

# OBSAH

Předmluva .....	7
<b>1 Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2 Mechanika</b>	
2.1 Kinematika .....	17
2.2 Dynamika .....	30
2.3 Mechanická práce a energie .....	42
2.4 Gravitační pole .....	52
2.5 Mechanika tuhého tělesa .....	61
2.6 Mechanika tekutin .....	80
<b>3 Molekulová fyzika a termodynamika</b>	
3.1 Základní poznatky .....	95
3.2 Plyny .....	111
3.3 Pevné látky .....	121
3.4 Kapaliny a páry .....	130
3.5 Změny skupenství .....	134
<b>4 Mechanické kmitání a vlnění</b>	
4.1 Mechanické kmitání .....	149
4.2 Mechanické vlnění .....	158
4.3 Akustika .....	160
<b>5 Elektřina a magnetismus</b>	
5.1 Elektrické pole .....	164
5.2 Elektrický proud v pevných látkách .....	175
5.3 Elektrický proud v kapalinách a plynech .....	196
5.4 Magnetické pole .....	201
5.5 Střídavý proud .....	211
5.6 Elektronika. Elektromagnetické vlnění .....	221
<b>6 Optika</b>	
6.1 Světlo jako vlnění .....	226
6.2 Paprsková optika .....	227
6.3 Kvantová optika .....	233
6.4 Fotometrie .....	234

<b>7</b>	<b>Atomová fyzika</b>	
7.1	Fyzika elektronového .....	235
7.2	Jádro atomu .....	235
7.3	Radioaktivita. Jaderná energie .....	237
	<b>Výsledky úloh</b> .....	239
	<b>Použitá literatura</b> .....	298

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

# 1 ÚVOD

*Obsah, význam a metody fyziky  
Veličiny a jednotky, soustava SI  
Základy měření  
Hustota tělesa*



## **OBSAH, VÝZNAM A METODY FYZIKY**

1. Na základě znalostí ze základní školy uveďte alespoň tři příklady využití fyzikálních poznatků v technických zařízeních.
2. Vysvětlete vzájemný vztah fyziky a ostatních věd na konkrétních příkladech přírodních, technických a společenských věd.
3. Rozlište v uvedených případech pozorování a pokusy:
  - a) určení hustoty látky z hmotnosti a objemu,
  - b) sledování zatmění Slunce,
  - c) sledování růstu teploty pomocí teploměru při zahřívání vody na vařiči,
  - d) určení odporu žárovky z měření proudu a napětí,
  - e) studium změn hvězdné oblohy,
  - f) studium pohybu ledových ker na vodě,
  - g) ověření podmínek rovnováhy na páce,
  - h) studium vývoje oblačnosti.
4. Uveďte sami další příklady fyzikálních pozorování a pokusů.

## **VELIČINY A JEDNOTKY, SOUSTAVA SI**

- \*5. Vyberte, které z následujících veličin jsou skalární a které vektorové:
- |             |             |                     |
|-------------|-------------|---------------------|
| a) hmotnost | d) rychlost | g) mechanická práce |
| b) hustota  | e) objem    |                     |
| c) čas      | f) síla     |                     |
6. Vyjádřete pomocí základních a odvozených jednotek soustavy SI:

- |             |               |            |              |
|-------------|---------------|------------|--------------|
| a) 12 dm    | e) 0,001 5 MN | i) 357 mA  | m) 37 000 nm |
| b) 4 600 mm | f) 1,6 kPa    | j) 0,56 km | n) 0,12 MV   |
| c) 0,075 Mg | g) 250 cm     | k) 650 ms  |              |
| d) 22 kV    | h) 0,24 MPa   | l) 290 kN  |              |

7. Převeďte na jednotky uvedené v závorce:

- |                 |                  |                    |
|-----------------|------------------|--------------------|
| a) 150 mm (cm)  | d) 0,005 km (cm) | g) 0,000 6 kg (mg) |
| b) 6 000 mm (m) | e) 8,5 t (kg)    | h) 4,5 m (mm)      |
| c) 320 dm (mm)  | f) 54 000 kg (t) |                    |

