



Experimenty s interaktivní stavebnicí
a bádáním fyzikálních dějů do nitra automobilu

6E. Voltampérové charakteristiky spotřebičů

M. Jílek & T. Feltl



EVROPSKÝ SOCIÁLNÍ FOND
PRAHA & EU: INVESTUJEME DO VAŠÍ
BUDOUCNOSTI

Tyto materiály vznikly v rámci projektu OPPA č. CZ.2.17/3.1.00/36080,
Experimenty s interaktivní stavebnicí a bádáním fyzikálních dějů do nitra automobilu.

• A. Ohmův zákon	6E-A-01
• Úvod	6E-A-02
• Co budeme potřebovat?	6E-A-03
• Příprava a sestavení experimentu	6E-A-04
• Provedení experimentu – záznam dat	6E-A-05
• Analýza naměřené závislosti – teorie	6E-A-06
• Analýza naměřené závislosti – úkoly	6E-A-07
• B. VA charakteristika žárovky	6E-B-01
• Úvod	6E-B-02
• Co budeme potřebovat?	6E-B-03
• Příprava a sestavení experimentu	6E-B-04
• Postup práce – záznam dat	6E-B-05
• Analýza naměřené závislosti – teorie	6E-B-06
• Analýza naměřené závislosti – úkoly	6E-B-07
• C. VA charakteristika diod	6E-C-01
• Úvod a teorie	6E-C-02
• Co budeme potřebovat?	6E-C-03
• Příprava a sestavení experimentu	6E-C-04
• Postup práce – záznam dat	6E-C-05
• Analýza naměřené závislosti – teorie	6E-C-06
• Analýza naměřené závislosti – úkoly	6E-C-07
• Závěr	6E-Z-01
• Použité materiály a zdroje informací	6E-I-01
• Metodické komentáře	6E-M-01

A. Ohmův zákon

Úvod

Výkon každého **elektrického zařízení** a práce, kterou vykoná, závisí jednak na připojeném **napětí** a jednak na velikosti elektrického **proudu**, který spotřebičem protéká. V automobilu je k dispozici stálý zdroj napětí (většinou 12 V) a výkon různých motorků, žárovek, topných spirál a dalších spotřebičů tedy závisí na velikosti proudu, který jimi prochází.

Co rozhoduje o tom, jak velký elektrický proud spotřebičem prochází a lze to nějak jednoduše spočítat?

Pomocí prvního experimentu se pokusíme správně pochopit známý **zákon**, který vyjadřuje **souvislost** mezi **proudem** a **napětím** v nejjednodušších případech.



Foto: [morgueFile](https://morguefile.com) free photo archive (morguefile.com)

Pomocí prvního experimentu se pokusíme správně pochopit známý **zákon**, který vyjadřuje **souvislost** mezi **proudem** a **napětím** v nejjednodušších případech.

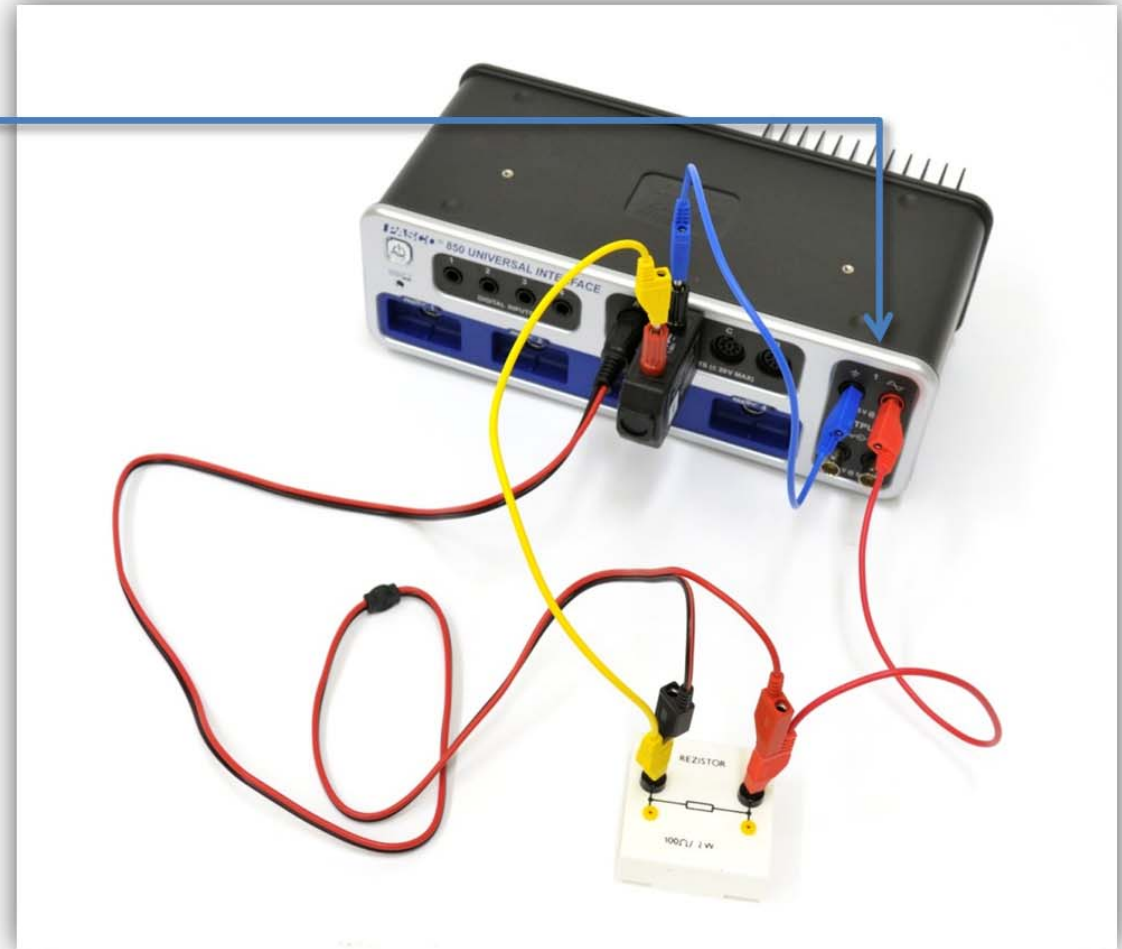
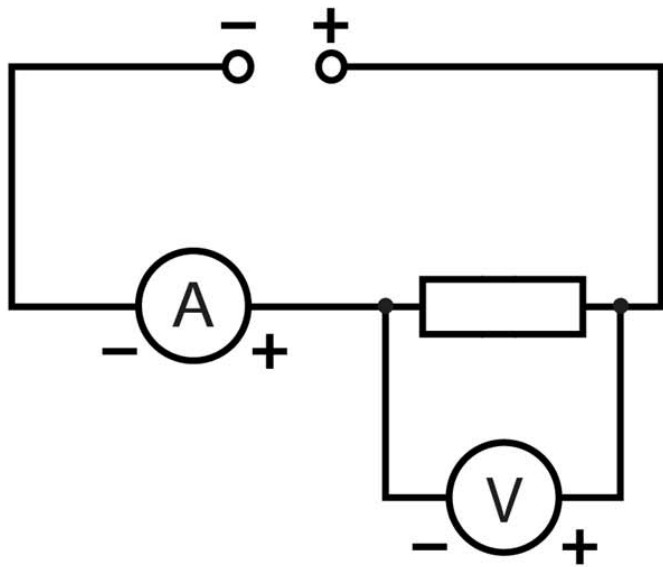
Co budeme potřebovat?

