}$))

208. Vypočítejte periodu kmitů rtuti o hmotnosti 0,121 kg v trubici tvaru písmene **U**, jejíž vnitřní průřez je 0,3 cm^2. Hustota rtuti je13 500 $kg.m^{-3}$, tíhové zrychlení zaokrouhlete na $g \doteq 10$ $m.s^{-2}$.

(T = 0,77 s)

209. Napište rovnici výchylky kmitu složeného ze dvou pohybů:

$$y_1 = y_m \sin \omega.t \quad ,$$

$$y_2 = y_m \sin\left(\omega.t + \frac{\pi}{3}\right) \quad .$$

(Výsledný kmit bude opět harmonický, rovnice jeho výchylky … $y = \sqrt{3}.y_m \sin\left(\omega.t + \frac{\pi}{6}\right)$.)

* * *

V. Gravitační pole

V následujících příkladech budete potřebovat k výpočtu tyto veličiny:

- → gravitační konstanta .... $\kappa = 6{,}67.10^{-11}\ \mathrm{kg^{-1}.m^3.s^{-2}}$
- → hmotnost Země .... $M_Z = 5{,}976.10^{24}$ kg
- → hmotnost Slunce......................... $M_S = 1{,}9989.10^{30}$ kg
- → hmotnost Měsíce .... $M_M = 7{,}351.10^{22}$ kg
- → poloměr Země .... $R_Z = 6\,378$ km
- → poloměr Měsíce .... $R_M = 1\,738$ km
- → poloměr zemské trajektorie .... $r_Z = 149{,}6.10^6$ km

210. Určete, jak velkou gravitační silou se navzájem přitahují Země a Slunce.

($F_g = 3{,}542.10^{22}$ N)

211. Vypočítejte velikost gravitační síly mezi protonem a elektronem v atomu vodíku, je-li poloměr kruhové trajektorie elektronu (podle Bohra) $5{,}29.10^{-11}$ m. Hmotnost protonu je $1{,}673.10^{-27}$ kg, hmotnost elektronu pak $9{,}11.10^{-31}$ kg.

($F_g = 3{,}63.10^{-47}$ N)

212. Těžiště dvou lodí, z nichž každá má hmotnost 150 000 tun, jsou od sebe vzdálena 40 m. Jak velkou gravitační silou se přitahují? Projeví se působení těchto sil? Odpovídá vypočítaná hodnota přesně skutečnosti?

($F_g \doteq 940$ N – výsledek získaný výpočtem z Newtonova gravitačního zákona je samozřejmě pouze přibližný; lodě nelze považovat za hmotné body; působení těchto sil je navíc v tomto případě zanedbatelné)

213. Vypočítejte:

a) velikost intenzity gravitačního pole Slunce v místě, kde se právě nachází naše Země;

b) velikost intenzity gravitačního pole Měsíce ve vzdálenosti rovné střední hodnotě poloměru jeho trajektorie, po níž obíhá kolem Země ($r_M = 384\,000$ km);

c) porovnejte tyto hodnoty s intenzitou gravitačního pole Země na jejím rovníku.

($K_S = 5{,}957.10^{-3}\ \mathrm{N.kg^{-1}}$; $K_M = 3{,}325.10^{-5}\ \mathrm{N.kg^{-1}}$; $K_Z = 9{,}799\ \mathrm{N.kg^{-1}}$;
$K_S = 6{,}08.10^{-4}\,K_Z$; $K_Z = 1\,645\,K_S$; $K_M = 5{,}58.10^{-3}\,K_S$)

214. Velikost intenzity gravitačního pole Země na jejím povrchu je 9,799 $N.kg^{-1}$ – viz předcházející příklad. Určete její velikost ve vzdálenosti, jež je rovna právě čtyřnásobku zemského poloměru od jejího povrchu.

