

**Státní bakalářská zkouška 3. 6. 2014**  
Fyzika (učitelství)  
Zkouška - teoretická fyzika (**test s řešením**)

Jméno:

**Pokyny k řešení testu:**

- Ke každé úloze je správně pouze jedna odpověď.
- Čas k řešení je 120 minut (6 minut na úlohu): snažte se nejprve rychle vyřešit ty nejsnazší úlohy, pak se vraťte ke složitějším.
- Při řešení smíte používat kalkulačku.
- Fyzikální konstanty a materiálové parametry, které budete při řešení potřebovat, jsou na konci testu.
- Pracujte samostatně! Při pokusu o spolupráci s ostatními by Váš test byl okamžitě ukončen.
- Pokud si budete myslet, že žádná z nabízených odpovědí není správná, uveďte vlastní řešení. Pokud si přesto nejste jisti svým výsledkem, můžete tipovat - za špatnou odpověď se body nestrhávají.

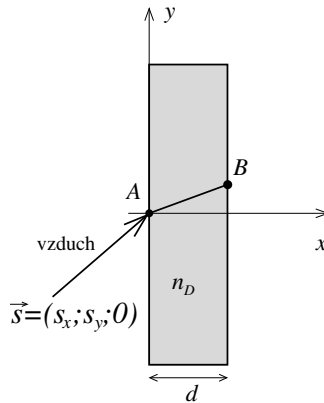
**Úlohy**

1. Proton se pohybuje rychlostí 150 000 km/s. Jaké *relativní* chyby se dopustíme, jestliže kinetickou energii tohoto protonu vypočteme podle nerelativistické Newtonovy mechaniky?  
a) 5 %                      b) 20 %                      c) 0,05 %  
d) 0,1 %                    e) 45 %                      f) 0,2 %
2. Za jak dlouho bude preparát s 18  $\mu\text{g}$  polonia  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  obsahovat 2,3  $\mu\text{g}$  této látky?  
a) za 140 dní                b) za 290 dní                c) za 15 dní  
d) za 415 dní                e) za 790 dní                f) za 960 dní
3. V laboratoři měříme teplotu kapalinovými teploměry. Odhadněte měřící rozsah lihového a rtuťového teploměru. Víme, že baňka ze skla, která je naplněna lihem popř. rtutí, má objem 5,0  $\text{cm}^3$ , kapilára má délku 15 cm a obsah vnitřního řezu 1  $\text{mm}^2$ .  
a) lihový 45°C, rtuťový 275°C  
b) lihový 58°C, rtuťový 190°C  
c) lihový 27°C, rtuťový 167°C  
d) lihový 90°C, rtuťový 90°C  
e) lihový 170°C, rtuťový 55°C  
f) lihový 240°C, rtuťový 22°C

4. Ve vakuu (volném prostoru) se šíří rovinná elektromagnetická vlna, popsaná vektorem elektrické intenzity  $\vec{E} = \vec{e}_y \exp[i(\omega t - kx)]$  V/m, kde  $\vec{e}_y$  je jednotkový vektor orientovaný v kladném směru osy  $y$  ortogonálního pravotočivého systému. Najděte vektor magnetické intenzity  $\vec{H}$  této vlny a vztah pro efektivní (časově střední) Poyntingův vektor  $\vec{P}_{\text{ef}}$ .

