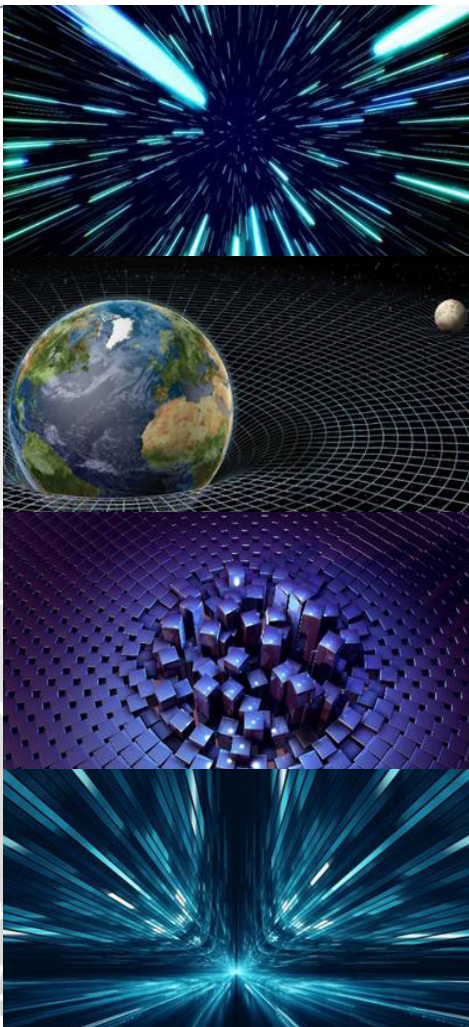
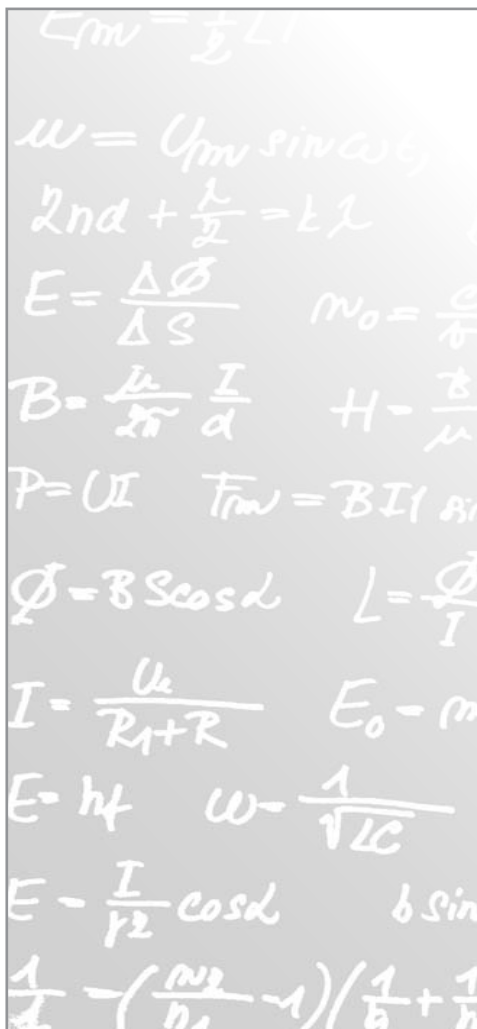


SBÍRKA ÚLOH Z FYZIKY

PRO PŘÍPRAVU K MATURITNÍ ZKOUŠCE



Gymnázium F. X. Šaldy
Liberec
2022

FYZIKA
předmětová
komise

STUDIUM
čtyř/šesti/osmi
leté

Úvodní poznámka editora

V této *Sbírce úloh* jsou shromážděny úlohy, které typově odpovídají úlohám, jež se objeví v maturitní zkoušce z fyziky na Gymnáziu F. X. Šaldy (ve všech studijních programech).

Sbírka není „originálním fyzikálně-didaktickým dílem“, neboť je tvořena přejatými (někdy mírně upravenými) úlohami. Nejčastěji byly užity *Sbírky řešených příkladů z matematiky, fyziky a informatiky* vydané v různých letech MFF UK a slavná Hajkova *Fyzika v příkladoch*. Na některé zajímavé úlohy editora sbírky upozornila jeho někdejší vyučující Jindra Kuglerová; při přípravě byla využita i její sbírka maturitních příkladů. Další příklady jsou čerpány z běžných středoškolských sbírek a z literatury k fyzikální olympiádě. Přesný přehled zdrojů úloh a jejich výsledků je z „pedagogicko-strategických“ důvodů uveden v samostatném dokumentu.

Toto 3. vydání bylo podstatně přepracováno v souvislosti se změnou *Školního vzdělávacího programu Gymnázia F. X. Šaldy v Liberci*. Vzhledem k rozšířené nabídce volitelných předmětů z oblasti fyziky (fyzika 20. století, seminář z fyziky, fyzika pro medicínu a farmacii, experimentální fyzika) se ukázalo jako účelné oddělit do samostatných sbírek jednak úlohy pro jednotlivé semináře, jednak úlohy maturitní. Stovka úloh, obsažená v této sbírce, tak jistě nepředstavuje „kompletní program“ pro dvouletý seminář.

Zatímco maturitní témata jsou v naší škole konstruována „napříč“ tradičními učebními celky, sbírka ve svém uspořádání (z praktických důvodů) tyto tradiční celky respektuje. Pouze úlohy, k jejichž řešení se užívá diferenciálního nebo integrálního počtu, jsou uvedeny až naposledy (úlohy 76–100).

Sbírka byla vysázena typografickým systémem $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\text{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$.

-jvk-

V Liberci, v den sv. Silvestra 2021.

Uspořádání maturitní zkoušky z fyziky

Maturitní zkouška z fyziky má formu ústní zkoušky. Na zkoušku je vyhrazena doba 15 min; předchází jí stejně dlouhá doba přípravy. Maturitní téma se určuje losováním ze seznamu témat určeného ředitelem školy.

Název tématu shrnuje stručně jeho obsah. Tento obsah přitom neodpovídá jednotlivým kapitolám v učebnicích, nýbrž je tvořen „průřezové“, napříč kapitolami, učebnicemi i ročníky.

1. V části **Pojmy, zákony a souvislosti** je uvedeno několik konkrétních otázek, které má žák zodpovědět. Část má pevnou strukturu:

Pojmy. Maturant stručně vysvětlí dva pojmy a jednu dvojici pojmů; dbá přitom, aby definice byly jednoznačné a bezesporné.