- senzor napětí
- senzor proudu
- univerzální měřicí rozhraní 850
- rezistor (například $100\ \Omega$)
- propojovací vodiče



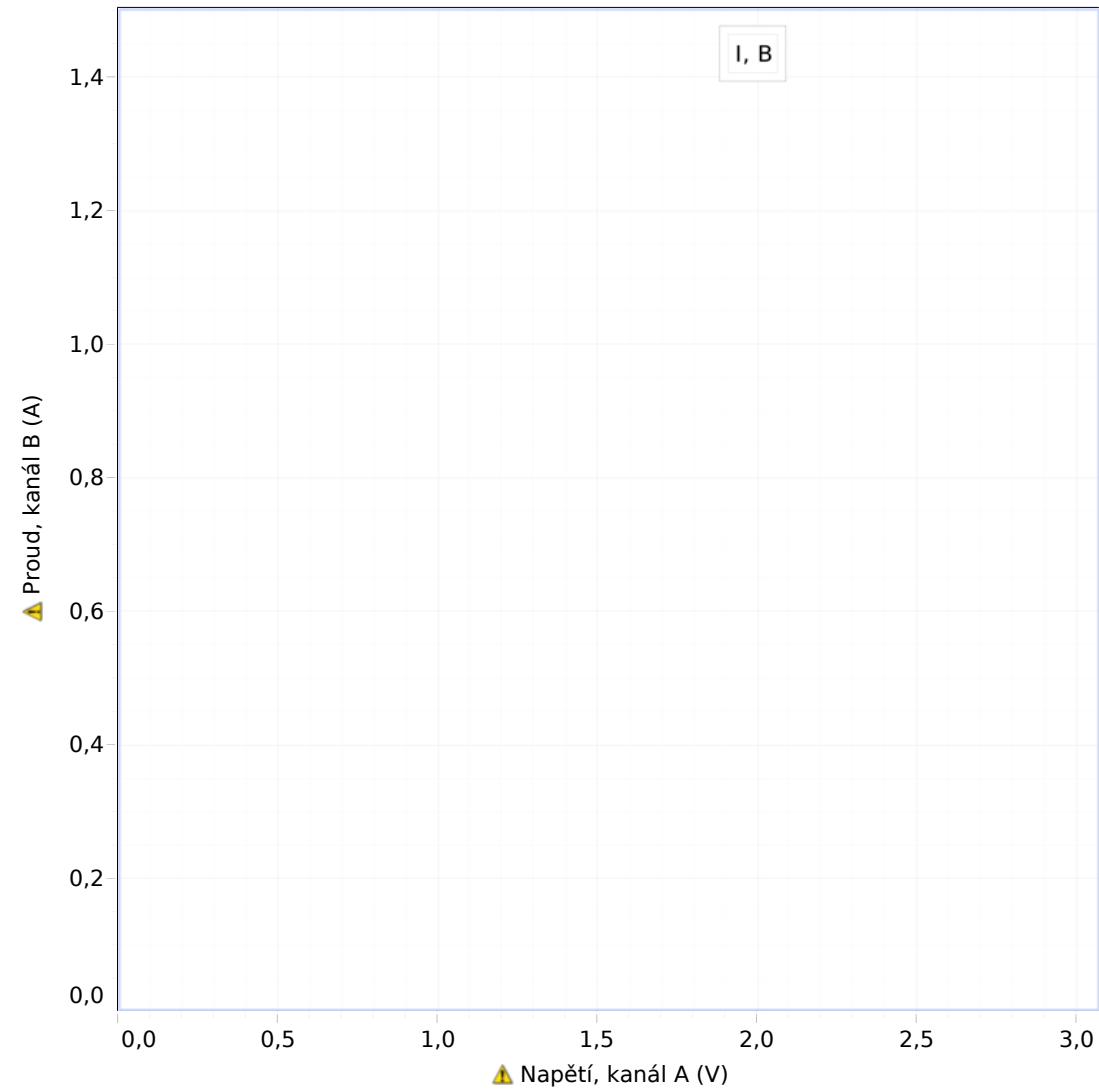
Příprava a sestavení experimentu

1. Senzory napětí a proudu připojíme k měřicímu rozhraní propojenému s počítačem.
2. Sestavíme elektrický obvod podle schématu, jako zdroj přitom využijeme **výstup generátoru** měřicího rozhraní.



Provedení experimentu – záznam dat

1. Spustíme měření, které se po chvíli samo ukončí.