\*8. Vyjádřete v jednotkách uvedených v závorce:

- |  |  |  |
|--|--|--|
| a) 120 cm <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )   | f) 0,008 km <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | k) 0,009 2 m <sup>3</sup> (cm <sup>3</sup> ) |
| b) 0,6 m <sup>2</sup> (dm <sup>2</sup> )   | g) 0,46 km <sup>2</sup> (ha)               | l) 4 hl (m <sup>3</sup> )                    |
| c) 25 mm <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )    | h) 0,12 m <sup>3</sup> (dm <sup>3</sup> )  | m) 18 000 cm <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )  |
| d) 0,002 m <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> ) | i) 5 600 ml (dm <sup>3</sup> )             | n) 260 000 mm <sup>3</sup> (l)               |
| e) 0,056 ha (m <sup>2</sup> )              | j) 4,7 m <sup>3</sup> (l)                  |  |

9. Při vyjádření následujících fyzikálních veličin použijte předpony vhodné pro praxi:

- |              |             |                |            |
|--------------|-------------|----------------|------------|
| a) 840 000 g | d) 48 000 l | g) 0,42 m      | j) 0,036 l |
| b) 0,005 6 m | e) 0,058 g  | h) 9 000 000 g |            |
| c) 0,004 s   | f) 0,8 m    | i) 2 400 m     |            |

\*10. V praxi nebo v literatuře se občas setkáváme s jednotkami dosud užívanými v anglosaských zemích nebo jednotkami dříve používanými u nás. Pro délku např. yard (čti jard), foot (čti fút) — česky anglická stopa, inch (čti inč) — česky anglický palec, mile, námořní míle. Pro objem např. gallon (UK) — jednotka anglická, gallon (US) — jednotka americká, pint (UK) (čti paint), barrel (US). Pro hmotnost např. pound (čti paund) — česky libra. Pro tlak např. fyzikální atmosféra. Tyto jednotky nejsou zákonnými jednotkami, jejich používání není u nás povoleno. Opravte tedy následující text tak, aby obsahoval pouze jednotky soustavy SI nebo vedlejší jednotky; použijte převodní vztahy uvedené v MFCHT.

- Teď už jsem chlap jak hora, šest stop a palců pět...
- Stříleli do terče vzdáleného jedenáct yardů.
- Kůň už je unaven a do cíle zbývá ještě sedm mil.
- Parník plul po moři rychlostí devět mil za hodinu.
- Potrubi má průměr pět palců.

63. Měděné venkovní vedení má délku 1 km a hmotnost 37,5 kg. Vypočtete obsah průřezu vedení.
64. Určete hmotnost hliníkového vodiče, jehož průměr je 2,5 mm a délka 600 m.
65. Katoda má povrch  $2,5 \text{ dm}^2$ . Při pokovování se za jednu hodinu vyloučilo z roztoku 1185 mg mědi. Jaká je průměrná tloušťka vrstvy mědi, kterou je pokryta katoda?
66. Určete obsah průřezu železného jádra cívky elektromagnetu, jehož délka je 15 cm a hmotnost 1,18 kg.
67. Jakou hmotnost má železné jádro cívky obdélníkového průřezu o rozměrech  $(2 \times 3) \text{ cm}$ , jehož délka je 20 cm?
- \*68. Dřevěný model pro výrobu formy na odlévání ozdobné nádoby má hmotnost 140 g. Z jaké látky je pak pravděpodobně zhotoven odlitek, má-li hmotnost 2 kg? Předpokládáme, že hustota dřeva je  $600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

*Řešení*

$$m_1 = 140 \text{ g} = 0,14 \text{ kg}, m_2 = 2 \text{ kg}, \rho_1 = 600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}; \rho_2 = ?$$

Předpokládejme, že objem  $V_1$  modelu je stejný jako objem  $V_2$  odlitku, platí tedy  $V_1 = V_2$ ,  $\frac{m_1}{\rho_1} = \frac{m_2}{\rho_2}$ . Úpravou posledního vztahu dostaneme obecné

řešení  $\rho_2 = \frac{\rho_1 m_2}{m_1}$ . Po dosazení zadaných hodnot vypočítáme hledanou

hustotu  $8570 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Pomocí MFCHT zjistíme, že uvedenou hustotu má mosaz.