Úloha zadaná obrazem. Maturantovi je předložen obrázek (např. graf, diagram, schéma či fotografie). Žák graficky znázorněnou skutečnost pojmenuje, vyloží či okomentuje.

Postava dějin fyziky. Maturantovi je předložena fotografie, resp. obraz významné osobnosti dějin fyziky s uvedením jejího jména. (Hádání jmen podle mnohdy málo spolehlivých vyobrazení není obsahem maturitní zkoušky z fyziky.) Žák o této osobnosti velmi krátce pohovoří; především se však zaměří na popis objevu dané osoby, popř. na popis objevu či poznatku podle této osoby pojmenovaného. Fyzikální zákon, nesoucí jméno dané osoby, uvede včetně podmínek platnosti. Je-li po dané osobě pojmenována fyzikální jednotka, uvede ji; připojí značku jednotky, název a značku veličiny. Půjde-li o jednotku (resp. veličinu) základní, uvede definici, půjde-li o jednotku odvozenou, vyjádří ji pomocí jednotek základních.

2. Po zodpovězení stanovených otázek následuje 2. část zkoušky: žákův **teoretický výklad** maturitního tématu. Žák může využít připojené náměty k teoretické části, které naznačují předpokládanou „šíři“ i „hloubku“ odpovědi.

3. Poslední část zkoušky představuje **řešení fyzikální úlohy**. V každém tématu jsou zařazeny 4 úlohy přibližně stejné obtížnosti. K řešení 4. úlohy v pořadí je nutné využít základy diferenciálního a integrálního počtu. (Tím se neříká, že žák nesmí využít derivování a integrování k hledání řešení jakékoliv úlohy, a to i té, která byla původně – např. v 1. až 3. ročníku – řešena jinak.) Žák si z nabídky vybere úlohu, jejíž řešení předvede; pokud si žádnou úlohu nevybere, stanoví mu ji vyučující.

Přehled maturitních témat

s podrobnějšími náměty pro maturantův výklad

1. Fyzikální měření

- jednotky SI, soustavy jednotek, rozměrová analýza; skalární a vektorové veličiny
- metody měření vybraných veličin, chyby měření, zpracování výsledků měření
- objektivní měření a subjektivní vnímání (fotometrie, akustika)
- měření v kvantové mechanice; relace neurčitosti

2. Fyzikální pole

- gravitační, elektrické, magnetické pole
- nástin Maxwellovy teorie elektromagnetického pole
- znázorňování polí, veličiny vektorové a skalární, zřídla a víry
- kvantování polí: fotony, gluony, intermediální částice W^+ , W^- , Z^0 ; gravitony

3. Pohyb v homogenním poli

- gravitační, resp. tíhové homogenní pole (vrhy)
- homogenní elektrické, resp. magnetické pole příčné a podélné
- praktická realizace homogenních polí
- využití ve výzkumu, technice, medicíně, ...

4. Pohyb v centrálním poli

- Keplerovy zákony
- centrální pole Země (typy trajektorií těles, kosmické rychlosti)
- centrální pole Slunce (Sluneční soustava – Slunce, planety, měsíce, komety)
- Bohrov model atomu

5. Posuvný a otáčivý pohyb

- klasifikace pohybů, kinematické veličiny popisující pohyby; obecná definice rychlosti, zrychlení; aplikace na jednotlivé pohyby
- síla – příčina pohybu těles
- kinetická energie při posuvném a otáčivém pohybu, moment setrvačnosti; analogie mezi veličinami pro posuvný a otáčivý pohyb
- proudění reálné tekutiny, obtékání těles

6. Inerciální a neinerciální soustavy

- Newtonovy pohybové zákony, hybnost; inerciální a neinerciální soustavy, rotující vztažné soustavy, Galileův princip relativity
- analýza sil působících na těleso na Zemi, tíhové a gravitační zrychlení, tíha, beztlížný stav
- vztažná soustava ve speciální teorii relativity, postuláty speciální teorie relativity
- relativnost současnosti, dilatace času, kontrakce délek

7. Statika: rovnováha systémů

- skládání, resp. rozkládání sil působících na hmotný bod a na tuhé těleso, moment síly
- rovnovážná poloha tuhého tělesa, stabilita; těžiště a hmotný střed
- hydro/aero statika, hydrostatický tlak, zákony pro statiku tekutin
- rovnováha v termodynamické soustavě

8. Zákony zachování

- zákon zachování hybnosti, energie, náboje; zákony zachování v mikrosvětě
- zákony zachování v dynamice kapalin: rovnice kontinuity, Bernoulliho rovnice
- 1. termodynamický zákon, kalorimetrická rovnice
- zákon zachování energie v mechanickém a elektrickém oscilátoru

9. Druhy energie a jejich přeměny

- mechanická, elektrická, magnetická, chemická energie; vnitřní energie, teplo
- kinetická energie, potenciální energie; přeměny forem energie v mechanických a elektrických oscilátorech
- zařízení a stroje na přeměnu jednotlivých energií (turbíny, motory, generátory, elektromotory, elektroakustické měniče, tepelné elektrické spotřebiče, jaderný reaktor)
- výkon a účinnost

10. Elementární částice

- třídění částic: fermiony – bosony, leptony – hadrony, částice – antičástice
- stavební částice: leptony, kvarky; částice složené z kvarků: mezony, baryony
- interakce a intermediální částice; sjednocování interakcí
- urychlovače částic, detektory částic

11. Statistické pojetí termodynamiky

- ideální plyn, Lammertův pokus, střední kvadratická rychlost
- stavová rovnice
- zákony pro ideální plyn
- entropie, vratný a nevratný děj

12. Fenomenologické pojetí termodynamiky

- teplota, empirické teplotní stupnice
- tepelná roztažnost délková a objemová, měření teploty, typy teploměru
- termodynamické zákony, perpetuum mobile, termodynamická teplota
- Carnotův cyklus, tepelné motory

13. Struktura a vlastnosti pevných látek

- krystalické a amorfni látky; ideální krystalová mříž, reálná krystalová mříž, poruchy
- vazby v krystalech
- normálové napětí, typy deformací a jejich popis, elastický diagram
- elektrické a magnetické vlastnosti pevných látek

14. Struktura a vlastnosti kapalin

- povrchová síla, povrchové napětí, povrchová energie; jevy na rozhraní tří prostředí
- kapilární tlak, kapilární jevy v úzkých trubicích
- teplotní objemová roztažnost kapalin
- vedení elektrického proudu v kapalinách

