

# Arsen, Antimon, Bismut

Arsen, Antimon a Bismut patří mezi  $p^3$  prvky a také mezi nejdéle známé prvky (například jedovatost sloučenin arsenu byla známa již od 5. století). V přírodě jsou málo rozšířeny a ryzí se vyskytují jen výjimečně. Jsou chalkofilní a v malých množstvích se nacházejí jako sulfidy nebo oxidy (případně jako arsenidy a antimonidy kovů). Arsen a Antimon patří mezi polokovy s velkým měrným elektrickým odporem, Bismut je kov podobný cínu a olovu.

1, H																	2, He																												
3, Li	4, Be											5, B	6, C	7, N	8, O	9, F	10, Ne																												
11, Na	12, Mg											13, Al	14, Si	15, P	16, S	17, Cl	18, Ar																												
19, K	20, Ca	21, Sc	22, Ti	23, V	24, Cr	25, Mn	26, Fe	27, Co	28, Ni	29, Cu	30, Zn	31, Ga	32, Ge	33, As	34, Se	35, Br	36, Kr																												
37, Rb	38, Sr	39, Y	40, Zr	41, Nb	42, Mo	43, Tc	44, Ru	45, Rh	46, Pd	47, Ag	48, Cd	49, In	50, Sn	51, Sb	52, Te	53, I	54, Xe																												
55, Cs	56, Ba	57, La	58, Hf	59, Ta	60, W	61, Re	62, Os	63, Ir	64, Pt	65, Au	66, Hg	67, Tl	68, Pb	69, Bi	70, Po	71, At	72, Rn																												
87, Fr	88, Ra	89, Ac																																											
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>58, Ce</td> <td>59, Pr</td> <td>60, Nd</td> <td>61, Pm</td> <td>62, Sm</td> <td>63, Eu</td> <td>64, Gd</td> <td>65, Tb</td> <td>66, Dy</td> <td>67, Ho</td> <td>68, Er</td> <td>69, Tm</td> <td>70, Yb</td> <td>71, Lu</td> </tr> <tr> <td>88, Th</td> <td>89, Pa</td> <td>90, U</td> <td>91, Np</td> <td>92, Pu</td> <td>93, Am</td> <td>94, Cm</td> <td>95, Bk</td> <td>96, Cf</td> <td>97, Es</td> <td>98, Fm</td> <td>99, Md</td> <td>100, No</td> <td>101, Lw</td> </tr> </tbody> </table>																		58, Ce	59, Pr	60, Nd	61, Pm	62, Sm	63, Eu	64, Gd	65, Tb	66, Dy	67, Ho	68, Er	69, Tm	70, Yb	71, Lu	88, Th	89, Pa	90, U	91, Np	92, Pu	93, Am	94, Cm	95, Bk	96, Cf	97, Es	98, Fm	99, Md	100, No	101, Lw
58, Ce	59, Pr	60, Nd	61, Pm	62, Sm	63, Eu	64, Gd	65, Tb	66, Dy	67, Ho	68, Er	69, Tm	70, Yb	71, Lu																																
88, Th	89, Pa	90, U	91, Np	92, Pu	93, Am	94, Cm	95, Bk	96, Cf	97, Es	98, Fm	99, Md	100, No	101, Lw																																

V předposlední vrstvě mají všechny tři prvky po 18 elektronech, struktura valenční vrstvy je analogická jako u dusíku a fosforu. Maximální kladné oxidační číslo +V uplatňují pouze vůči kyslíku, fluoru a chloru. Tvorba aniontů  $M^{3-}$  je energeticky nevýhodná, poměrně vysoké ionizační energie (8,0 až 9,8 eV) neumožňují vznik jednoduchých kationtů. Vazby ve sloučeninách arsenu, antimonu a bismutu mají proto převážně kovalentní charakter a obecně nejsou příliš polární s výjimkou vazeb s fluorem a kyslíkem. Koordinační čísla se pohybují v intervalu nula až šest (známa jsou i 10 a 12). S růstem atomové hmotnosti klesá tendence prvků k tvorbě  $\pi$ -vazeb a vzhledem k jejich nízké elektronegativitě nemá žádný z nich schopnost podílet se na tvorbě vodíkových můstků.