2. Během měření se postupně zvětšuje napětí zdroje a v připraveném grafu se zobrazuje velikost proudu procházejícího rezistorem v závislosti na velikosti napětí přiváděného ze zdroje na rezistor.
3. Naměřenou závislost můžeme v případě potřeby zvětšit na celou plochu grafu.



Analýza naměřené závislosti – teorie

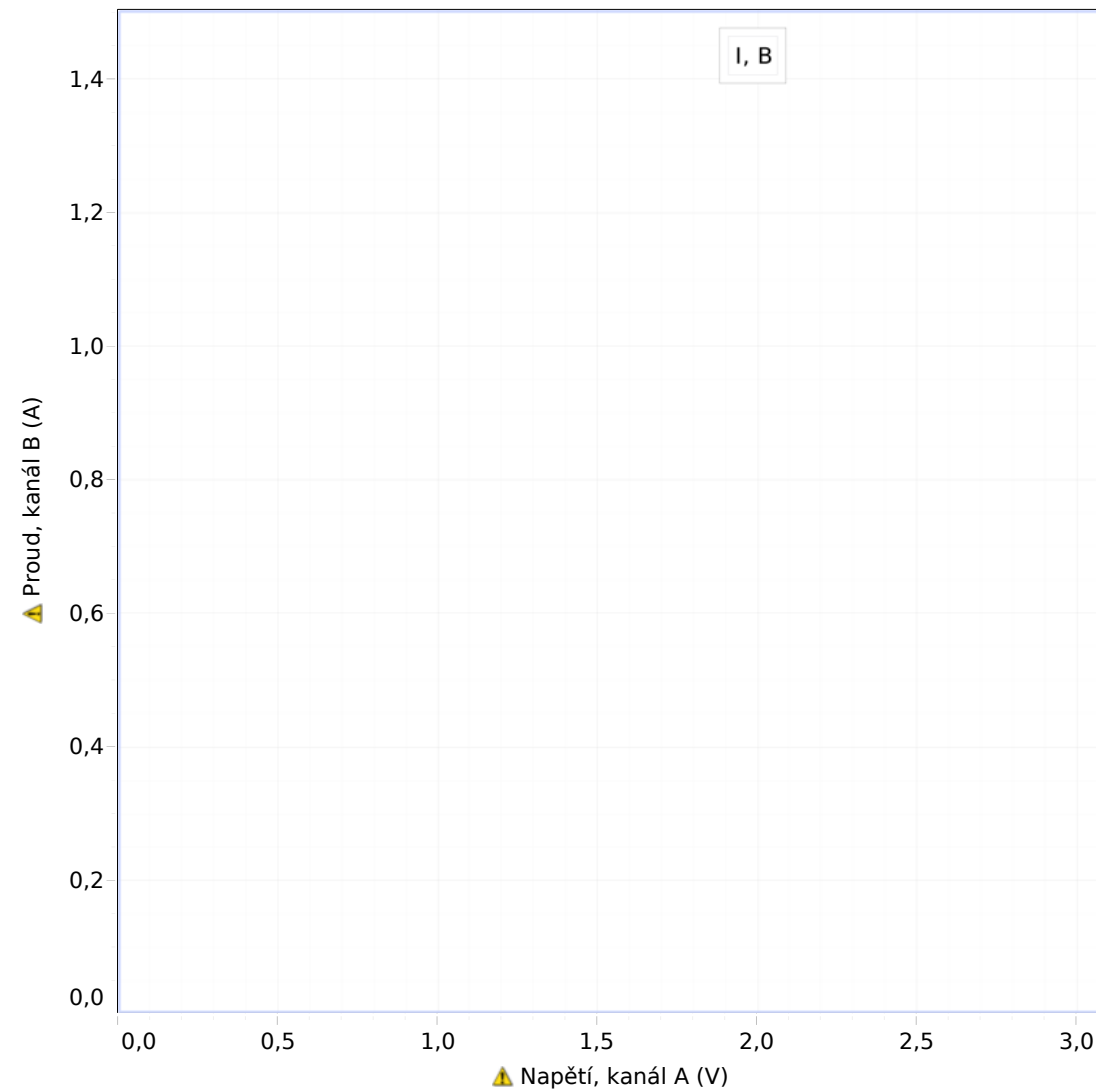
Naměřený graf závislosti proudu tekoucího rezistorem na napětí se nazývá **voltampérovou charakteristikou** (VA charakteristikou) rezistoru.