15. Fáze a fázové přechody

- fáze v termodynamice: skupenství, skupenská tepla
- fázový diagram
- fáze v magnetismu: para/feromagnetismus, Curieova teplota
- hysterezní křivka

16. Mechanismy vedení el. proudu v látkách

- definice proudu, nosiče náboje
- vedení proudu v kovech – kovový krystal, Tolman-Stewartův experiment, měrný odpor, tepelné elektrické spotřebiče
- vedení proudu v elektrolytech – Faradayovy zákony, využití elektrolýzy
- vedení proudu v plynech – výboje, VA charakteristika, výboj za atmosférického a sníženého tlaku

17. Indukce

- elektrostatická indukce
- magnetická indukce
- elektromagnetická indukce (vysvětlení, zákony, využití)
- vlastní indukce

18. Teorie elektrických obvodů

- výsledný odpor soustav kondenzátorů
- výsledný odpor soustav rezistorů; reostat, potenciometr; bočník, předřadný odpor
- stejnosměrné sítě: Kirchhoffovy zákony
- RLC obvody a jejich řešení, výkon střídavého proudu

19. Elektronika a energetika

- polovodiče a jejich vlastnosti
- dioda, tranzistor, tyristor
- výroba elektrické energie (turbíny, generátory, jaderná elektrárna)
- třífázový proud; přenosová a distribuční soustava; transformátory

20. Periodické děje

- veličiny charakterizující periodické děje
- pohyb po kružnici
- mechanické a elektrické kmity; tlumené kmitání, nucené kmitání
- periodický děj jako předpoklad měření času, měřidla času; kyvadlo

21. Vlnění

- mechanické a elektrické vlnění: vznik, šíření
- odraz vlnění na pevném a volném konci; stojaté vlnění
- akustika
- sdělovací technika

22. Vlnové vlastnosti světla

- odraz, lom, disperze
- interference, difrakce; užití
- polarizace a její užití
- Youngův experiment

23. Paprsková optika

- Fermatův princip, zákony „paprskové optiky“
- zobrazení odrazem (zrcadla)
- zobrazení lomem (čochky, vady čochek)
- optické soustavy: oko, lupa, dalekohledy, (data)projektor, (digitální) fotoaparát aj.

24. Elektromagnetické spektrum

- přehled elektromagnetického záření, původ a využití jednotlivých druhů záření
- vznik spekter (čarové, spojité; emisní, absorpční), Dopplerův jev v astronomii
- radiometrie, fotometrie
- záření absolutně černého tělesa

25. Experimentální východiska kvantové fyziky

- vlnový charakter elektromagnetického záření – Youngův experiment
- korpuskulární charakter elektromagnetického záření, kvantová teorie a její experimentální východiska – záření absolutně černého tělesa, fotoelektrický jev, Comptonův jev; foton
- vlnové vlastnosti „částic“ – de Broglieho hypotéza, Davissonův-Germerův experiment, vlnová funkce
- relace neurčitosti, tunelový jev

Mechanika

1. Vlak má délku 150 m a rychlost $54 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Z jeho okna hledí (kolmo) člověk a vidí protijedoucí vlak o délce 100 m po dobu 4 s. Určete: a) rychlost protijedoucího vlaku, b) dobu viditelnosti první soupravy ze druhé, c) dobu míjení obou vlaků.
2. Rychlík se pohybuje rychlostí o velikostí $108 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Strojvedoucí rychlíku spatří ve vzdálenosti 180 m před sebou nákladní vlak, který jede po téže koleji stejným směrem rychlostí o velikostí $32,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Strojvůdce zabrzdí a rychlík se začne pohybovat rovnoměrně zpomaleně se zrychlením o velikosti $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Rozhodněte, zda vzdálenost 180 m stačí k tomu, aby nenastala srážka.
3. Motorový člun přеплouvá přes řeku o šířce 300 m; při tom je unášen vodním proudem. Rychlost člunu vzhledem k vodě je $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, rychlost vody vzhledem ke břehům $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. a) O jakou vzdálenost unese voda člun ve směru proudu řeky? b) Jakou dráhu člun při přеплouvání řeky urazí a jakou rychlostí se po této dráze pohybuje? c) Jaký úhel svírá vektor výsledné rychlosti člunu se směrem kolmým k břehům řeky?
4. Po nakloněné rovině délky $l = 1,5 \text{ m}$ a výšky $h = 0,5 \text{ m}$ se smýká dřevěný hranolek. Jak velký je součinitel smykového tření f , projede-li hranolek dráhu l dobu $t = 2 \text{ s}$?
5. Lyžař sjel po svahu délky 20 m se sklonem 18° na vodorovnou louku a zastavil ve vzdálenosti 30 m od úpatí svahu. Součinitel f smykového tření mezi lyžemi a svahem byl po celou dobu jízdy konstantní. a) Určete f . b) Jak velkou rychlostí se lyžař pohyboval na konci svahu? (Odpor vzduchu zanedbejte.)
6. Na vodorovném kotouči otáčivém kolem svislé osy leží ve vzdálenosti 10 cm od osy otáčení malá krychle. Vypočítejte, při které minimální frekvenci krychle z kotouče sklouzne. Součinitel tření mezi krychlí a kotoučem je 0,2.
7. Ocelový drát snese zatížení 3000 N. Na drát zavěsíme těleso o hmotnosti 150 kg. O jaký úhel můžeme drát s tělesem vychýlit z rovnovážné polohy, aby se drát při zpětném průchodu rovnovážnou polohou nepřetrhl?
8. Koule o hmotnostech $m_1 = 5 \text{ kg}$, $m_2 = 10 \text{ kg}$ se pohybují ve stejném směru rychlostmi o velikostech $v_1 = 5 \text{ m/s}$, $v_2 = 8 \text{ m/s}$. a) Určete rychlost tělesa po dokonale nepružném rázu. b) Určete, jaká část mechanické energie těles se přemění na jinou formu energie.

9. Halleyova kometa se dostává v periheliu do minimální vzdálenosti 0,6 AU od Slunce. Perioda Halleyovy komety je 76 roků. Určete, do jaké největší vzdálenosti od Slunce se dostane.

10. Vypočítejte, v jaké výšce obíhá geostacionární družice.

11. Měsíc obíhá kolem Země ve střední vzdálenosti $r = 60 R_Z$. Hmotnost Měsíce $M_m = \frac{1}{81} M_Z$. Na spojnici středů Země a Měsíce najdete bod, v němž je intenzita gravitačního pole soustavy nulová. Co by v tomto místě „musel udělat“ člověk vystupující ze Země na Měsíc po žebříku?