- a)  $\vec{H} = \vec{e}_x 120\pi \exp[i(\omega t - kx)]$  A/m,  $\vec{P}_{\text{ef}} = \vec{e}_x 120\pi$  W/m<sup>2</sup>  
 b)  $\vec{H} = \vec{e}_y 120\pi \exp[i(\omega t - kx)]$  A/m,  $\vec{P}_{\text{ef}} = \vec{e}_z 60\pi$  W/m<sup>2</sup>  
 c)  $\vec{H} = -\vec{e}_z \frac{1}{120\pi} \exp[i(\omega t - kx)]$  A/m,  $\vec{P}_{\text{ef}} = \vec{e}_y \frac{1}{240\pi}$  W/m<sup>2</sup>  
 d)  $\vec{H} = -\vec{e}_x \frac{1}{240\pi} \exp[i(\omega t - kx)]$  A/m,  $\vec{P}_{\text{ef}} = \vec{e}_z \frac{1}{120\pi}$  W/m<sup>2</sup>  
 e)  $\vec{H} = \vec{e}_z \frac{1}{120\pi} \exp[i(\omega t - kx)]$  A/m,  $\vec{P}_{\text{ef}} = \vec{e}_x \frac{1}{240\pi}$  W/m<sup>2</sup>  
 f)  $\vec{H} = \vec{e}_z 240\pi \exp[i(\omega t - kx)]$  A/m,  $\vec{P}_{\text{ef}} = \vec{e}_x 240\pi$  W/m<sup>2</sup>

5. Na planparalelní skleněnou destičku umístěnou ve vzduchu dopadá monochromatická rovinná vlna, jejíž vlnová délka odpovídá žlutému světlu čáry  $D$ . Umístění destičky je znázorněno v obrázku a šíření dopadající vlny je určeno jednotkovým směrovým vektorem  $\vec{s} = (0,81912; 0,57357; 0)$ . Destička je vyrobena z lehkého korunového skla a její tloušťka je 15 mm. Určete optickou dráhu paprsku rovinné vlny při průchodu destičkou mezi body A a B.



- a) 24,55 mm                      b) 5,238 mm                      c) 8,184 mm  
 d) 19,56 mm                      e) 12,95 mm                      f) 9,987 mm

6. V nádobě je dusík  $N_2$  o teplotě  $27^\circ\text{C}$  a tlaku 4 MPa. Jaký bude jeho tlak, jestliže z nádoby vypustíme 25% plynu a jeho teplota při tom klesne o  $15^\circ\text{C}$ ?

- a)  $8,9 \times 10^5$  Pa                      b)  $0,11 \times 10^5$  Pa                      c)  $1,9 \times 10^6$  Pa  
 d)  $1,9 \times 10^5$  Pa                      e)  $2,9 \times 10^6$  Pa                      f)  $5,2 \times 10^4$  Pa

7. Lukostřelec zkoušel nový luk a zjistil, že maximální vzdálenost, do které může jeho šíp o hmotnosti 85 g doletět, je 111 m. Jakou maximální rychlost dokáže luk šípů udělit?

- a) 15 m/s                      b) 21 m/s                      c) 25 m/s  
 d) 29 m/s                      e) 33 m/s                      f) 37 m/s

8. Spojná čočka vytváří obraz s příčným měřítkem zobrazení  $m_1 = -3$ . Jestliže přiblížíme předmět k čočce o 20 mm, změní se příčné měřítko zobrazení na hodnotu  $m_2 = -5$ . Jaká je ohnisková vzdálenost čočky?

- a)  $f' = 10$  mm,                      b)  $f' = 20$  mm,                      c)  $f' = 30$  mm,  
 d)  $f' = 50$  mm,                      e)  $f' = 150$  mm,                      f)  $f' = 240$  mm,

9. Na svah délky  $s_1 = 60$  m se stálým sklonem navazuje vodorovná rovina. Chlapec na vrcholu svahu nasedl na saně a z klidu začal sjíždět dolů. Na vodorovné rovině pod svahem pak zastavil na dráze  $s_2 = 20$  m během doby  $t_2 = 8$  s. Předpokládáme-li, že součinitel smykového tření je po

celou dobu pohybu konstantní, určete celkový čas pohybu z vrcholu svahu až po zastavení.

- a) 12,2 s                      b) 16,5 s                      c) 29,7 s  
d) 32,0 s                      e) 39,1 s                      f) 44,0 s

10. Jak se změní entropie vody, pokud při teplotě  $0^{\circ}\text{C}$  roztaje 10 g ledu?

- a) vzroste o 3,1 kJ/K                      b) klesne o 3,1 kJ/K                      c) vzroste o 12 J/K  
d) klesne o 12 J/K                      e) vzroste o 210 J/K                      f) klesne o 210 J/K

11. Těleso o hmotnosti 180 g je zavěšeno na pružině o tuhosti 20,0 N/m. V čase  $t_0 = 0$  s se nachází 1,00 cm pod rovnovážnou polohou a pohybuje se rychlostí 20,0 cm/s směrem vzhůru. Jakou rychlostí se bude pohybovat v čase  $t = 500$  ms?