Vidíme, že tato závislost odpovídá přímé úměrnosti. Čím větší napětí přivádíme na rezistor, tím větší proud jím teče. Pokud můžeme u nějaké součástky pozorovat takovouto závislost, říkáme, že pro danou součástku platí **Ohmův zákon**. Matematicky ho můžeme vyjádřit tak, že podíl proudu I a napětí U , nebo také obráceně podíl napětí U a proudu I tekoucího součástkou je stále stejný – konstantní.

$$R = \frac{U}{I}$$

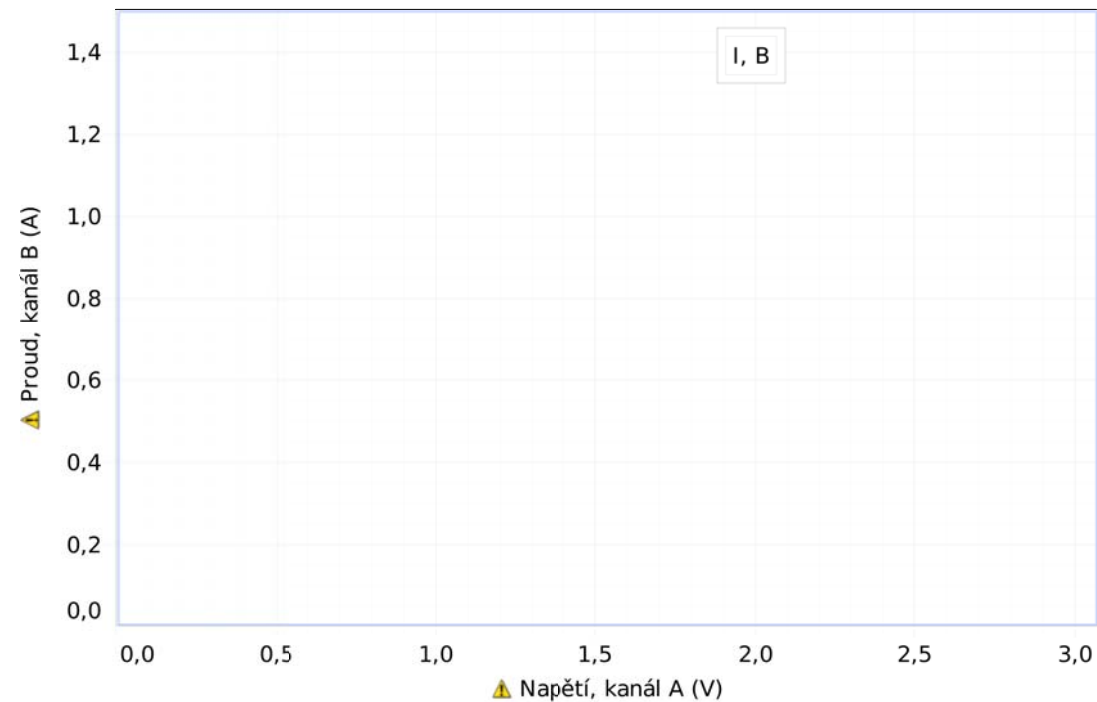
Konstanta R , která udává podíl napětí a proudu ve vztahu pro Ohmův zákon, se nazývá elektrický odpor a její jednotkou je Ω (ohm).

Porovnáním grafu a vztahu pro Ohmův zákon snadno zjistíme, že čím větší je sklon křivky VA charakteristiky, tím menší je elektrický odpor měřené součástky.



Analýza naměřené závislosti – úkoly

1. Pomocí nástroje na odečet hodnot odečtěte z naměřeného grafu několik různých hodnot napětí a jim odpovídajících hodnot proudu tekoucího rezistorem. Tyto hodnoty zapište do připravené tabulky, v jejímž posledním sloupci se automaticky dopočítá poměr napětí a proudu.
2. Porovnejte vypočítané poměry s nominální hodnotou elektrického odporu použitého rezistoru a diskutujte, čím mohou být způsobeny rozdíly.
3. Fitujte naměřenou závislost lineární funkcí a pokuste se objasnit, jaký význam má konstanta m v rovnici fitovací funkce.



Hodnoty napětí a proudu na rezistoru

	◆ rezistor	✕ rezistor	▼ rezistor
	Napětí (V)	Proud (A)	"Napětí/proud" (V/A)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

B. VA charakteristika žárovky

Úvod

Žárovky ať už v **domácnosti** nebo třeba v **autě** nejčastěji prasknou v okamžiku jejich zapnutí. Zkusme prozkoumat některé aspekty, které to mohou způsobovat.

Při **průchodu elektrického proudu** žárovkou se její **vlákno** natolik **rozžhává**, že vydává **viditelné záření**. Pokud by nebylo uzavřeno v baňce s ochrannou atmosférou, která neobsahuje kyslík, okamžitě by shořelo.