12. Z vrcholu věže vysoké 20 m je vrženo vodorovným směrem těleso počáteční rychlostí 15 m/s. a) Za jakou dobu těleso dopadne? b) Jakou rychlostí dopadne? Jaký úhel svírá vektor rychlosti dopadu \vec{v} s horizontálním směrem? c) V jaké vzdálenosti od paty věže dopadne těleso na vodorovný povrch Země?

13. Určete polohu těžiště homogenního kotouče (konstantní tloušťky) o poloměru R , z něhož je vyříznut kotouč o poloměru $R/2$ se středem ve vzdálenosti $R/2$ od středu původního kotouče.

14. Dutá mosazná koule se ponoří do vody polovinou svého objemu. Jaká je tloušťka stěny koule a její vnější průměr, je-li hmotnost koule $m = 0,3$ kg. (Hustota mosazi je $8400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.)

15. Na hladině vody plave dutá koule o hmotnosti m a objemu V . Koule je z poloviny ponořená ve vodě. Na vlákne je k ní upoutaná druhá koule téhož objemu a hmotnosti $3m$. Určete velikost síly, kterou je napínáno vlákno. Řešte nejprve obecně, pak pro $V = 10 \text{ cm}^3$.

16. Vodorovnou trubicí proměnného průřezu protéká voda. Určete množství vody, které proteče průřezem trubice za 1 s, jestliže v místě o průřezu S_1 , resp. S_2 umístíme manometrické trubice, které vykazují rozdíl vodních hladin 20 cm; přitom $S_1 = 10 \text{ cm}^2$ a $S_2 = 20 \text{ cm}^2$.

17. Z otvoru ve stěně nádoby ve výšce 20 cm nad dnem tryská voda; hladina je ve stálé výši 100 cm nad dnem. Určete a) rychlost vody proudící otvorem, b) vzdálenost, do které voda na podlaze dostříkne.

Molekulová fyzika a termika

18. Pět ocelových desek o celkové hmotnosti 7 kg bylo zahřáto na teplotu $910\text{ }^{\circ}\text{C}$ a ponořeno do oleje o teplotě $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hustota oleje je $940\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, měrná tepelná kapacita oleje $1760\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, teplota vzplanutí oleje $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ a měrná tepelná kapacita oceli $452\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Kolik litrů oleje musíme použít do kalici lázně, aby její konečná teplota byla $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ pod teplotou vzplanutí oleje?

19. V hliníkové nádobě kalorimetru o hmotnosti 40 g je voda o hmotnosti 150 g; teplota soustavy je $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ocelová kulička o hmotnosti 20 g byla rychle přenesena z prostoru pece do nádoby kalorimetru. Určete teplotu prostoru pece, je-li přírůstek teploty vody v kalorimetru $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Měrná tepelná kapacita oceli je $452\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, hliníku je $896\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

20. Hliníkový kotouč poloměru $r = 20\text{ cm}$ se otáčí kolem volné osy rychlostí $\omega = 100\text{ s}^{-1}$. Kotouč zabrzdíme přitlačením stejného hliníkového kotouče. O kolik se může nejvíce zvýšit jejich teplota? Měrná tepelná kapacita hliníku $c = 900\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

21. Setrvačnick má tvar kříže, na jehož ramenech délky 10 cm jsou upevněna čtyři závaží, každé o hmotnosti 0,5 kg. (Hmotnost ramen je zanedbatelná.) Setrvačnick se otáčí s frekvencí 43 Hz. Náhle se zastaví. Jak se změní při tomto ději vnitřní energie setrvačnicku a ložiska?

22. Kompresní poměr naftového motoru je 15. Při adiabatické kompresi je stlačován vzduch z tlaku 10^5 Pa při teplotě $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jaký bude tlak vzduchu a jeho teplota na konci komprese?

23. Ve vodorovně umístěné nádobě, která má tvar válce o délce 85 cm, je pohyblivý píst, který rozděluje nádobu na dvě části. V levé části je kyslík O_2 , v pravé vodík H_2 o téže hmotnosti a teplotě. Určete polohu pístu v rovnovážném stavu. Tření neuvažujte.

24. Vzduch, který se nachází v nádobě o objemu 3 l, je odčerpáván pístovou vývěvou, jejíž pracovní komora má objem 2 l. Vypočtete, jaký bude v nádobě tlak po čtvrtém zdvihu pístu, bude-li čerpání probíhat tak, že teplota v nádobě i v pracovní komoře zůstane konstantní.

25. Dvě stejné válcovité nádoby A , B o obsahu dna S a výšky h jsou postaveny vedle sebe na vodorovné desce a jsou spojeny těsně u dna krátkou trubičkou. Nádobu A je uzavřená. Otevřenou nádobu B zcela naplníme vodou. Jaký je maximální objem vody V , kterou je možno do takto postavených nádob nalít,

považujeme-li teplotu vzduchu uvnitř nádoby za stálou? Tlak vodní páry, teplotní roztažnost vody i nádob a vnitřní objem spojovací trubičky zanedbejte. Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $h = 90$ cm, $S = 2$ dm², $t = 20$ °C.

26. Železo vytváří při teplotě 910 °C prostorově centrovanou kubickou mřížku s $d = 0,287$ nm. Tato krystalická modifikace železa se nazývá železo α . Při teplotě větší než 910 °C vytváří železo plošně centrovanou kubickou mřížku o $d = 0,363$ nm (železo γ). Má železo α stejnou hustotu jako železo γ ? Relativní atomová hmotnost železa je 55,847.

27. Víko o průměru 32 cm je třeba připevnit k otvoru tlakové nádoby 24 šrouby. Tlak plynu v nádobě je 6 MPa, modul pružnosti oceli je 220 GPa. Jaký obsah průřezu šroubů musíme zvolit, je-li dovolené napětí šroubů v tahu 50 MPa?

28. Zinkový a železný proužek mají při teplotě 20 °C stejnou délku 20 cm. Při jaké teplotě se délky obou proužků liší o 1 mm? Teplotní součinitel délkové roztažnosti zinku je $2,9 \cdot 10^{-5}$ K⁻¹, železa $1,2 \cdot 10^{-5}$ K⁻¹.