(K_{Zh} = 0,392 $N.kg^{-1}$)

215. Určete, v jaké výšce nad povrchem Země je velikost intenzity jejího gravitačního pole rovna právě polovině hodnoty gravitační intenzity na zemském povrchu.

$$(h = \left(\sqrt{2}-1\right) . R_Z = 2\ 640 \text{ km})$$

216. Určete hmotnost planety Merkura, jestliže intenzita gravitačního pole na jeho povrchu je 3,70 $N.kg^{-1}$ a rovníkový poloměr planety je 2 440 km.

(M = 3,30.10^{23} kg)

217. Měsíc obíhá kolem Země ve střední vzdálenosti, jež je rovna přibližně 60 zemským poloměrům (r = 60 R_Z). Hmotnost Země je přitom 81–krát větší než hmotnost Měsíce. Na spojnici středů těchto dvou těles najděte místo, kde je intenzita gravitačního pole Země i Měsíce stejně velká.

(**1.** ... x_1 = 54 R_Z od Země; v tomto bodě mají intenzity obou polí opačný směr a výsledná intenzita je tedy nulová;

2. ... x_2 = 67,5 R_Z od Země – tento bod se nachází už „za Měsícem“; obě intenzity zde ale mají stejný směr, a proto bude výsledná intenzita obou polí nenulová **!!!**)

218. Jakou práci musíme vykonat, abychom těleso o hmotnosti 50 kg vynesli z povrchu Země do výšky 10 000 km ?

(W = 1,91.10^9 J)

219. Jak vysoko vystoupá těleso vystřelené z povrchu Země svisle vzhůru počáteční rychlostí o velikosti 5 $km.s^{-1}$?

(h_{max} = 1 595 km)

220. Jak velkou rychlostí se pohybuje družice Země na kruhové trajektorii ve výšce 500 km nad zemským povrchem?

(v_k = 7,613 $km.s^{-1}$)

221. Určete, jak velkou práci musíme vykonat, abychom družici z předcházejícího příkladu vynesli na její kruhovou trajektorii, je-li hmotnost družice 15 t ?

Pozn.: Uvědomte si, že družici o hmotnosti 15 tun musíme nejprve do zmíněné výšky 500 km vynést (což představuje vykonat určitou práci W_1), a pak jí navíc musíme ještě udělit příslušnou kruhovou rychlost (to znamená vykonat další práci W_2); celkem tedy bude vykonána práce

$W = W_1 + W_2$ **!!!** = 5,028.10^{11} J.

222. Na základě výpočtu předcházejícího příkladu určete výšku nad zemským povrchem, v níž se pohybuje družice po kruhové trajektorii, a přitom práce W_1 potřebná na její vynesení i práce W_2 potřebná na její urychlení jsou stejně velké.

$$\left(h = \frac{R_Z}{2} = 3\,190\ \text{km} \right)$$

Pozn.: Tato družice by se pohybovala kruhovou rychlostí přibližně 6,45 km.s^{-1} a její oběžná doba by byla přibližně 2 hodiny a 35 minut. Navíc výsledek

$$h = \frac{R}{2}$$

platí pro jakoukoli oběžnici na kruhové trajektorii kolem centrálního kulového tělesa bez ohledu na hmotnost její i centrálního tělesa.

223. Vypočítejte rychlost stacionární družice a její výšku nad povrchem Země.

(v_k = 3,072 km.s^{-1} ; h = 35 863 km = 5,62 R_Z)

224. Určete rychlost pohybu Země a dobu jednoho jejího oběhu kolem Slunce.

(v_k = 29,78 km.s^{-1} ; T = 365,25 dne)

225. Druhý Marsův měsíc Deimos obíhá kolem této planety prakticky po kruhové trajektorii, jejíž poloměr je 23 460 km. Doba oběhu Deimose je 1,263 dne. Určete hmotnost Marsu.

(M = 6,418.10^{23} kg)

226. Družice se pohybuje po kruhové trajektorii ve výšce 60 km na povrchem Měsíce. Jaká je její rychlost a jak jí musíme zvýšit, aby se mohla vrátit zpět k Zemi?