- a) 8,2 cm/s směrem dolů  
b) 1,6 cm/s směrem vzhůru  
c) 12 cm/s směrem dolů  
d) 22 cm/s směrem vzhůru  
e) 24 cm/s směrem dolů  
f) 37 cm/s směrem vzhůru

12. Odhadněte hustotu polarizačních nábojů na povrchových rovinách slídkové destičky o tloušťce 2 mm, která je izolátorem v rovinném kondenzátoru nabitým na napětí 400 V.

- a)  $1 \times 10^{-5} \text{ C m}^{-2}$                       b)  $2 \times 10^{-4} \text{ C m}^{-2}$                       c)  $3 \times 10^{-6} \text{ C m}^{-2}$   
d)  $4 \times 10^{-7} \text{ C m}^{-2}$                       e)  $5 \times 10^{-9} \text{ C m}^{-2}$                       f)  $8 \times 10^{-7} \text{ C m}^{-2}$

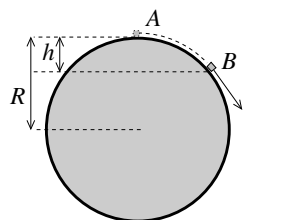
13. Mezi dvěma svislými vodivými deskami, jejichž vzdálenost je 8 mm, padá olejová kapka o hmotnosti  $9,0 \times 10^{-14}$  kg, nabitá nábojem odpovídajícím stu elementárních nábojů. Určete úhel, pod kterým bude kapka padat po připojení napětí  $U = 450$  V na vodivé desky.

- a)  $0^{\circ}23'$                       b)  $1^{\circ}40'$                       c)  $8^{\circ}$   
d)  $26^{\circ}$                       e)  $45^{\circ}$                       f)  $68^{\circ}$

14. Na laně provlečeném přes pevnou kladku visí na jednom konci závaží o hmotnosti 4 kg a na druhém konci závaží o hmotnosti 6 kg. Soustava těles se dá do pohybu. Určete sílu, kterou je napínáno lano. Hmotnost lana a kladky zanedbejte.

- a) 98 N                      b) 47 N                      c) 56 N  
d) 82 N                      e) 34 N                      f) 28 N

15. Z nejvyššího bodu  $A$  koule o poloměru  $R$  klouže bez tření malé těleso po povrchu koule dolů a v bodě  $B$  se od koule oddělí. Jakou rychlostí se těleso pohybuje v bodě  $B$ ?



- a)  $v = \sqrt{\frac{gR}{2}}$                       b)  $v = \frac{g^2}{2R}$                       c)  $v = \sqrt{\frac{2gR}{3}}$   
d)  $v = \frac{2g^2}{5R}$                       e)  $v = \sqrt{\frac{5gR}{6}}$                       f)  $v = \frac{g^2}{R}$

16. Dvě cívky mají vůči sobě pevnou polohu, cívka 1 je připojena ke zdroji střídavého proudu, cívka 2 o dvacetinásobném počtu závitů je zapojena naprázdno. Pokud první cívkou teče proud o efektivní hodnotě 36 mA a frekvenci 50 Hz, ve druhé cívice se indukuje napětí o efektivní hodnotě 96 mV. Jaká je vzájemná indukčnost cívek?
- a) 5,2 mH                      b) 30  $\mu$ H                      c) 0,48 H  
d) 8,5 mH                      e) 140  $\mu$ H                      f) 7,8 nH
17. V tabulce jsou uvedena kvantová čísla pro pět stavů atomu vodíku. Která z nich nejsou možná?