29. V hliníkové nádrži automobilu pro dopravu pohonných látek je přepravován benzin o objemu 5 m³. Nádrž byla naplněna při teplotě 20 °C. Během dopravy se vlivem slunečního záření ohřála na 28 °C. Vypočtete objem benzínu, který by vytekl z nádrže v případě, že by nádrž byla zcela naplněna. Součinitel teplotní délkové roztažnosti hliníku je $24 \cdot 10^{-6}$ K⁻¹; Součinitel teplotní objemové roztažnosti benzínu je 10^{-3} K⁻¹.

30. V termosce o tepelné kapacitě C_k je led o hmotnosti m a teplotě $t_1 < 0$ °C. Do ledu zasuneme topnou spirálu o odporu R , jejíž tepelnou kapacitu můžeme zanedbat. Spirálu připojíme ke zdroji elektrického napětí. Jaké musí být napětí U tohoto zdroje, aby za dobu τ led roztál a teplota uvnitř termosky stoupla na hodnotu $t_2 > 0$ °C? Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $C_k = 50$ J·K⁻¹, $m = 1$ kg, $t_1 = -6$ °C, $t_2 = 21$ °C, $R = 9$ Ω , $\tau = 72$ min. Měrná tepelná kapacita ledu je $2,1$ kJ·kg⁻¹·K⁻¹, vody $4,2$ kJ·kg⁻¹·K⁻¹, měrné skupenské teplo tání ledu je 330 kJ·kg⁻¹.

31. Jakou nejmenší rychlost musí mít olověná střela, aby se při nárazu na ocelovou desku roztavila? Teplota střely při dopadu je 27 °C, teplota tání olova je 327 °C, měrné skupenské teplo tání olova je $22,6$ kJ·kg⁻¹, měrná tepelná kapacita olova je 129 J·kg⁻¹·K⁻¹. Předpokládejte, že ocelová deska nepřebírá žádné teplo.

Mechanické kmitání a vlnění

32. Dřevěný hranol s podstavou o obsahu S a výšce h plave na hladině vody tak, že je ponořený ze $\frac{4}{5}$ své výšky. Hranol rovnoměrně zatlačíme do vody a pustíme. Určete: a) hustotu použitého dřeva; b) periodu T kmitání hranolu za předpokladu, že se jedná o netlumený lineární harmonický oscilátor. Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $S = 450 \text{ cm}^2$, $h = 15 \text{ cm}$; hustota vody je $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Výšku hladiny v nádobě považujte za stálou (efekty spojené s pohybem vody zanedbejte), působení povrchové síly neuvažujte.

33. Jak se změní doba kmitu matematického kyvadla, jestliže zkrátíme jeho délku o 25 % původní délky?

34. Mezi dvěma stejnými zdroji zvuku, které vydávají tóny o frekvenci 435 Hz, se pohybuje pozorovatel po jejich spojnici rychlostí o velikosti $0,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Rychlost zvuku ve vzduchu má velikost $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jakou frekvenci mají rázy, které slyší pozorovatel?

35. Dvě ladičky o stejných frekvencích 435 Hz jsou umístěny v protilehlých rozích místnosti. Jak velkou rychlostí by se měl pohybovat pozorovatel po jejich spojnici, aby slyšel rázy o frekvenci 2 Hz?

36. Turista, který stojí na okraji propasti, uslyší zvuk dopadu kamene na její dno po uplynutí doby 4,0 s od začátku pádu kamene. Jak hluboká je propast?

37. O kolik se zvýší hladina intenzity zvuku, jestliže se jeho intenzita zvýší pětkrát?

Elektrina a magnetismus

38. Ve všech vrcholech čtverce o straně a je umístěn kladný bodový náboj Q . a) Popište stav soustavy. b) Kam je třeba umístit další náboj, aby celá soustava byla v rovnováze? c) Určete velikost takového náboje.

39. Ve dvou vrcholech rovnostranného trojúhelníku, jehož strany mají délku 0,5 m, jsou umístěny bodové náboje, které mají velikost $1 \mu\text{C}$. Určete intenzitu elektrického pole ve třetím vrcholu, jestliže a) oba náboje jsou kladné, b) oba náboje jsou záporné, c) jeden náboj je kladný, druhý záporný.

40. Ve všech vrcholech čtverce o straně a je umístěn kladný bodový náboj Q . Určete intenzitu elektrického pole a potenciál ve středu čtverce.

41. Vypočítejte kapacitu deskového kondenzátoru s plochou polepu 200 cm^2 . Mezi polepy je sklo tloušťky $d_1 = 1 \text{ mm}$, z obou stran je pokryté parafínem tloušťky $d_2 = 0,2 \text{ mm}$. Sklo má relativní permitivitu 7 a parafín 2.
42. Elektrický obvod se skládá ze tří vodičů stejné délky. Vodiče jsou ze stejného materiálu a jsou zapojené za sebou. Průřezy vodičů jsou: $S_1 = 1 \text{ cm}^2$, $S_2 = 2 \text{ cm}^2$, $S_3 = 3 \text{ cm}^2$. Rozdíl potenciálů na koncích obvodu $U = 12 \text{ V}$. Určete úbytek napětí na každém vodiči.
43. Dva vodiče, jeden z uhlíku ($\rho_1 = 40 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}$, $\alpha_1 = -8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$), druhý ze železa ($\rho_2 = 0,12 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}$, $\alpha_2 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$) jsou spojeny za sebou. Celkový odpor kombinace nezávisí na teplotě. Určete a) jaký je poměr délek těchto vodičů, jestliže jejich průřezy jsou sobě rovné, b) jaký je poměr průřezů těchto vodičů, jestliže jejich délky jsou sobě rovné.
44. Jak velký odpor klade stejnosměrnému proudu drátěný čtverec $ABCD$ s úhlopříčkou BD , jestliže proud prochází a) od vrcholu B k D , b) od vrcholu A k C . Jak velké proudy tekou v tomto případě ve větvích ABC , ADC , BD , jestliže celkový proud vtékající v bodě A má hodnotu I ? Je dána strana čtverce a , průřez drátu S , měrný odpor ρ .
45. Měřicí systém ampérmetru má odpor $2,7 \text{ } \Omega$ a ručka přístroje ukazuje plnou výchylku při proudu 6 mA . Určete odpor bočníku, který musíme připojit k ampérmetru, abychom mohli měřit proudy do 60 mA .
46. Z drátu o délce l , průřezu S a odporu R odstříhneme část o délce x a přiložíme ji těsně podél zbytku drátu. Jak dlouhý musí být odstřižený drát, jestliže po této úpravě má klesnout celkový odpor na polovinu původní hodnoty.
47. Poniklování kovového předmětu, který má povrch 120 cm^2 , trvalo 5 hodin při elektrickém proudu $0,3 \text{ A}$. Nikl je dvojmocný. Vypočítejte tloušťku niklové vrstvy. (Relativní atomová hmotnost niklu 58,69.)
48. Předmět s povrchem $S = 20 \text{ dm}^2$ je nutno postříbřit vrstvou tloušťky $2/10 \text{ mm}$. Kolik stříbra se musí vyloučit? Jak dlouho bude trvat pokovování, jestliže 1 dm^2 plochy je možno zatížit proudem $0,4 \text{ A}$? ($\rho = 10500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $A = 1,118 \text{ mg} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.)
49. Dva dlouhé přímé rovnoběžné vodiče jsou od sebe vzdáleny 10 cm . Jedním prochází proud 15 A , druhým 5 A . Ve kterém bodě na přímce kolmé k oběma vodičům je magnetická indukce výsledného magnetického pole nulová? Řešte pro případ a) souhlasných, b) opačných směrů proudů.