(v_k = 1,651 km.s^{-1} ; v_p = 2,335 km.s^{-1} ; Δv = 684 m.s^{-1})

227. Vypočítejte pomocí 3. Keplerova zákona oběžnou dobu Jupitera kolem Slunce, má-li hlavní poloosa jeho eliptické trajektorie délku 5,202 8 AU (astronomické jednotky); hmotnost planety Jupiter je 1,899.10^{27} kg.

(T = 11,862 roku)

* * *

7. Elektrické pole

7.1 Elektrická síla, intenzita elektrického pole

→ Veličiny potřebné pro výpočet následujících příkladů:

elementární náboj	e	$= 1{,}602 . 10^{-19}$ C
klidová hmotnost elektronu	m_e	$= 9{,}11 . 10^{-31}$ kg
klidová hmotnost protonu	m_p	$= 1{,}67 . 10^{-27}$ kg
permitivita vakua	ε_o	$= 8{,}854 . 10^{-12}$ F.m^{-1}
$k_o = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_o}$	k_o	$= 9 . 10^{9}$ F^{-1}. m
gravitační konstanta	κ	$= 6{,}67 . 10^{-11}$ kg^{-1}.m^{3}.s^{-2}

228. Jakou silou na sebe působí dva bodové náboje Q_1 = +24 μC a Q_2 = –18 μC ve vzdálenosti 6 cm ve vakuu? Jak se tato síla změní, když náboje nejprve spojíme, a pak oddálíme na původní vzdálenost?

($F_1 = 1{,}08 . 10^{3}$ N – přitažlivá ; $F_2 = 22{,}5$ N – odpudivá)

229. Dva stejně velké bodové náboje působí na sebe ve vakuu ve vzdálenosti 36 cm silou určité velikosti. Jak daleko je musíme od sebe umístit v oleji s relativní permitivitou 6, aby se tato síla nezměnila?

($r_2 = 14{,}7$ cm)

230. Porovnejte velikost elektrické a gravitační síly, jimiž na sebe vzájemně působí v atomu vodíku proton a elektron, je-li podle Bohrova modelu tohoto atomu poloměr kruhové trajektorie elektronu $5{,}29 . 10^{-11}$ m.

($F_e = 8{,}24 . 10^{-8}$ N – přitažlivá ; $F_g = 3{,}63 . 10^{-47}$ N – přitažlivá ; $\dfrac{F_e}{F_g} = 2{,}27 . 10^{39}$)

231. Určete rychlost a frekvenci elektronu na jeho kruhové trajektorii v atomu vodíku.

($v = 2{,}19 . 10^{6}$ m.s^{-1} ; $f = 6{,}58 . 10^{15}$ Hz)

232. Jak velkou elektrickou silou se navzájem odpuzují dva protony v jádře atomu hélia, jestliže je jejich vzdálenost 10^{-14} m ?

($F_e = 2{,}31$ N)

233. Na dvou nitích zanedbatelné hmotnosti majících délku 10 cm a upevněných v jednom bodě jsou zavěšena dvě stejná tělíska o hmotnosti 1 g nabitá stejným nábojem. Určete jeho velikost, jestliže nitě svírají vlivem výsledného silového působení úhel právě 60°.

(Q = $8{,}0.10^{-8}$ C ... dosadíme-li tíhové zrychlení $g \doteq 10\ \mathrm{m.s^{-2}}$;
přitom náboje musí mít **stejná** znaménka **!!!**)

234. Ve všech třech vrcholech rovnostranného trojúhelníka se nacházejí stejně velké souhlasné náboje 10^{-8} C. Jaký náboj musíme umístit do těžiště trojúhelníka, aby výsledná síla působící na náboje ve vrcholech byla nulová?