	$n$	$l$	$m_l$	$s$
<i>a</i>	3	2	0	$\frac{1}{2}$
<i>b</i>	2	3	1	$-\frac{1}{2}$
<i>c</i>	4	3	-4	$\frac{1}{2}$
<i>d</i>	5	5	0	$-\frac{1}{2}$
<i>e</i>	5	3	-2	$\frac{1}{2}$

- a) nemožná jsou *a, c, d*                      b) nemožná jsou *b, c, d*                      c) nemožná jsou *a, d*  
d) všechny jsou možné                      e) nemožná jsou *b, e*                      f) žádný není možný
18. Tepelný stroj pracuje jako Carnotův cyklus tak, že odebírá teplo z ohříváče o teplotě 250°C a odpadní teplo předává do chladiče o teplotě 25°C. Kolik tepla musí odebrat z ohříváče, aby mohl vykonat práci 150 J?
- a) 518 J                      b) 349 J                      c) 273 J  
d) 167 J                      e) 135 J                      f) 120 J
19. Elektrické pole v okolí počátku souřadnicové soustavy je popsáno skalárním potenciálem  $\varphi(x, y, z)$ . Víme, že v této oblasti se nenachází elektrické náboje. Který z uvedených potenciálů může vyhovovat tomuto zadání? ( $A$  je konstanta s rozměrem  $V/m^3$ .)
- a)  $\varphi = A(xz^2 + 4xyz - 5z^3)$   
b)  $\varphi = A(x^3 - 2xy^2 - xz^2)$   
c)  $\varphi = A(xy^2 + 2xyz)$   
d)  $\varphi = Axz^2$   
e)  $\varphi = A(x^3 + y^3 + z^3)$   
f)  $\varphi = A(y^2z - z^3)$
20. Bimetalový pásek se skládá z měděného a železného pásku každého 1 mm silného. Při teplotě 100°C má bimetalový pásek tvar oblouku. Určete jeho poloměr, když víte, že při teplotě 0°C byl pásek přímý.
- a) 48 cm                      b) 85 cm                      c) 120 cm  
d) 200 cm                      e) 360 cm                      f) 850 cm

**Hodnocení:**

A: 20, 19;                      B: 18, 17;                      C: 16, 15;                      D: 14, 13;                      E: 12, 11.

**ODPOVĚDI:**

1b, 2d, 3c, 4e, 5a, 6e, 7e, 8e, 9d, 10c,  
11b, 12a, 13e, 14b, 15c, 16d, 17b, 18b, 19b, 20d

## Fyzikální konstanty a materiálové parametry

$$\begin{aligned} \kappa &= 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2\text{kg}^{-2} \\ N_A &= 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\ R &= 8,314 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1} \\ c &= 2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \\ \epsilon_0 &= 8,854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1} \\ \mu_0 &= 4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1} \\ e &= 1,602 \times 10^{-19} \text{ C} \\ u &= 1,661 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ m_p &= 1,00783u \\ m_n &= 1,00867u \\ m_e &= 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg} \\ h &= 6,6256 \times 10^{-34} \text{ J s} \\ \hbar &= 1,0545 \times 10^{-34} \text{ J s} \\ k_B &= 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \end{aligned}$$

### Relativní permittivity

Pevné látky	$\epsilon_r$	Kapaliny	$\epsilon_r$	Plyny	$\epsilon_r$
dřevo (suché)	2—8	benzen	2,3	dusík	1,00061
kamenná sůl	5,6	etanol	24	amoniak	1,0072
kaučuk	2,2—3	glycerol	43	helium	1,00007
křemen	4,4	chloroform	5,2	chlorovodík	1,003
papír	2—2,5	kys. mravenčí	58	kyslík	1,00055
parafín	2	metanol	34	metan	1,00094
porcelán	6	nitrobenzen	36,4	oxid siřičitý	1,0095
sklo	5—10	petrolej	2,0	vodík	1,00026
slída	6—8	voda	81	vzduch	1,00060