Odlitek je pravděpodobně zhotoven z mosazi.

- \*69. Určete hmotnost žulového pomníku, má-li jeho sádrový odlitek hmotnost 2,4 t. Hustota žuly je  $2800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , průměrná hustota sádry je  $0,8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .
- \*70. Kolik hektolitrů vody vznikne, roztaje-li ledová kra o objemu  $60 \text{ m}^3$ ? Hustota ledu je  $0,9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .
71. Vypočtete, kolik kilogramů čerstvě napadaného sněhu musíme rozpustit k získání 20 l vody. Jaký je objem tohoto sněhu, jehož objemová hmotnost je  $125 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ?
- \*72. Kolik děrovaných cihel o objemové hmotnosti  $1250 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  uvezeme na vleče o nosnosti 3 t, mají-li cihly rozměry  $(360 \times 240 \times 140) \text{ mm}$ ?

# 2 MECHANIKA

## 2.1 KINEMATIKA

*Hmotný bod, klid, pohyb*

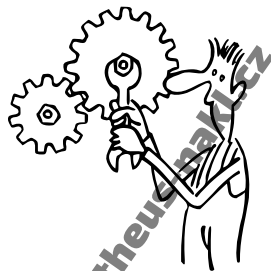
*Základní pojmy a veličiny z kinematiky*

*Rovnoměrný pohyb*

*Nerovnoměrné pohyby*

*Rovnoměrný pohyb po kružnici*

*Skládání pohybů*



2

### HMOTNÝ BOD, KLID, POHYB

1. Z uvedených případů vyberte situace, při nichž lze zvolené těleso považovat za hmotný bod:
  - a) Země při svém pohybu kolem Slunce
  - b) automobil při zajíždění do řady aut
  - c) předjížděný nákladní automobil,
  - d) nákladní vlak při vjezdu do tunelu,
  - e) maratónský běžec na trati dlouhé 42 km,
  - f) sklápěč při odvozu materiálu z lomu vzdáleného 30 km.
2. Uveďte sami nejméně pět dalších příkladů, kdy lze těleso nahradit hmotným bodem.
3. Může vzduchoplavec letící v husté neprůhledné mlze v balonu pohybujícím se rovnoměrným pohybem určit bez přístrojů, zda stoupá, klesá či zda se vůbec pohybuje?
4. S čím spojuje pozemský pozorovatel vztažnou soustavu, tvrdí-li, že Slunce vychází a zapadá?
5. Mobilní plošina s člověkem se pohybuje směrem vzhůru stálou rychlostí  $40 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ .
  - a) Určete vztažnou soustavu, vzhledem k níž je tento člověk v klidu.
  - b) Určete rychlost jeho pohybu vzhledem k soustavě spojené s povrchem Země.

# 4 MECHANICKÉ KMITÁNÍ A VLNĚNÍ

## 4.1 MECHANICKÉ KMITÁNÍ

*Kinematika harmonického pohybu  
Dynamika mechanického oscilátoru  
Nucené mechanické kmitání*



 *Poznámka:* V úlohách této kapitoly dosazujte  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

### KINEMATIKA HARMONICKÉHO POHYBU

1. Určete periodu pohybu v těchto případech:
  - a) pohyb malé hodinové ručičky,
  - b) pohyb velké ručičky hodinek,
  - c) pohyb Země kolem Slunce,
  - d) otáčení Země kolem osy,
  - e) pohyb trolejbusu, který projede svou trasu za hodinu třikrát.
2. Vypočítejte frekvenci:
  - a) tělesa zavěšeného na pružině a kmitajícího s dobou kmitu 0,4 s,
  - b) struny  $a$  na houslích, vydávající tón o periodě 2,27 ms,
  - c) kyvadla, které za půl minuty vykoná 60 kmitů,
  - d) stahů srdečního svalu při periodě 0,75 s.
3. Jaká je perioda:
  - a) střídavého proudu v elektrické síti o frekvenci 50 Hz,
  - b) tónu o frekvenci 600 Hz,
  - c) kmitání při základní technické frekvenci 1 kHz,
  - d) kmitání procesoru počítače o frekvenci 100 MHz,
  - e) brusky, která vykoná 3 600 otáček za minutu?
4. Kyvadlo vykoná 180 kmitů za minutu. Určete: a) frekvenci v Hz, b) periodu v sekundách.