V následujícím experimentu se pokusíme proměřit, jak se mění **velikost proudu** procházejícího **žárovkou** při postupném **zvyšování napětí** a jak je to s elektrickým **odporem** jejího **vlákna**.



Foto: [Wikipedia](https://www.wikipedia.org) (wikipedia.org) a [morgueFile](https://www.morguefile.com) free photo archive (morguefile.com)

V následujícím experimentu se pokusíme proměřit, jak se mění **velikost proudu** procházejícího **žárovkou** při postupném **zvýšování napětí** a jak je to s elektrickým **odporem** jejího **vlákna**.

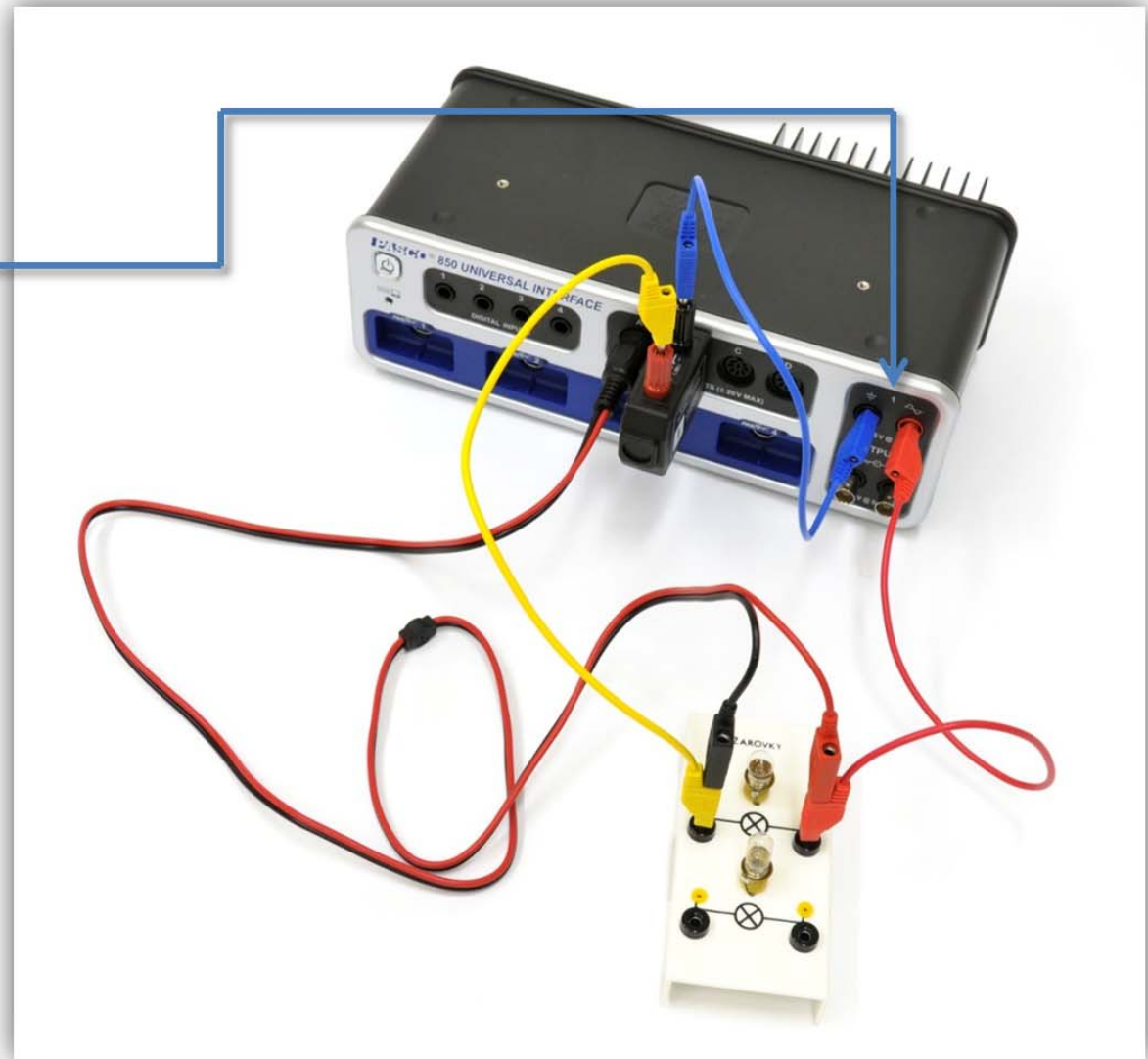
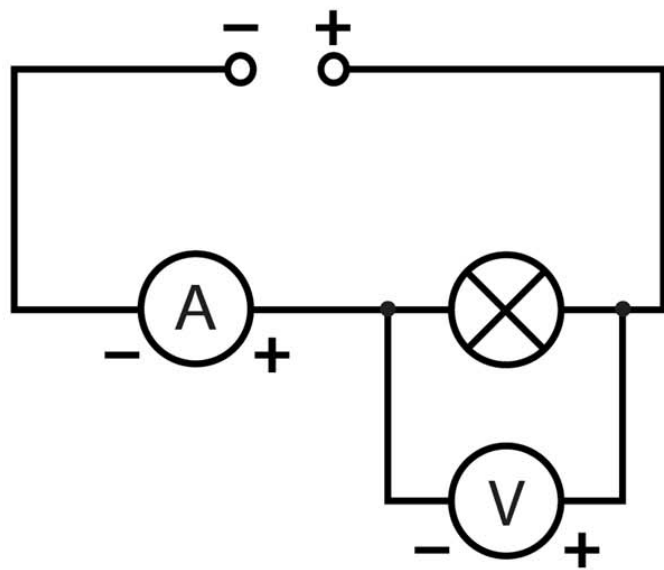
Co budeme potřebovat?