### Vlastnosti vesmírných těles

Slunce	$3,846 \times 10^{26} \text{ W}$ ,	1,391 mil. km,	$1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$
Merkur	0,387 au,	2 439 km,	$3,30 \times 10^{23} \text{ kg}$
Venuše	0,723 au,	6 052 km,	$4,87 \times 10^{24} \text{ kg}$
Země	149 mil. km,	6 371 km,	$5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$
Mars	1,52 au,	3 390 km,	$6,42 \times 10^{23} \text{ kg}$
Jupiter	5,20 au,	70 000 km,	$1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$
Saturn	9,58 au,	60 000 km,	$5,68 \times 10^{26} \text{ kg}$
Uran	19,2 au,	25 000 km,	$8,68 \times 10^{25} \text{ kg}$
Neptun	30 au,	24 500 km,	$1,02 \times 10^{26} \text{ kg}$
Měsíc	384 tis. km,	1 738 km,	$7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$

Indexy lomu ( $n_D$  je index lomu dané látky vůči vzduchu pro žluté světlo  $\lambda_D = 589,3 \text{ nm}$ )

Látka	$n_D$	Látka	$n_D$	Látka	$n_D$
vakuum	0,99971	lněný olej	1,486	led	1,31
vodík	0,99985	korunové sklo lehké	1,515	metanol	1,329
kyslík	0,99998	flintové sklo lehké	1,608	voda	1,333
vzduch	1,00000	korunové sklo těžké	1,615	etanol	1,362
dusík	1,00001	flintové sklo těžké	1,752	glycerol	1,469
vodní pára	0,99996	diamant	2,417	kanadský balzám	1,542

Měrný odpor vodičů ( $\varrho$  je měrný odpor při  $0^\circ\text{C}$ ,  $\alpha$  je teplotní součinitel odporu)

Látka	$\frac{\varrho}{\mu\Omega\text{m}}$	$\frac{\alpha}{10^{-3}\text{K}^{-1}}$	Látka	$\frac{\varrho}{\mu\Omega\text{m}}$	$\frac{\alpha}{10^{-3}\text{K}^{-1}}$
bronz	0,17	2	cín	0,17	0,4
hliník	0,027	4,0	hořčík	0,044	4,0
měď	0,0178	4,0	mosaz	0,08	1,5
nikl	0,07	6,7	olovo	0,21	4,2
platina	0,105	3,9	rtuť	0,958	0,9
stříbro	0,016	4,0	zinek	0,06	4,0

#### Hustoty pevných látek a kapalin

Látka	$\frac{\varrho}{\text{kg m}^{-3}}$	Látka	$\frac{\varrho}{\text{kg m}^{-3}}$	Látka	$\frac{\varrho}{\text{kg m}^{-3}}$
asfalt	1300	beton	1800–2200	aceton	791
bronz	8700–89000	cukr	1600	benzín	700–750
diamant	3500	korek	200–350	benzen	879
křemen	2600	máslo	920	etanol	789
mosaz	8600	ocel	7400–8000	glycerol	1260
parafín	870–930	plexisklo	1180	metanol	792
sklo (tabulové)	2400–2600	sůl kuchyňská	2160	petrolej	760–860
vosk	950–980	žula	2600–2900	rtuť	13546

Hustota, součinitel délkové roztažnosti a měrná tepelná kapacita některých prvků při teplotě  $20^\circ\text{C}$  a hustota a součinitel objemové roztažnosti kapalin při  $20^\circ\text{C}$

Prvek	$\frac{\varrho_{20}}{\text{kg m}^{-3}}$	$\frac{\alpha_{20}}{10^{-3}\text{K}^{-1}}$	$\frac{c_{20}}{\text{kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}}$
cesium	1870	0,097	0,230
cín	7280	0,027	0,227
hliník	2700	0,024	0,869
chrom	7100	0,008	0,440
křemík	2330	0,002	0,703
měď	8930	0,017	0,383
nikl	8900	0,013	0,446
olovo	11340	0,029	0,129
stříbro	10500	0,019	0,234
uran	19050	-	0,117
zlato	19290	0,014	0,129
železo	7860	0,012	0,452