## 4.2 MECHANICKÉ VLNĚNÍ

64. Vysvětlete:

- co může být zdrojem mechanického vlnění,
- proč se mechanické vlnění nemůže šířit ve vakuu,
- proč se mechanické vlnění šíří rychleji v pevných látkách a kapalinách než ve vzduchu.

65. a) Čím se navzájem liší příčné a podélné vlnění?

- Uveďte příklady postupného příčného a podélného vlnění ze svého okolí nebo praxe.

66. a) Proč mořské vlny při přibližování ke břehu zvětšují výšku tak, že mohou dosáhnout až 40 m?

- Když se mořské vlny o malé amplitudě přibližují ke břehu, vznikají pěnivé hřebeny. Čím je to způsobeno?

67. Od zdroje se betonovou zdí šíří mechanické vlnění rychlostí  $1\,700\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Perioda vlnění je 4,0 ms. Určete:

- vlnovou délku vlnění v betonové zdi,
- vlnovou délku téhož vlnění v cihlové zdi, v níž je rychlost vlnění  $3\,600\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

68. Lidské ucho je schopno vnímat mechanické vlnění v rozmezí frekvencí 16 Hz až 20 kHz. Vypočtete, jaké jsou vlnové délky odpovídající těmto krajním frekvencím ve vzduchu při teplotě  $20^\circ\text{C}$ .

*Řešení*

$$f_1 = 16\text{ Hz}, f_2 = 20\text{ kHz} = 20\,000\text{ Hz}, (v = 343\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}); \lambda_1 = ?, \lambda_2 = ?$$

Vlnovou délku vlnění vypočteme pomocí vztahu  $\lambda = \frac{v}{f}$ ; rychlost pro danou teplotu určíme z MFCHT. Pro zadané hodnoty  $\lambda_1 = 21,4\text{ m}$  a  $\lambda_2 = 17\text{ mm}$ . Příslušné vlnové délky jsou 21,4 m a 17 mm.

69. Jaká je vlnová délka komorního  $a$  o frekvenci 440 Hz při teplotě  $20^\circ\text{C}$ :

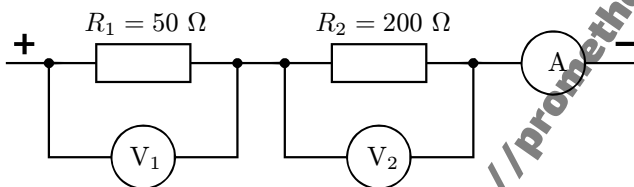
- ve vzduchu, b) ve vodě, c) ve skle?

70. Zvolená frekvence ultrazvuku je 60 MHz. Vypočítejte vlnovou délku: a) ve vzduchu, b) v korku, c) v cihlovém zdivu při teplotách okolo  $20^\circ\text{C}$ .



## SPOJOVÁNÍ REZISTORŮ

159. Spotřebič má odpor  $12 \Omega$ , přívodní části  $2,2 \Omega$ . Vypočtete velikost proudu v obvodu, je-li elektromotorické napětí akumulátoru v něm zapojeného  $12 \text{ V}$  a jeho vnitřní odpor  $0,03 \Omega$ .
160. Voltmetrem  $V_1$  v obvodu na obr. 28 naměříme napětí  $6 \text{ V}$ . Jakou hodnotu proudu naměříme ampérmetrem a jakou hodnotu napětí voltmetrem  $V_2$ ?