- senzor napětí
- senzor proudu
- univerzální měřicí rozhraní 850
- žárovčku s objímkou (například 6 V)
- propojovací vodiče



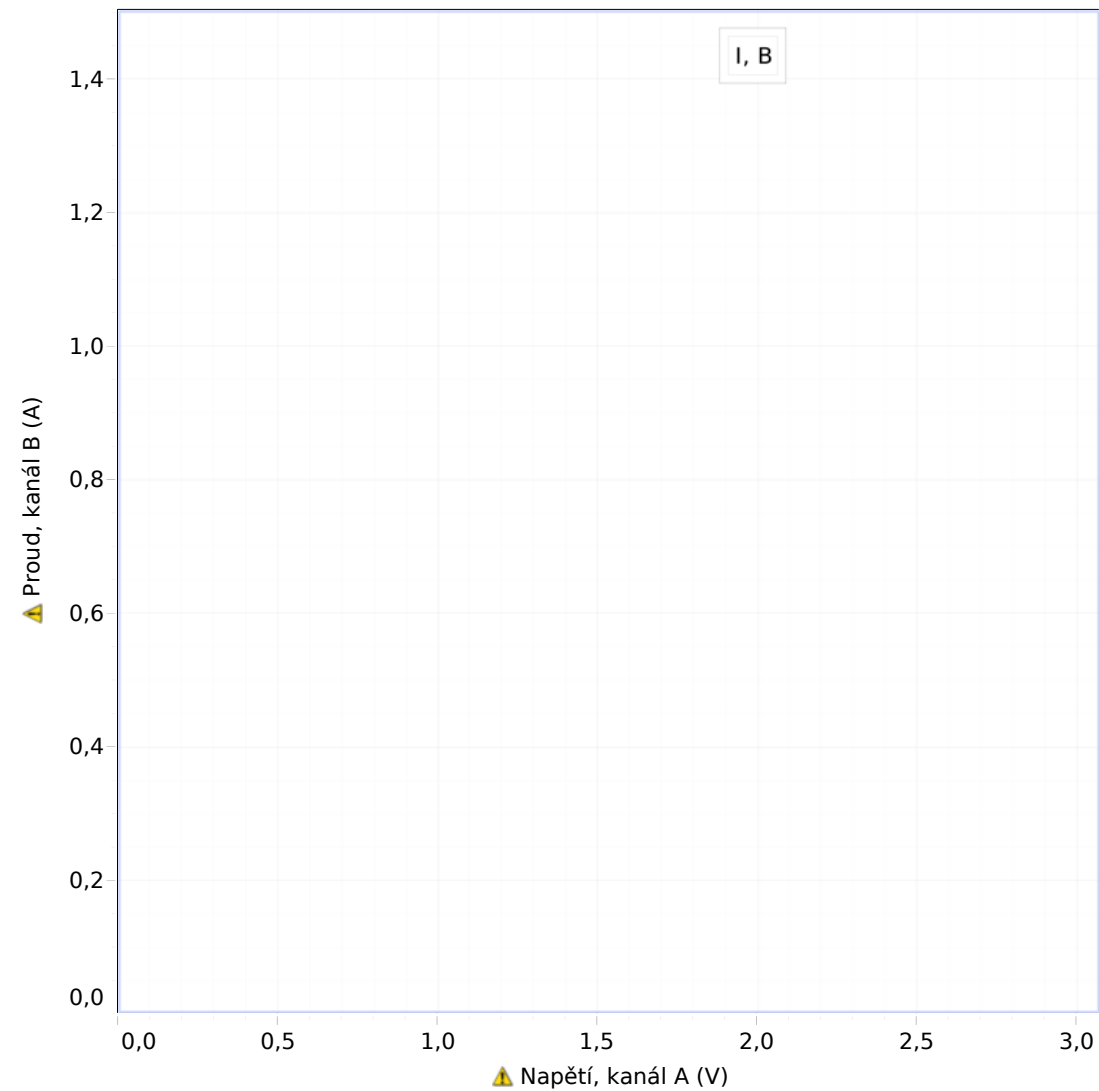
Příprava a sestavení experimentu

1. Senzory napětí a proudu připojíme k měřicímu rozhraní propojenému s počítačem.
2. Sestavíme elektrický obvod podle schématu, jako zdroj přitom využijeme **výstup generátoru** měřicího rozhraní.



Postup práce – záznam dat

1. Spustíme měření, které se po chvíli samo ukončí.
2. Během měření se postupně zvětšuje napětí zdroje a v připraveném grafu se zobrazuje velikost proudu procházejícího žárovkou v závislosti na velikosti napětí na žárovce.
3. Naměřenou závislost můžeme v případě potřeby zvětšit na celou plochu grafu.