(Q^{*} = 5,77 nC ... znaménko náboje musí být **opačné**
vzhledem k nábojům ve vrcholech trojúhelníka **!!!**)

235. Dva kladné bodové náboje 2 μC a 8 μC se nacházejí ve vzdálenosti 21 cm. Ve kterém místě prostoru je intenzita jejich výsledného elektrického pole nulová?

(Toto místo se nachází **na spojnici** obou nábojů;
je vzdáleno 7 cm od menšího náboje a 14 cm od většího náboje.)

236. Na jaké dráze a za jaký čas získá elektron rychlost $5.10^{6}\ \mathrm{m.s^{-1}}$, je-li urychlován elektrickou silou v homogenním elektrickém poli intenzity 300 $\mathrm{V.m^{-1}}$? Předpokládáme, že elektron byl původně v klidu.

(s = 0,24 m ; t = 95 ns)

237. Jak by se výsledek předcházejícího příkladu změnil, kdyby byl místo elektronu urychlován elektrickou silou

a) proton,
b) α-částice o hmotnosti $6{,}68.10^{-27}$ kg ?

(a) s = 440 m ; t = 0,18 ms ; b) s = 880 m ; t = 0,35 ms)

* * *

7.2 Kondenzátory

238. Elektrody rovinného deskového kondenzátoru **bez dielektrika** mají plochu 2 m^2 a vzdálenost 5 mm. Kondenzátor nabijeme na napětí 10 kV.
Vypočítejte: a) kapacitu tohoto kondenzátoru,
b) náboj na jeho deskách,
c) intenzitu elektrického pole mezi deskami.

(C = 3,54 nF ; $Q = 3{,}54.10^{-5}$ C ; $E = 2.10^6$ $V.m^{-1}$)

239. Rovinný deskový kondenzátor s plochou desek 100 cm^2, jež jsou od sebe vzdáleny 3 mm, je nabit nábojem 66 nC. Určete velikost rychlosti, kterou získá elektron volně vypuštěný u záporné desky kondenzátoru při dopadu na desku kladnou.

($v = 2{,}8.10^7$ $m.s^{-1}$)

240. Dva kondenzátory se stejnou kapacitou zapojíme jednak do série a jednak paralelně. Rozdíl v celkových kapacitách obou těchto kombinací jsou 3 μF. Určete kapacitu obou kondenzátorů.

(C = 2 μF)

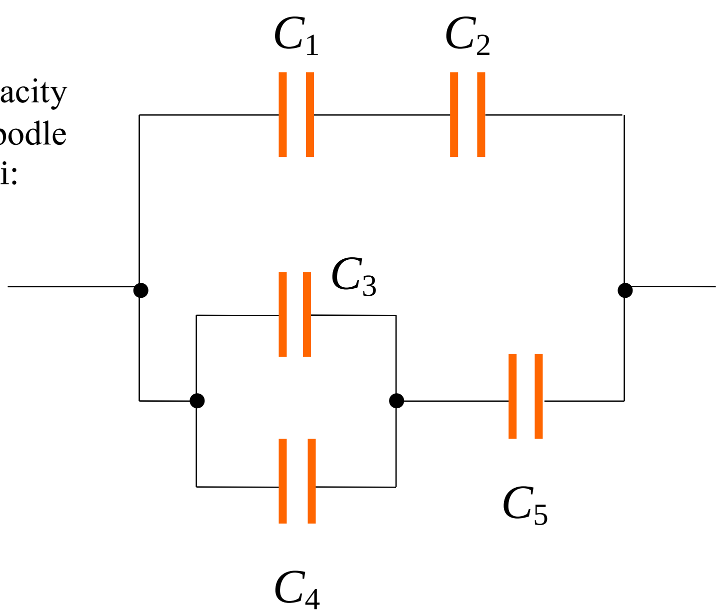
241. Tři kondenzátory mají kapacity 5 μF, 3 μF a 2 μF. Při jakém zapojení dávají
a) maximální,
b) minimální kapacitu?