Arsen, antimon i bismut mají amfoterní vlastnosti a jejich chemické chování je na rozhraní mezi kovy a nekovy. Stabilita jejich hydridů klesá od arsenu k bismutu. Arsen se dikyslíkem pomalu oxiduje už za laboratorní teploty, antimon a bismut jsou za těchto podmínek stálé. Spalováním na vzduchu poskytují všechny tři prvky oxidy  $M^{III}_2O_3$ , v případě arsenu a antimonu je reakční produkt znečištěn i vyššími oxidy ( $As_2O_5$  resp.  $Sb_2O_4$  a  $Sb_2O_5$ ). Všechny tři prvky mají pozitivnější standardní oxidačně-redukční potenciály než vodík a ve vodě ani zředěných kyselinách se proto nerozpouštějí (rozpustit je lze v oxidujících kyselinách). Přímě se slučují s halogeny, chalkogeny a s některými elektropozitivnějšími kovy.

## Arsen

Má značku As a jeho latinský název je Arsenicum. Arsen může nabývat oxidačních čísel: -III, +III a +V. Je toxický a bývá součástí slitin a polovodičů, je základem všech tranzistorů a počítačových procesorů. Sulfid arsenitý se používá jako pigment (královská žlutá).

Existuje v několika alotropních modifikacích. Nejstálější z nich je ocelově šedá, křehká, romboedrická  $\alpha$ -forma s vrstevnatou strukturou. Další modifikace jsou žlutý, hnědý a černý arsen. Za normálního tlaku sublimuje při 615 °C, ale taví se jen pod tlakem (615 °C při 3,91 MPa). Jeho  $\alpha$ -forma je strukturně analogická šedému arsenu.

V zemské kůře poměrně vzácný. Nejvýznamnější ruda arsenu je arzenopyrit ( $FeAsS$ ). Občas se vyskytuje jako příměs niklu, kobaltu, antimonu, stříbra, zlata a železa a bývá obsažen v ložiscích uhlí.

Arsen se vyrábí pražením arzenopyritu bez přístupu vzduchu:  $FeAsS \rightarrow FeS + As$ . Oxidační pražení arzenopyritu a zachycování oxidu arsenitého. Čistý arsen pro polovodiče se připravuje metodou zonálního tavení.

## Antimon

Má značku Sb, latinsky Stibum. Nabývá oxidačních čísel: -III, +III, +IV, +V. Je součástí slitin, nahrazujících toxické olovo-pájky, v keramice nahrazuje olovo v glazurách.

Antimon je znám v šesti alotropických modifikacích. Jeho  $\alpha$ -forma (bod tání: 631 °C, bod varu: 1587 °C) je strukturně analogická šedému arsenu, žlutý metastabilní alotrop je ještě méně stálý než analogická modifikace arsenu. Další modifikace je i černá a žlutá nekovová forma antimonu.

V zemské kůře poměrně vzácný prvek. Rudou antimonu je antimonit ( $Sb_2S_3$ ). Taky se vyskytuje jako příměs v rudách stříbra, mědi a olova.

Antimon se získává tavením antimonitu se železem:  $Sb_2S_3 + 3 Fe \rightarrow 3 FeS + 2 Sb$ , pražně - redukčním pochodem, případně se používá elektrolyza.

## Bismut

Má značku Bi a jeho latinský název je Bismuthum. Patří mezi těžké kovy a je netoxický. V zemské kůře je vzácný. Je radioaktivní.

Bismut je křehký kov s nádechem do červena, jeho  $\alpha$ -forma (bod tání: 271 °C, bod varu: 1564 °C) je rovněž strukturním analogem šedého arsenu.

Používá se, stejně jako antimon, jako součást slitin, které v dnešní době nahrazují toxické olovo-pájky, v keramice nahrazují toxické olovo v glazurách. Některé slitiny mají velmi nízký bod tání, čehož se využívá při konstrukci automatických hasicích systémů.

Bismut se ze svých rud získává pražně - redukčním pochodem, srážecím pochodem, případně elektrolyzou tavenin pro získání velmi čistého bismutu.