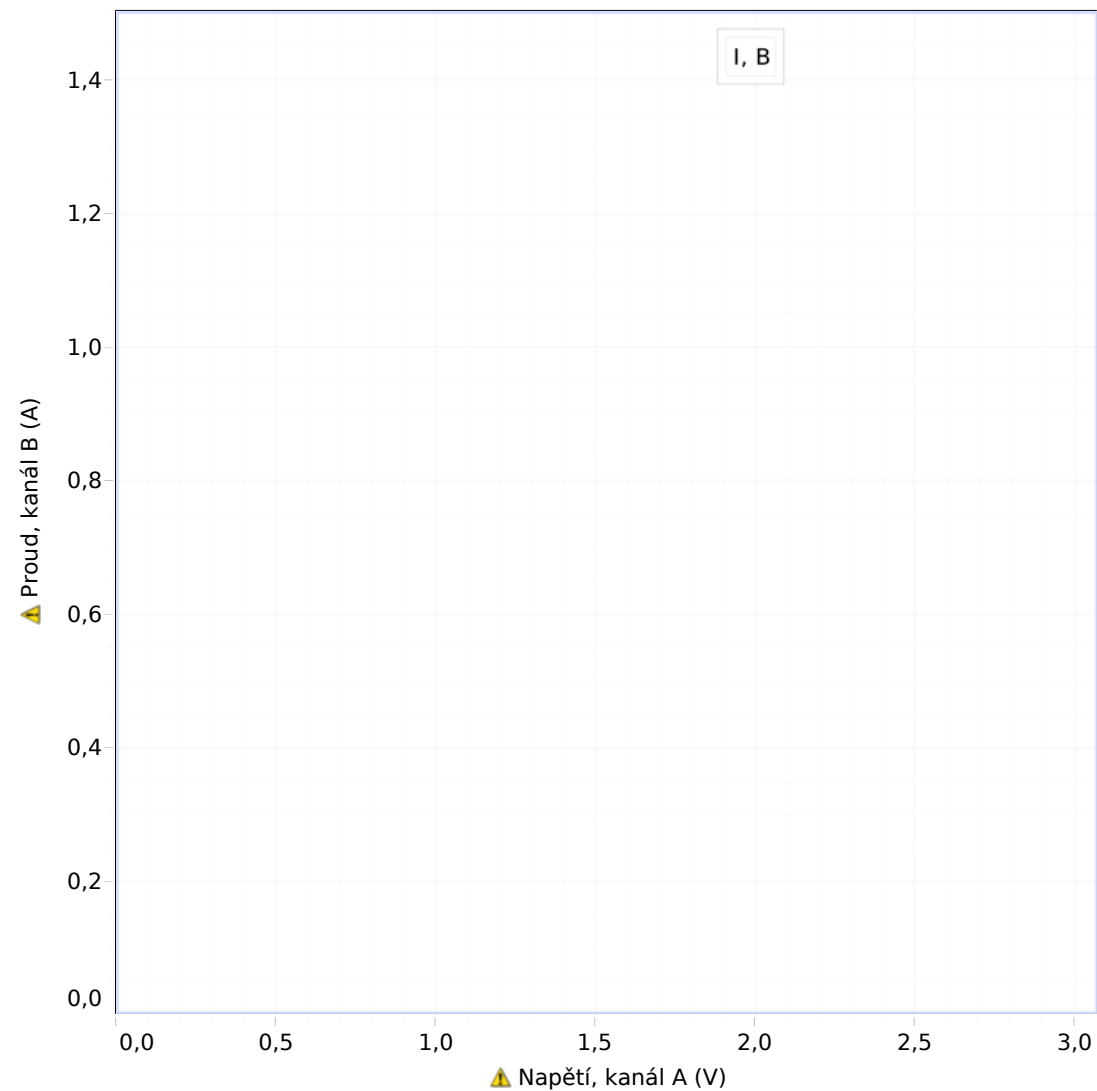


Analýza naměřené závislosti – teorie

Na první pohled je vidět, že voltampérová charakteristika **žárovky** vypadá **jinak než u rezistoru**. S rostoucím napětím přiváděným na žárovku sice opět roste proud žárovkou, ale nejedná se už o přímou úměrnost. To tedy znamená, že pro rozsvěcovanou žárovku neplatí Ohmův zákon (poměr napětí U a proudu I není konstantní). Avšak pozor! Vztah

