

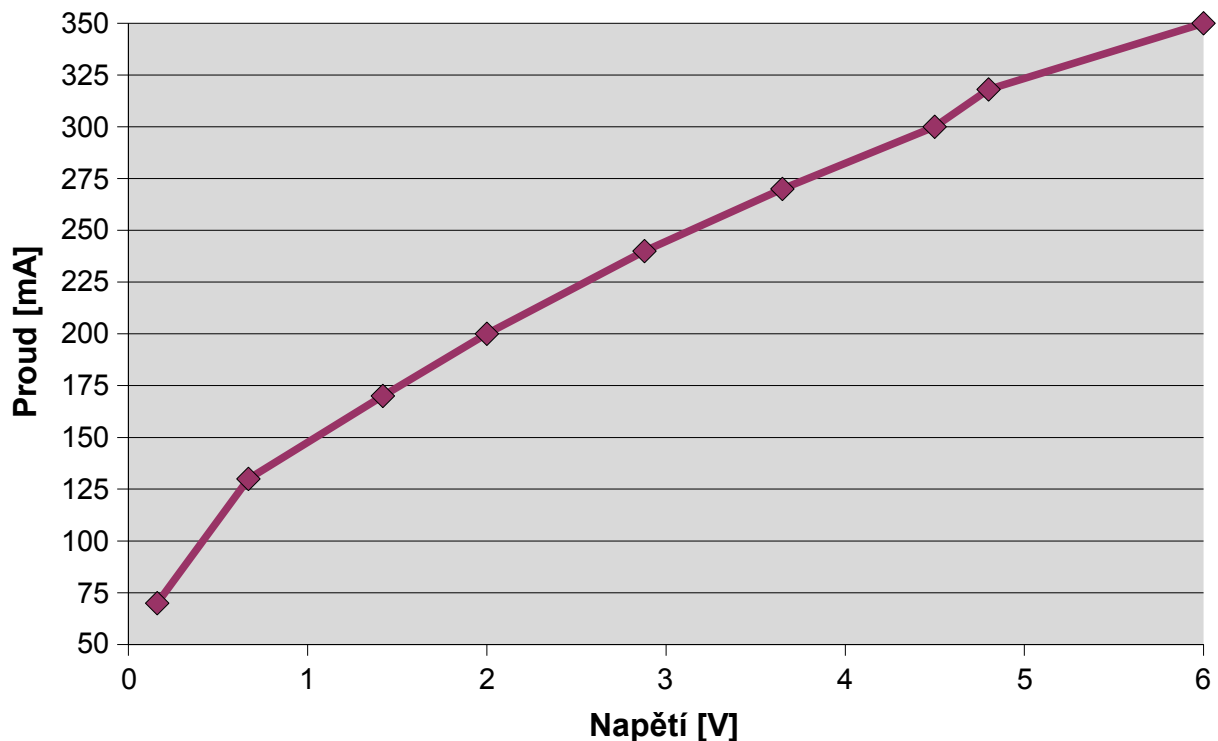
## 4.2.9 Závislost odporu kovového vodiče na teplotě

**Předpoklady:** 4207, délková a objemová roztažnost

**Př. 1:** Změř VA charakteristiku žárovky 6V, 300 mA. Výsledky zapiš do tabulky se třemi řádky a zakresli do grafu závislosti proudu na napětí.

napětí U [V]	0,16	0,67	1,42	2	2,88	3,65	4,5	4,8	6
proud I [mA]	70	130	170	200	240	270	300	318	350

**Závislost proudu na napětí pro žárovku**



Z grafu je vidět, že závislost proudu na napětí není lineární, proud stoupá čím dál pomaleji ⇒ zřejmě se mění odpor žárovky

Jak se odpor žárovky mění?

Protože proud přibývá čím dál pomaleji, musí být odpor čím dál větší.

**Př. 2:** Doplně tabulku VA charakteristiky žárovky o řádek s hodnotami odporu.

napětí U [V]	0,16	0,67	1,42	2	2,88	3,65	4,5	4,8	6
proud I [mA]	70	130	170	200	240	270	300	318	350
odpor R [ $\Omega$ ]	2,3	5,15	8,35	10	12	13,52	15	15,09	17,14

Předpoklad se potvrdil, odpor žárovky se zvětšuje.

Čím se liší žárovka od rezistorů, jejichž odpor se nemění?