50. Dva svislé rovnoběžné vodiče A, B se vzájemnou vzdáleností 50 cm mají horní konce vzájemně spojeny rezistorem R . Vodiče jsou uloženy v homogenním magnetickém poli s magnetickou indukcí o velikosti 0,10 T. Podél vodičů A, B se pohybuje směrem dolů vlivem vlastní tíže, bez tření, ale rovnoměrným pohybem rychlostí o velikosti $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ kovová tyč C, vodivě spojující vodiče A, B. Hmotnost tyče C je 1 g. Odpor vodičů A, B, C můžeme zanedbat. Určete odpor rezistoru R .

51. Ohebný vodič o odporu R má tvar hranice čtverce o straně a . Vodič je položen na vodorovné desce v homogenním magnetickém poli, jehož magnetická indukce má směr svislý. Jaký náboj proteče libovolným průřezem vodiče, změníme-li jeho tvar na rovnostranný trojúhelník o stejném obvodu? Řešte nejdříve obecně, pak pro hodnoty $R = 10 \Omega$, $B = 1 \text{ T}$, $a = 1 \text{ dm}$.

52. Tlumivka a kondenzátor s kapacitou $C = 10 \mu\text{F}$ jsou zapojené do série. Jsou připojené na napětí 120 V s frekvencí $f = 50 \text{ Hz}$. Ohmický odpor tlumivky $R = 120 \Omega$. Tlumivkou a kondenzátorem prochází proud $I = 1 \text{ A}$. Vypočítejte indukčnost tlumivky.

53. Oscilační obvod, ve kterém je zapojena cívka o indukčnosti L a kondenzátor o kapacitě C_1 , vyzařuje elektromagnetickou vlnu o vlnové délce 30 m. Jestliže paralelně ke kondenzátoru oscilačního obvodu zapojíme druhý kondenzátor o kapacitě 3000 pF, bude oscilační obvod vysílat elektromagnetickou vlnu o vlnové délce 60 m. Určete kapacitu C_1 .

54. Okamžité hodnoty napětí, resp. proudu v elektrickém obvodu jsou vyjádřeny rovnicemi:

$$u = 60 \sin 50\pi\{t\} \text{ V}, \quad i = 1,4 \sin \left(50\pi\{t\} + \frac{\pi}{3} \right) \text{ A}.$$

Určete a) amplitudu napětí, b) amplitudu proudu, c) efektivní hodnotu napětí, d) efektivní hodnotu proudu, e) úhlovou frekvenci napětí, f) úhlovou frekvenci proudu, g) frekvenci napětí, h) frekvenci proudu, i) periodu napětí, j) periodu proudu, k) fázové posunutí, l) účinník, m) fázorový diagram pro napětí, n) fázorový diagram pro proud, o) časový diagram pro napětí, p) časový diagram pro proud, q) rozhodněte, zda má obvod vlastnosti kapacitance nebo induktance, r) činný výkon střídavého proudu, s) jalový výkon střídavého proudu, t) zdánlivý výkon střídavého proudu, u) hodnotu, kterou ukáže voltmetr, v) hodnotu, kterou ukáže ampérmetr.

55. Svazek elektronů urychlený napětím $U_0 = 200$ V vletěl rovnoběžně mezi desky kondenzátoru. Desky mají délku $l = 6$ cm, jsou vzdálené $d = 4$ cm a je mezi nimi napětí $U = 100$ V. Určete, jak se elektrony odchýlily od původního směru a jakou rychlostí opouštějí kondenzátor.

56. Jak velká je rychlost elektronů, jestliže současně působící elektrické pole o intenzitě $E = 3,4 \cdot 10^5$ Vm⁻¹ a magnetické pole o indukci $B = 2 \cdot 10^{-3}$ T, obě navzájem kolmá a kolmá k rychlosti svazku elektronů, nezpůsobují odchylku od přímočarého pohybu? Jaký bude poloměr trajektorie elektronů, jestliže se elektrické pole zruší?

57. Napětí mezi duanty cyklotronu je $U = U_0 \sin \omega t$, kde $U_0 = 2 \cdot 10^4$ V, a frekvence napětí $f = 2,25 \cdot 10^7$ Hz. Urychlují se jednomocné ionty. Iont začíná pohyb mezi duanty. Oběhne-li několikrát, dosáhne rychlosti $v = 4,4 \cdot 10^7$ m·s⁻¹. Určete počet půlkružnic, které iont oběhl; poloměr první a poslední kružnice, jestliže vzdálenost mezi duanty urazí iont při maximálním napětí. Hmotnost iontu je 1800× větší než klidová hmotnost elektronu.

58. Elektron vletí do homogenního magnetického pole s indukcí $B = 0,01$ T rychlostí o velikosti $v = 10^4$ m·s⁻¹, která svírá se směrem indukce úhel $\vartheta = 30^\circ$. Určete poloměr závitů šroubovice, po které se elektron bude pohybovat; výšku jednoho závitů; čas, za který urazí dráhu $s = 1$ m ve směru osy šroubovice.

Optika

59. Korková zátka plave na hladině rybníka, jehož hloubka je $h = 1,6$ m. Kde se nachází stín zátky na dně rybníku, když Slunce právě zapadá? Index lomu vody $n = 1,33$.