(C_{max} = 10 μF při čistě paralelním a C_{min} = 0,97 μF při čistě sériovém zapojení)

242. Určete hodnotu výsledné kapacity sestavy kondenzátorů zapojených podle schématu na vedlejším obrázku, je-li:

C_1 = 600 pF ,
C_2 = 1,2 nF ,
C_3 = 200 pF ,
C_4 = 300 pF ,
C_5 = 500 pF .

(C = 650 pF)



243. Tři kondenzátory s kapacitami 2 μF, 3 μF a 6 μF jsou spojeny sériově a připojeny ke zdroji s napětím 240 V. Určete elektrickou energii každého z nich.

(E_1 = 14,4 mJ ; E_2 = 9,6 mJ ; E_3 = 4,8 mJ)

244. Dva kondenzátory s kapacitami 6 μF a 4 μF nabijeme na napětí 50 V (první z nich) a 150 V (druhý kondenzátor), a pak je souhlasnými póly spojíme paralelně. Jaké pak bude výsledné napětí na soustavě?

(U = 90 V)

245. Stejné dva kondenzátory jako v předcházejícím příkladě (6 μF a 4 μF) nabijeme opět na stejná napětí (50 V a 150 V), ale poté je spojíme paralelně nesouhlasnými póly. Určete jaké bude výsledné napětí na soustavě a jaká bude jeho polarita.

(U = 30 V ; polarita napětí bude stejná jako polarita původního napětí
na kondenzátoru s kapacitou 4 μF)

246. Kondenzátor o kapacitě 20 μF byl nabit na napětí 1 000 V, a pak byl k jeho svorkám paralelně připojen nenabitý kondenzátor s kapacitou 5 μF. Jak se po spojení změnila elektrická energie celé soustavy?

(ΔE_{el} = –2 J)

247. Vzduchový deskový kondenzátor má kapacitu 100 pF při vzdálenosti desek 1 cm. Jak změníme jeho kapacitu, když mezi desky rovnoběžně vložíme plech tloušťky 2 mm ?

(Kapacita vzroste na 125 pF.)

248. Určete kapacitu deskového kondenzátoru o plošném obsahu desek 100 cm^2 vzdálených 2 mm, jestliže mezi ně rovnoběžně zasuneme desku ebonitu (tj. dielektrika) tloušťky 1 mm s relativní permitivitou 3.

(C = 66,4 pF)

249. Desky rovinného kondenzátoru s plošným obsahem 0,5 m^2, jež jsou vzdáleny od sebe 2 mm, byly nabity na napětí 10 kV, a poté odpojeny od nabíjecího zdroje. Jakou práci musíme vykonat, jestliže desky chceme oddálit na 8 krát větší vzdálenost?

(W = 0,775 J)

250. Vzduchový deskový kondenzátor s plošným obsahem desek 0,1 m^2, jež jsou vzdáleny 1 mm, nabijeme na napětí 1 kV. Jak velkou silou se desky přitahují?

(F = 0,443 N)

* * *

7. Ustálený elektrický proud

251. Vodičem o odporu 15 Ω prošel za 2 minuty náboj 30 C. Určete, jak velké bylo napětí na koncích vodiče.

(U = 3,75 V)

252. Určete velikost elektrického náboje, jenž projde za 10 s vodičem, vzrůstá-li proud rovnoměrně od nuly do maximální hodnoty 3 A.

(Q = 15 C)

253. Na anodě elektronky se „přeměnou“ kinetické energie dopadajících elektronů vyvine za 20 min teplo 16 J. Určete, jak velká je rychlost dopadajících elektronů, je-li hodnota anodového proudu procházejícího elektronkou 6 mA.

(v = $8{,}85.10^5$ $\mathrm{m.s^{-1}}$)

254. Dva rezistory jsou sériově připojeny ke zdroji napětí 120 V a prochází jimi proud 3 A. Jestliže je spojíme paralelně a připojíme k témuž zdroji, bude procházet obvodem od zdroje ke kombinaci celkový proud 16 A. Jaké jsou odpory obou rezistorů?