Kapalina	$\frac{\varrho_{20}}{\text{kg m}^{-3}}$	$\frac{\beta_{20}}{10^{-3}\text{K}^{-1}}$
aceton	791	1,43
etanol	789	1,10
glycerol	1260	0,50
metanol	792	1,19
terpentýnový olej	855	0,90
rtuť	13546	0,18
voda	998	0,18

Poločasy rozpadu některých izotopů

Izotop	$t_{1/2}$	Izotop	$t_{1/2}$	Izotop	$t_{1/2}$
$^3\text{H}$	12,3 let	$^{20}\text{F}$	11,2 s	$^{14}\text{C}$	5 730 let
$^{24}\text{Na}$	15,0 h	$^{32}\text{P}$	14,28 d	$^{35}\text{S}$	88 d
$^{36}\text{Cl}$	$3,01 \times 10^5$ let	$^{40}\text{K}$	$1,28 \times 10^9$ let	$^{45}\text{Ca}$	163 d
$^{59}\text{Fe}$	44,5 d	$^{60}\text{Co}$	5,27 let	$^{82}\text{Br}$	35,3 h
$^{90}\text{Sr}$	28,8 let	$^{129}\text{I}$	$1,6 \times 10^7$ let	$^{131}\text{I}$	8,02 d
$^{137}\text{Cs}$	30 let	$^{198}\text{Au}$	2,69 d	$^{226}\text{Ra}$	1 600 let
$^{235}\text{U}$	$7,04 \times 10^8$ let	$^{238}\text{U}$	$4,47 \times 10^9$ let	$^{239}\text{Pu}$	$2,44 \times 10^4$ let
$^{222}\text{Rn}$	3,8 d	$^{210}\text{Po}$	140 d		

Výstupní práce pro některé prvky

Prvek	$W$ [eV]	Prvek	$W$ [eV]	Prvek	$W$ [eV]
Li	2,9	Be	4,98	Na	2,75
Mg	3,66	Al	4,28	Si	4,85
K	2,30	Ca	2,87	Ti	4,33
Cr	4,5	Fe	4,5	Cu	4,51
Zn	4,33	Se	5,9	Rb	2,16
Cs	2,14	Ba	2,7	Ta	4,25
W	4,55	Ir	5,27	Au	5,1

Důležité parametry vody

Měrná tepelná kapacita vody	$4,2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Měrná tepelná kapacita ledu	$2,1 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Měrné skupenské teplo varu vody	$2,26 \text{ MJ kg}^{-1}$
Měrné skupenské teplo tání ledu	$334 \text{ kJ kg}^{-1}$
Povrchové napětí	$73 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$

Periodická tabulka prvků s relativními atomovými hmotnostmi

	I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	1 H 1,008												2 He 4,003						
2	3 Li 6,939	4 Be 9,012											5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,01	8 O 16,00	9 F 19,00	10 Ne 20,18	
3	11 Na 22,99	12 Mg 24,31											13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,06	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95	
4	19 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,90	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,71	29 Cu 63,55	30 Zn 65,37	31 Ga 69,72	32 Ge 72,59	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,80	
5	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,94	43 Tc [99]	44 Ru 101,1	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4	47 Ag 107,9	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,7	51 Sb 121,8	52 Te 127,6	53 I 126,9	54 Xe 131,3	
6	55 Cs 132,9	56 Ba 137,3	57 La 138,9	72 Hf 178,5	73 Ta 180,9	74 W 183,9	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,1	79 Au 197,0	80 Hg 200,6	81 Tl 204,4	82 Pb 207,2	83 Bi 209,0	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]	
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	104 Rf [261]	105 Db [261]	106 Sg [261]	107 Bh [264]	108 Hs [265]	109 Mt [268]	110 Ds [271]									
			58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm [145]	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,3	65 Tb 158,9	66 Dy 162,5	67 Ho 164,9	68 Er 167,3	69 Tm 168,9	70 Yb 173,0	71 Lu 175,0			
			90 Th 232,0	91 Pa [231]	92 U 238,0	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [260]			