60. Tenká ploskodutá čočka je ponořená ve vodorovné poloze do vody tak, že prostor pod ní je vyplněn vzduchem. Optická mohutnost soustavy $\Phi = -2,6$ D. Určete poloměr křivosti čočky. Index lomu skla $N_1 = 1,5$; index lomu vody $N_2 = 1,33$.

61. Ohnisková vzdálenost objektivu mikroskopu je $f_1 = 3$ mm a okuláru $f_2 = 3$ cm. Délka mikroskopu $d = 16$ cm. Určete, do jaké vzdálenosti před objektiv je třeba umístit předmět, aby oko mohlo pozorovat obraz v mikroskopu z konvenční zrakové vzdálenosti $l = 25$ cm.

62. Optická mřížka má 1000 vrypů na 1 mm. Pro které vlnové délky dává pouze maximum 1. a 2. řádu? Jak daleko od nultého maxima vznikne na stínítku

maximum 1. řádu pro vlnovou délku 500 nm, je-li stínítko vzdáleno $l = 2$ m od mřížky?

63. Na ohybovou mřížku, která má 100 vrypů na 1 mm, dopadá kolmo rovnoběžný svazek červené složky spektra ($\lambda_c = 700$ nm). Určete, v jaké vzájemné vzdálenosti budou první a třetí světlý pás na stínítku umístěném ve vzdálenosti 100 cm od mřížky.

64. Dvě žárovky, které jsou ve vzájemné vzdálenosti 3 m od sebe, osvětlují z obou stran neprůhledné stínítko tak, že osvětlení obou stran stínítka je stejné. Žárovka o svítivosti 25 cd je ve vzdálenosti 1 m od stínítka. Jaká je ve směru kolmém na stínítko svítivost druhé žárovky?

65. Stůl je osvětlený dvěma žárovkami o stejné svítivosti $I = 200$ cd. Vzdálenost mezi žárovkami $d = 1$ m. Žárovky jsou ve výšce $h = 2$ m nad rovinou stolu. Vypočítejte intenzitu osvětlení: a) v bodech pod žárovkami, b) uprostřed mezi těmito body

Speciální teorie relativity

66. Jakou rychlostí se vzdaluje od Země raketa, jestliže pro pozorovatele na Zemi je její délka ve srovnání s délkou klidovou poloviční?

67. Elementární částice *mion*, která vzniká ve vrstvách atmosféry asi 15 km nad povrchem Země, má střední dobu života v klidové soustavě zhruba $2,2 \mu\text{s}$ a pohybuje se vzhledem k Zemi rychlostí přibližně $0,9998c$. Je možné miony detekovat na povrchu Země? Řešte klasicky i relativisticky; řešení porovnejte.

68. Jaké napětí elektrostatického pole by bylo zapotřebí podle klasické teorie na to, aby elektron v tomto poli získal rychlost světla? Jakou rychlost získá elektron v elektrickém poli o takovém napětí podle relativistické mechaniky?

Fyzika mikrosvětla

69. Jaká je rychlost fotoelektronů vystupujících z povrchu stříbra osvětleného monochromatickým světlem vlnové délky $15 \cdot 10^{-8}$ m, jestliže vlnová délka světla, při které se začne u stříbra projevovat fotoelektrický jev, je $26 \cdot 10^{-8}$ m?

70. Laser o výkonu P vysílá světlo o vlnové délce λ . Určete a) energii E emitovaného fotonu v jednotkách joule a elektronvolt; b) velikost hybnosti p emitovaného fotonu; c) energii E' vyzářenou laserem za dobu t_1 ; d) počet N

vyzářených fotonů za dobu t_2 ; e) hmotnost m fotonu vysílaného světla. Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $P = 4 \text{ mW}$, $\lambda = 632,8 \text{ nm}$, $t_1 = 10 \text{ s}$, $t_2 = 1 \text{ s}$.

71. Speciální zdroj vyzářuje monofrekvenční světlo o vlnové délce λ . Jeho příkon je P_0 a účinnost převodu elektrické energie na světlo je η . Zjistěte a) výkon P zdroje a energii E vyzářenou tímto zdrojem za dobu t ; b) počet N vyzářených fotonů za dobu t ; c) velikost hybnosti p jednoho vyzářeného fotonu; d) zda sodík vykáže vnější fotoelektrický jev pro uvažované světlo, jestliže energie (výstupní práce) potřebná pro emisi elektronu z kovového sodíku je E_v . Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $\lambda = 630 \text{ nm}$, $P_0 = 60 \text{ W}$, $\eta = 93 \%$, $t = 730 \text{ h}$, $E_v = 2,28 \text{ eV}$.

72. Při osvětlení kovové destičky monofrekvenčním světlem o vlnové délce λ_1 nastane vnější fotoelektrický jev. Uvolněné elektrony z kovu mají rychlost v_1 . Při osvětlení téže destičky monofrekvenčním světlem o vlnové délce λ_2 je rychlost uvolněných elektronů v_2 . Z uvedených údajů vypočítejte Planckovu konstantu h pro $\lambda_1 = 420 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 610 \text{ nm}$, $v_1 = 8,15 \cdot 10^5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $v_2 = 5,8 \cdot 10^5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

73. Bohrov model atomu vodíku z roku 1913 postuluje, že elektron se pohybuje po takových kruhových trajektoriích o poloměru r se středem v jádře (tj. protonu), pro něž platí $2\pi m_e v r = nh$, kde v je rychlost elektronu o hmotnosti m_e na příslušné trajektorii o poloměru r a $n \in \mathbf{N}$, $n \geq 1$, udává pořadí trajektorie směrem od jádra. Odvoďte vztahy pro rychlost, poloměr trajektorie a frekvenci oběhu elektronu; vypočítejte velikost těchto veličin pro $n = 1$.

74. Za jaký čas ubyde rozpadem $10 \mu\text{g}$ radioaktivní látky? Původní množství látky je $50 \mu\text{g}$, poločas rozpadu je 3 minuty.

75. Blok jaderné elektrárny o elektrickém výkonu P přeměňuje jadernou energii v energii elektrickou s účinností η . Při štěpení jednoho jádra ${}_{92}^{235}\text{U}$ se uvolní energie E_0 . Určete hmotnost uranu, který se spotřebuje v elektrárně za dobu t . Řešte nejprve obecně, pak číselně pro $P = 500 \text{ MW}$, $\eta = 45 \%$, $E_0 = 200 \text{ MeV}$, $t = 1 \text{ den}$.