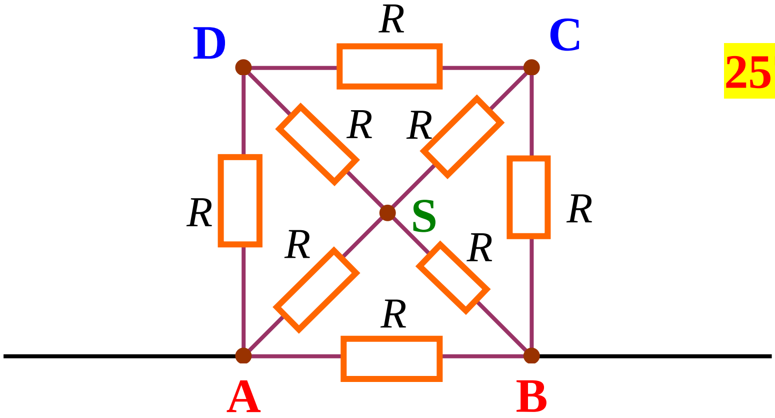
(Úloha má dvě „symetrická“ řešení: R_1 = 30 Ω , R_2 = 10 Ω
a $R_1^{/}$ = 10 Ω , $R_2^{/}$ = 30 Ω)

255. Tři rezistory o odporech postupně 10 Ω , 15 Ω a 20 Ω jsou zapojeny paralelně. Určete, jaký proud prochází prostředním rezistorem o odporu 15 Ω , když celkový proud v obvodu (od zdroje ke kombinaci) je 1,2 A.

(I_2 = 0,37 A)

256. Stejné tři rezistory o odporech 10 Ω , 15 Ω a 20 Ω jsou tentokráte zapojeny sériově. Jaké musí být celkové napětí na této kombinaci, jestliže na rezistoru o odporu 15 Ω je napětí právě 3 V ?

(U = 9 V)

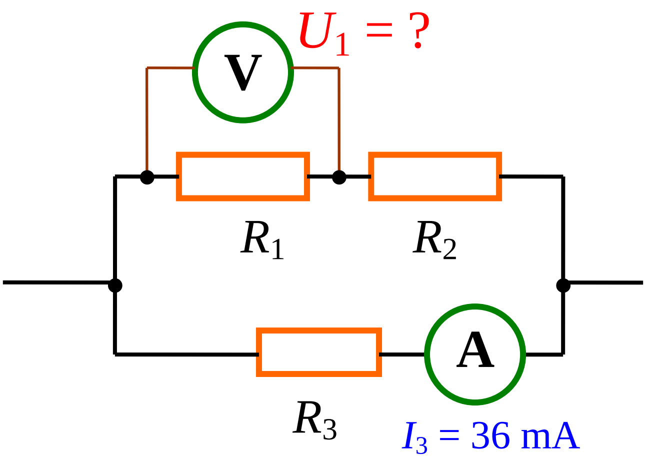


257. Určete výsledný odpor zapojení mezi body **A** a **B** (viz vedlejší obrázek), je-li odpor všech osmi vodičů tvořících tuto čtvercovou síť stejný a rovný R.

($R_{\mathrm{celk}} = \dfrac{8}{15} R$)