Obr. 28

161. Dvě žárovky o odporech  $12 \Omega$  a  $16 \Omega$  jsou zapojeny za sebou a připojeny na napětí  $42 \text{ V}$ . Vypočtete:
- proud v obvodu,
  - napětí na každé žárovce.
162. Tři rezistory o odporech  $20 \Omega$ ,  $40 \Omega$  a  $80 \Omega$  jsou spojeny za sebou a připojeny na napětí  $210 \text{ V}$ . Určete:
- napětí na jednotlivých rezistorech,
  - proud protékající obvodem.
163. Rezistory o odporech  $80 \Omega$ ,  $140 \Omega$  a  $240 \Omega$  jsou spojeny sériově a připojeny na napětí  $230 \text{ V}$ .
- Jaké napětí naměříme na každém z nich?
  - Jaký proud prochází obvodem?
- \*164. Dva spotřebiče s odpory  $R_1$  a  $R_2$  jsou spojeny do série a připojeny ke zdroji napětí  $48 \text{ V}$ . Určete velikost odporu  $R_2$ , jestliže  $R_1 = 20 \Omega$  a obvodem protéká proud  $600 \text{ mA}$ . Vypočtete napětí na každém spotřebiči.

Řešení


$$U = 48 \text{ V}, R_1 = 20 \Omega, I = 600 \text{ mA} = 0,6 \text{ A}; R_2 = ?, U_1 = ?, U_2 = ?$$

Celkové napětí  $U = U_1 + U_2$ ; při sériovém zapojení prochází oběma rezistory stejný proud  $I$ , a proto  $U = R_1 I + R_2 I$ . Hledaný odpor  $R_2$

# 6 OPTIKA



## 6.1 SVĚTLO JAKO VLNĚNÍ

 *Poznámka:* V úlohách této kapitoly dosazujte rychlost šíření světla ve vakuu a vzduchu  $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

1. Jaké účinky má: a) infračervené, b) ultrafialové záření a kde se využívá v praxi?
2. Vypočítejte dobu, za kterou světlo dorazí ze Slunce na Zemi. Jakou dráhu za tuto dobu urazí:
  - a) chodec pohybující se rychlostí  $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ,
  - b) zvuk šířící se rychlostí  $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,
  - c) automobil jedoucí rychlostí  $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ,
  - d) letadlo letící rychlostí  $800 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .
3. Při projektu „Luna Sea“ byl laserem vyslán světelný signál na povrch Měsíce a po odrazu se vrátil zpět na Zemi. Jaká doba uplynula mezi vysláním a zachycením odraženého signálu? V okamžiku měření byla vzdálenost Měsíce od Země 385 000 km.
4. V následující tabulce jsou uvedeny některé střední vzdálenosti planet od Slunce:

	Planeta (název)	Vzdálenost od Slunce ( $\cdot 10^6 \text{ km}$ )
a)	Mars	227,80
b)	Jupiter	777,86
c)	Saturn	1 428,47
d)	Uran	2 873,19
e)	Neptun	4 501,51
f)	Pluto	5 908,07

Určete, za jakou dobu dorazí světlo ze Slunce na danou planetu.

5. Jak je od Země vzdálena nejbližší hvězda souhvězdí Proxima Centauri, jestliže od ní světlo dorazí na Zemi za 4,27 roku?
6. Exploze „nové“ hvězdy v souhvězdí Persea nastala v roce 1601. Kdy tuto událost pozorovali na Zemi, byla-li od ní vzdálena  $2\,841 \cdot 10^{12}$  km?
7. Galaxie má průměr 25 000 pc, kde 1 pc je 1,26 l.y. (světelných let). Vypočítejte, za jakou dobu urazí světlo tuto vzdálenost.
8. V roce 1952 byly vyvinuty elektronky pro generaci mikrovln o velmi vysokých frekvencích.
- Jakou vlnovou délku měly ve vzduchu vlny o frekvenci 300 GHz?
  - Jaká byla frekvence zdroje, jestliže elektronka vysílala záření o vlnové délce 50  $\mu\text{m}$  ve vzduchu?
9. Světlem nazýváme elektromagnetické vlnění, jehož vlnové délky ve vakuu jsou od 390 nm do 790 nm. Vypočítejte frekvence odpovídající těmto vlnovým délkám.
10. Které elektromagnetické vlnění má větší frekvenci:
- rentgenové, nebo ultrafialové,
  - ultrafialové, nebo infračervené,
  - světlo, nebo gama-záření?
11. Rozhodněte, které elektromagnetické vlnění má větší vlnovou délku při šíření daným prostředím:
- infračervené, nebo světlo,
  - rentgenové, nebo světlo,
  - gama-záření nebo infračervené záření.