Aplikace diferenciálního nebo integrálního počtu

76. Dráha hmotného bodu je popsána vztahem $s = k_1(1 - e^{-k_2 t})$, kde k_1 , $k_2 > 0$ jsou reálné konstanty, t je čas v sekundách, s dráha v metrech. Určete vztah pro okamžitou rychlost hmotného bodu a její hodnotu pro $t = 0$. Jaký pohyb koná hmotný bod? (Doložte výpočtem zrychlení.)

77. Vypočtete okamžitou výchylku, velikost rychlosti a velikost zrychlení v čase $t = T/4$ při harmonickém pohybu, který je v koherentních jednotkách SI popsán rovnicí:

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} t.$$

78. V nádobě je voda s hladinou ve výšce h . Jak vysoko nad dnem je třeba udělat otvor ve stěně, aby voda stříkala co nejdále?

79. Určete délku jednozvrtné páky tak, aby ke zdvižení břemene tíhy G_1 (umístěného ve vzdálenosti a od podpěry) bylo třeba nejmenší síly. Lineární hustota materiálu páky je γ . Úlohu řešte obecně, potom pro $G_1 = 1000$ N, $a = 0,64$ m, $\gamma = 8$ kg/m.

80. Křivka popisující Maxwellovo rozdělení rychlostí molekul ideálního plynu, jehož molekuly mají hmotnost m_0 , je dána funkčním předpisem

$$N(v) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{m_0}{kT}\right)^3 v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}.$$

Určete pro danou teplotu T daného plynu nejpravděpodobnější rychlost v_p .

81. Kvádr o hmotnosti m máme vléci rovnoměrným pohybem po vodorovné podložce. Součinitel smykového tření mezi kvádrem a podložkou je f . Určete úhel α mezi působící silou a podložkou tak, aby velikost síly F byla nejmenší.

82. Určete rozměry válcového kotle tak, aby při daném objemu páry V bylo ochlazování páry v kotli nejmenší, tj. aby povrch válce byl minimální.

83. Stanovte, kdy jsou si nejbližší předmět a skutečný obraz vytvořený spojnou čočkou o dané ohniskové vzdálenosti f .

84. Uprostřed nad kruhovou deskou stolu poloměru $R = 1$ m je světelný zdroj. Vypočítejte, do jaké výšky je třeba světelný zdroj posunout, aby intenzita osvětlení okraje stolu byla největší.

85. Silnice široká b metrů je osvětlována sodíkovou výbojkou, která je nad osou silnice. V jaké výšce x nad silnicí musí být výbojka, aby okraj silnice byl co nejvíce osvětlen?

86. Ukažte, že elektrický výkon je při daném zdroji (o elektromotorickém napětí U_e a vnitřním odporu R_i zdroje) maximální, je-li odpor vnější části obvodu R roven vnitřnímu odporu zdroje R_i .

87. Užitím Fermatova principu odvodte zákon lomu světla

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2},$$

kde v_1 , resp. v_2 je rychlost světla v prvním, resp. druhém prostředí.

88. Přivaděč vodní elektrárny má svislou obdélníkovou stěnu o základně a , jež je do výšky h zaplavena vodou. Jakou tlakovou silou působí voda na tuto stěnu?

89. Určete velikost hydrostatické tlakové síly, která působí na plášť válce výšky v a poloměru R , zcela zaplněného kapalinou o hustotě ρ .

90. Přehradní hráz má tvar rovnoramenného lichoběžníka. Voda sahá do výšky $h = 50$ m; této výšce je šířka hráze $a = 80$ m, u dna je šířka $b = 50$ m. Vypočítejte tlakovou sílu, kterou voda působí na hráz.

91. Určete práci potřebnou k vynesení družice o hmotnosti m do výšky h nad povrch Země. Předpokládejte, že jsou známy hmotnost M a poloměr R Země. Neuvažujte kinetickou energii družice. Gravitační pole Země nelze (v řešeném problému) pokládat za homogenní!

92. Vypočítejte práci, kterou musíme vykonat, abychom vyčerpali nádrž tvaru polokoule, je-li naplněna do poloviny vodou. Poloměr je $r = 2$ m.

93. Vypočítejte práci, kterou vykoná ideální plyn při isothermické expanzi, jestliže jeho počáteční objem je $V_1 = 10$ dm³ a tlak $p_1 = 10^3$ kPa; konečný tlak po expanzi je $p_2 = 10^2$ kPa.

94. Jak velkou práci musíme vykonat při adiabatickém stlačení vodíku na polovinu původního objemu $V_1 = 1$ m³, byl-li počáteční tlak $p_1 = 2 \cdot 10^5$ Pa?

95. Určete moment setrvačnosti homogenní velmi tenké tyče délky l a hmotnosti m vzhledem k ose procházející těžištěm kolmo na tyč.

96. Tenká homogenní tyč délky l je otáčivá kolem vodorovné osy procházející jedním koncem tyče. Jakou rychlost musíme udělit druhému koncovému bodu tyče, aby se dostala z rovnovážné polohy stálé do rovnovážné polohy vratké? Délka tyče $l = 60$ cm.

97. Určete polohu těžiště pevné tenké homogenní desky omezené obloukem paraboly $y^2 = 2px$ a přímkou $x = a$; $p, a \in \mathbf{R}_+$.

98. Určete polohu těžiště homogenního tělesa tvaru rotačního kužele, který má poloměr podstavy R a výšku h .

99. Z desky velmi malé tloušťky h , z materiálu s měrným odporem ρ vyřízneme rovinný prstenec tvaru mezikruží s vnitřním poloměrem R_1 a vnějším poloměrem R_2 . Jaký bude odpor tohoto prstence, jestliže a) prstenec radiálně rozřízneme a okraje řezu budou tvořit přívody proudu, b) přívody proudu budou obě ohraničující kružnice?

100. Předpokládejte, že rychlost rozpadu radioaktivních jader je úměrná počtu těchto jader, tedy

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N;$$

na základě tohoto předpokladu odvoďte rozpadový zákon.

OBSAH

Úvodní poznámka editora	2
Uspořádání maturitní zkoušky z fyziky	3
Přehled maturitních témat	4
Mechanika	9
Molekulová fyzika a termika	11
Mechanické kmitání a vlnění	13
Elektřina a magnetismus	13
Optika	16
Speciální teorie relativity	17
Fyzika mikrosvěta	17
Aplikace diferenciálního nebo integrálního počtu	18

Sazba: Honsoft, 2022