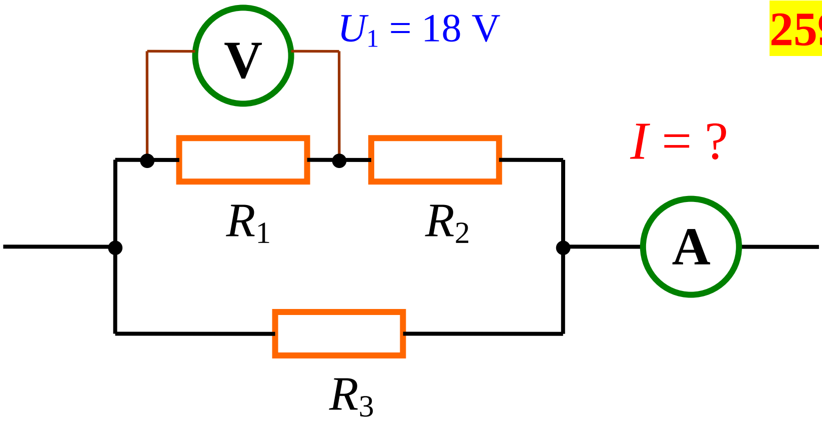
258. Určete, jak velké napětí ukazuje voltmetr na vedlejším obrázku, jsou-li odpory jednotlivých rezistorů $R_1 = 12\ \Omega$, $R_2 = 42\ \Omega$ a $R_3 = 750\ \Omega$. Ampérmetr, jenž je zapojen v dolní větvi, přitom ukazuje proud 36 mA.

($U_1 =$ 6 V)



259. Určete, jaký proud ukazuje ampérmetr na připojeném obrázku, jsou-li odpory jednotlivých rezistorů:
$R_1 = 36\ \Omega$,
$R_2 = 64\ \Omega$,
$R_3 = 25\ \Omega$.
Voltmetr připojený ke svorkám prvního rezistoru přitom ukazuje napětí 18 V.

(I = 2,5 A)



260. Dva rezistory s odpory 6 Ω a 30 Ω jsou zapojeny do série a připojeny ke zdroji elektrického proudu o napětí 36 V. Určete výkony elektrického proudu v každém z nich.

(P_1 = 6 W ; P_2 = 30 W)

261. Dva rezistory z předcházející úlohy s odpory 6 Ω a 30 Ω zapojíme tentokráte paralelně a opět je připojíme ke zdroji elektrického proudu o napětí 36 V. Určete, jaké budou nyní výkony elektrického proudu v každém z nich.

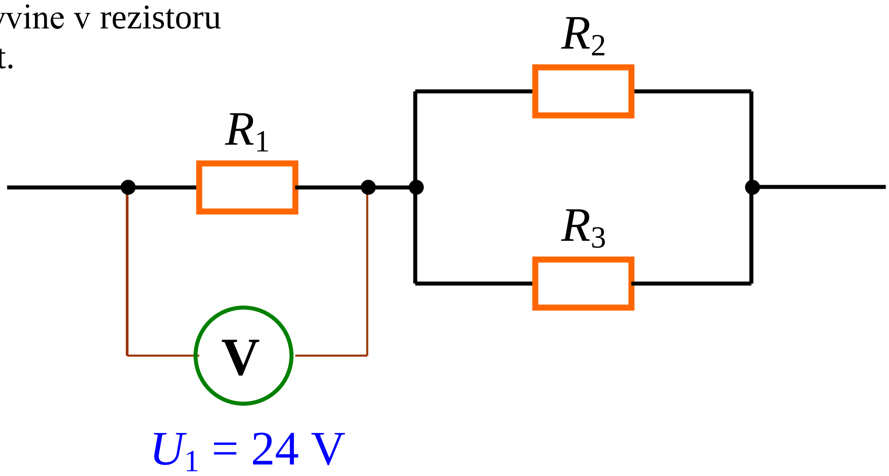
(P_1 = 216 W ; P_2 = 43,2 W)

262. Zjistěte, zda lze zapojit dvě žárovky určené obě na napětí 100 V, jednu s výkonem 100 W, druhou o výkonu 25 W, sériově ke zdroji s napětím 200 V. Vnitřní odpor zdroje je zanedbatelný.

(Toto zapojení sice lze provést, ale ty následky **!!!** → na 100 W žárovce by bylo v takovém případě napětí jen 40 V, při němž by byl její výkon pouhých 16 W. Žárovka by byla „podžhavená“ a prakticky by nesvítila vůbec. Na svorkách druhé 25 W žárovky bychom naměřili napětí 160 V – její výkon by tím pádem stoupl až na 64 W a došlo by zcela jistě velmi rychle k jejímu spálení, a tím i k přerušení celého obvodu.)