Žárovka se velmi silně zahřívá (musí se rozžhavit, aby mohla svítit – 90% energie se u klasických žárovek spotřebuje na zahřívání pouze 10% na svícení)  $\Rightarrow$  odpor závisí na teplotě

**Odpor kovového vodiče se s rostoucí teplotou zvyšuje.**

Proč?

Odpor vzniká při nárazech elektronů do iontů krystalové mřížky. Při vyšších teplotách krystalová mřížka více kmitá  $\Rightarrow$  je pravděpodobnější, že se s ní elektron srazí  $\Rightarrow$  více srážek = větší odpor

Závislost odporu na teplotě se dá přibližně vyjádřit tímto vzorcem:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad \text{- podobný vzorec jako u délkové a objemové roztažnosti}$$

$R_0$  - počáteční odpor,  $\alpha$  - materiálová konstanta, teplotní součinitel elektrického odporu v  $\text{K}^{-1}$ ,  
 $\Delta t$  - změna teploty v K

Odpor za určité teploty umíme spočítat z rozměrů vzorcem:  $R = \frac{l}{S} \cdot \rho$

Stejně by se počítal odpor i za normální teploty  $t_0$  :  $R_0 = \frac{l_0}{S_0} \cdot \rho_0$

Rozměry odporu se nemění  $\Rightarrow l = l_0$  ,  $S = S_0$

Vezmu rovnici pro teplotní závislost odporu a dosadím za oba odpory:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

$$\frac{l}{S} \cdot \rho = \frac{l_0}{S_0} \cdot \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad \text{použiji: } l = l_0 \text{ , } S = S_0$$

$$\frac{l}{S} \cdot \rho = \frac{l}{S} \cdot \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad \Rightarrow \text{změna odporu odpovídá změně měrného odporu látky}$$

**Př. 3:** S pomocí tabulek doplň tabulku.

<b>látka</b>	<b>Měrný elektrický odpor (při 20°C)</b> $\rho_{20} \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$	<b>teplotní součinitel elektrického odporu</b> $\alpha \cdot 10^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
<b>Cu</b> (po stříbře nejlepší vodič)		
<b>Al</b>		
<b>W</b> (z něj žárovky - má vysokou teplotu tání)		
<b>Konstantan</b> (54% Cu, 45% Ni, 1% Mn)		

látka	Měrný elektrický odpor (při 20°C) $\rho_{20} \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$	teplotní součinitel elektrického odporu $\alpha \cdot 10^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
Cu (po stříbře nejlepší vodič)	0,017	4,0
Al	0,027	4,0
W (z něj žárovky - má vysokou teplotu tání)	0,053	4,4
Konstantan (54% Cu, 45% Ni, 1% Mn)	0,5	0,05 $\Rightarrow$ proto se používá v součástkách, které mají pracovat stejně za hodně rozdílných teplot

**Př. 4:** Urči, jakou teplotu má vlákno žárovky za provozu, když je na ní uvedeno:  $U=6\text{ V}$  ,  $I=0,3\text{ A}$  . Nepřipojená žárovka má při měření ohmmetrem odpor  $R_0=1,5\ \Omega$  . Předpokládej, že vlákno žárovky je vyrobeno z wolframu a že vlákno má při měření ohmmetrem stejnou teplotu jako okolí  $t_0=20^\circ\text{C}$  .

$$U=6\text{ V} , \quad I=0,3\text{ A} , \quad R_0=1,5\ \Omega , \quad t_0=20^\circ\text{C} , \quad t=?$$

Ze jmenovitých hodnot proudu a napětí můžeme určit odpor vlákna při svícení.. Pak můžeme dosadit do vztahu pro teplotní změnu odporu.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6}{0,3} = 20\ \Omega \quad \text{- odpor zahřátého vlákna}$$

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

$$R = R_0 + R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$R - R_0 = R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$\frac{R - R_0}{R_0 \cdot \alpha} = \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{R - R_0}{R_0 \cdot \alpha} = \frac{(20 - 1,5)}{(1,5 \cdot 4,4 \cdot 10^{-6})} \text{ K} = 2800 \text{ K}$$

Vlákno žárovky za provozu má teplotu 2800 K.

**Př. 5:** Urči teplotu vlákna žárovky ve chvíli, kdy začíná žhnout.

Teplotu žárovky určíme pokud budeme znát její odpor ve chvíli, kdy začíná svítit. Musíme tedy změřit v tomto okamžiku napětí a proud, který přes ní prochází.

10,5 ohmu

0,56 v

120 mA

**Shrnutí:** Odpor vodiče závisí na teplotě podobně jako délka nebo objem.