## 6.2 PAPRSKOVÁ OPTIKA

*Přímočaré šíření světla, odraz a lom*

*Zrcadla*

*Čočky*

*Oko, optické přístroje*

-  *Poznámka:* V úlohách této kapitoly dosazujte pro vzduch a vakuum index lomu  $n = 1$ . Úlohy z paprskové optiky řešte buď výpočtem, nebo graficky ve vhodném měřítku.

## 7 ATOMOVÁ FYZIKA

### 7.1 FYZIKA ELEKTRONOVÉHO OBALU

**1.** Rutherfordův (planetární) model: přínosem bylo zjištění, že většina hmotnosti atomu je soustředěna v jádře malých rozměrů. Podle tohoto modelu se elektrony pohybují kolem jádra jako planety kolem Slunce; elektron by ovšem ztrácel energii a zborčil se do jádra. Uvedený nedostatek řešil Bohrův model: zavedl kvantové dráhy odpovídající energetickým stavům, kdy elektron při pohybu na dané dráze má stále stejnou energii. To ovšem odporuje představám kvantové fyziky — kvantový model uvažuje pouze pravděpodobnost výskytu elektronů. **2.** a) V atomu elektrony obsazují nejnížší možné energetické hladiny. b) Elektrony jsou na vyšších energetických hladinách. **3.** a) Dodání energie. b) Přebytečná energie se vyzáří ve formě fotonu. **4.**  $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ ; a) 3,03 eV; b) 2,86 eV; c) 2,55 eV; d) 1,89 eV **5.** a) Při spontánní emisi se atom ze vzbuzeného stavu samovolně vrací do stavu s nižší energií a vyzáří foton. Při stimulované emisi se ve vzbuzeném stavu nachází větší počet atomů, které přejdou na nižší energetickou hladinu najednou po vnějším podnětu; vzniká intenzivní vyzařování. b) Laser. **6.** Má značnou intenzitu a malou šířku svazku paprsků; energie fotonů je soustředěna do malého prostoru. **7.** a) Černý, protože nejvíce absorbuje světlo. b) Pohlcuje více slunečního záření. **8.** Odráží sluneční světlo, a proto má spektrum podobné slunečnímu; v něm můžeme pozorovat slabé absorpční čáry vzniklé pohlcením určitých vlnových délek chemickými prvky na povrchu Měsíce.

### 7.2 JÁDRO ATOMU

**9.** a) 2; b) 9; c) 86; d) 88 **10.** a) 35, 47, 74, 56; b) 45, 61, 110, 81; c) 80, 108, 184, 137 **11.** a)  ${}_{7}^{14}\text{N}$ ; b)  ${}_{17}^{35}\text{Cl}$ ; c)  ${}_{19}^{39}\text{K}$ ; d)  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  **12.** a) 26; b) 38; c) 12; d) 20 **13.** a) 209; b) 131; c) 56; d) 64 **14.** a) Pt; b) Ge; c) S; d) Al **15.** Většina prvků má různé izotopy; relativní atomová hmotnost uváděná v periodické tabulce vyjadřuje poměrné zastoupení nukleonových čísel všech izotopů. **16.** Izotopy mají stejné chemické vlastnosti, které jsou dány stavbou elektronového obalu. Liší se složením jádra, a tedy fyzikálními vlastnostmi, například hustotou, teplotou tání, varu a podobně. **17.** Odlišují se počtem neutronů v jádře: a)  ${}_{1}^{1}\text{H}$  nemá neutrony,  ${}_{1}^{2}\text{H}$  má jeden a  ${}_{1}^{3}\text{H}$  dva neutrony; b) druhý izotop má navíc dva neutrony **18.**  $6,645\,705 \cdot 10^{-27}$  kg **19.** a) 32 MeV; b) 1780 MeV **20.**  $0,103 \cdot 10^{-27}$  kg