263. V zapojení na obrázku je dáno:
$R_1 = 96\ \Omega$, $R_2 = 48\ \Omega$, $R_3 = 12\ \Omega$.
Určete, jak velké teplo se vyvine v rezistoru s odporem R_3 za deset minut.

(Q = 48 J)



264. Určete svorkové napětí galvanického článku, je-li jeho elektromotorické napětí 1,5 V a vnitřní odpor 1,2 Ω, jestliže je při provozu zatížen odběrem proudu spotřebičem o odporu 3 Ω.

(U = 1,07 V)

265. Při odběru proudu 3 A do obvodu je hodnota svorkového napětí baterie 24 V. Odebíráme-li však proud 4 A, klesne svorkové napětí na pouhých 20 V. Určete elektromotorické napětí baterie a její vnitřní odpor.

(U_e = 36 V ; R_i = 4 Ω)

266. Ke zdroji s elektromotorickým napětím 3,6 V připojíme rezistor o odporu 10 Ω a naměříme svorkové napětí 3,05 V. Jak se svorkové napětí změní, když k prvnímu rezistoru paralelně připojíme ještě jeden rezistor o stejném odporu (tedy opět 10 Ω)?

(ΔU = −0,404 V; a tedy U_2 = 2,646 V)

267. Jak musíme spojit dva stejné články, každý s elektromotorickým napětím 1,5 V a vnitřním odporem 1,4 Ω, aby obvodem, jehož odpor je 0,2 Ω, protékal co největší proud?

(Články musíme zapojit paralelně $\rightarrow$ proud bude mít v takovém případě hodnotu 1,67 A ; při sériovém zapojení článků to bude jen 1 A.)

268. Zdroj elektrického proudu s elektromotorickým napětím 4,5 V a vnitřním odporem 1,5 Ω je připojen ke dvěma paralelně zapojeným rezistorům s odpory 4 Ω a 12 Ω. Určete všechny proudy, jež protékají obvodem, a výkony spotřebované na všech třech odporech.

(I_{celk} = 1 A ; I_1 = 0,75 A ; I_2 = 0,25 A ; P_i = 1,5 W ; P_1 = 2,25 W ; P_2 = 0,75 W)

269. Ke zdroji s elektromotorickým napětím 18 V a vnitřním odporem 5 Ω je připojen spotřebič, jímž prochází proud 0,6 A.
Určete:
a) odpor spotřebiče,
b) výkon elektrického proudu v tomto spotřebiči,
c) účinnost obvodu.

(R = 25 Ω ; P = 9 W ; η = 83,3 %)

270. Ke zdroji o elektromotorickém napětí 12 V a vnitřním odporu 2 Ω je připojen spotřebič o odporu 6 Ω .
Určete:
a) výkon zdroje,
b) výkon elektrického proudu ve spotřebiči,
c) účinnost zdroje.

(P_z = 18 W ; P = 13,5 W ; η = 75 %)

271. Baterie s elektromotorickým napětím 9 V a vnitřním odporem 1,5 Ω je připojena ke spotřebiči o neznámém odporu R. Určete, při jak velkém proudu bude výkon spotřebovaný v tomto spotřebiči právě 7,5 W .

(Tato úloha má dvě řešení: **1)** I_1 = 5 A při odporu spotřebiče R_1 = 0,3 Ω ;
2) I_2 = 1 A při odporu spotřebiče R_2 = 7,5 Ω .)

272. Vodičem o odporu 5 Ω protéká elektrický proud, jehož velikost rovnoměrně vzrůstá z počáteční nulové hodnoty na konečnou hodnotu I_{max} po dobu 16 s. Za tuto dobu tak celkem proteče vodičem náboj 40 C. Určete energii tohoto elektrického proudu.

(E = 667 J)

* * *