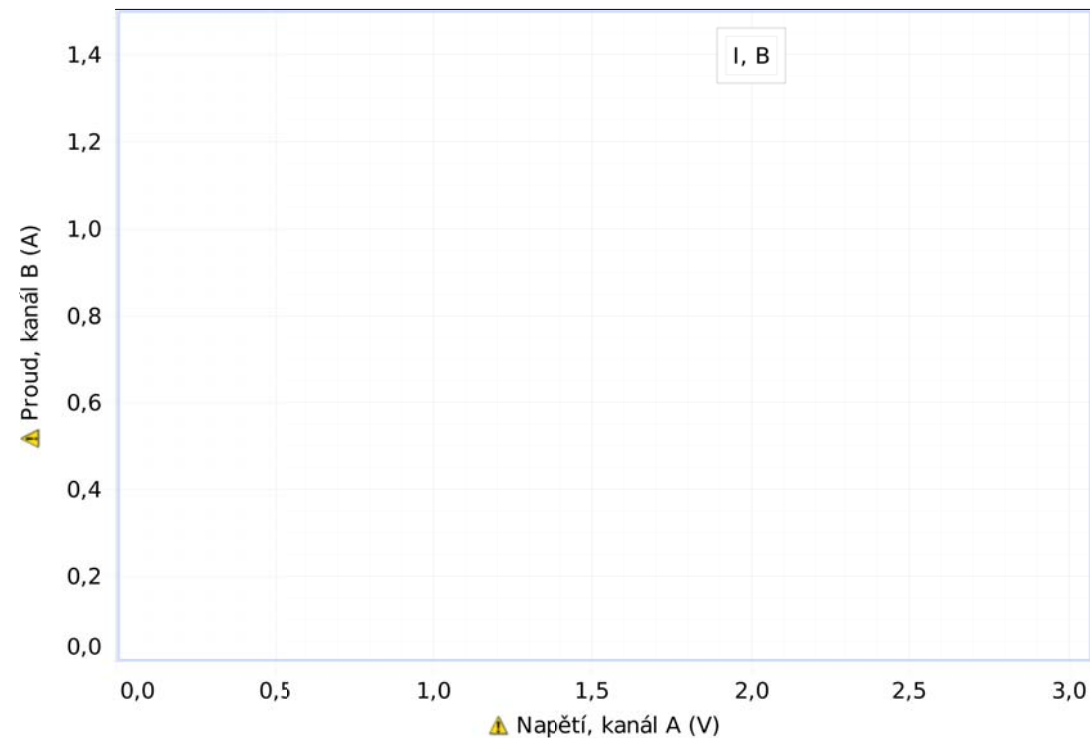
$$R = \frac{U}{I}$$

platí i zde, pouze musíme vzít v úvahu, že **elektrický odpor** R žárovky se **během rozsvěcení mění**. Elektrický odpor vodičů totiž závisí na jejich teplotě, a vlákno žárovky se během rozsvěcení silně zahřívá. Materiál, ze kterého je vyroben rezistor, se naopak vyrábí z látek, u kterých se závislost elektrického odporu na teplotě příliš neprojevuje.



Analýza naměřené závislosti - úkoly

1. Podle sklonu křivky naměřené VA charakteristiky v různých bodech se pokuste vysvětlit, jak se mění elektrický odpor vlákna žárovky s rostoucím napětím.
2. Odečtěte z grafu několik hodnot napětí a příslušného proudu a zapište je do připravené tabulky. V posledním sloupci se přitom automaticky dopočítá poměr napětí a proudu.
3. Pomocí těchto hodnot porovnejte elektrický odpor žárovky při malém napětí (v blízkosti počátku charakteristiky) a při maximálním svitu.
4. Pokuste se vysvětlit úvodní problém – proč většinou žárovky prasknou při zapnutí světel.



Hodnoty napětí a proudu na žárovce

	● žárovka	◆ žárovka	✖ žárovka
	Napětí (V)	Proud (A)	"Napětí/proud" (V/A)
1			
2			
3			
4			
5			



C. VA charakteristika diod



Úvod a teorie

Světlomety automobilů i domácí lustry se pomalu začínají osazovat **svítivými diodami (LED)**, které postupně **nahrazují** mnohem méně efektivní **klasické žárovky**. Kromě toho se různé typy polovodičových diod používají k **usměrnění střídavého proudu**, tvoří jednu z nejčastějších součástí všemožných elektronických obvodů a mají řadu dalších důležitých funkcí.

Oproti kovovému vláknu žárovky jsou polovodičové diody, jak název napovídá, tvořeny **polovodiči**, nejčastěji **křemíkem** a **germaniem** s různými **příměsmi**. Díky složení a konstrukčnímu řešení diod pro ně obecně **neplatí Ohmův zákon** a mají charakteristický průběh elektrického odporu, s čímž je potřeba počítat při jejich použití.

V následujícím experimentu se pokusíme zobrazit a porovnat **závislosti napětí na proudu** u různých typů **diod** a určit některé jejich charakteristické parametry.

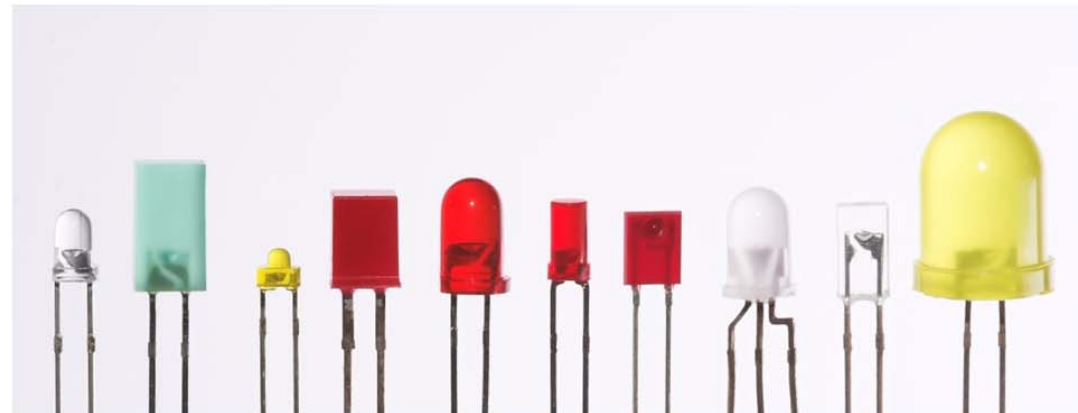
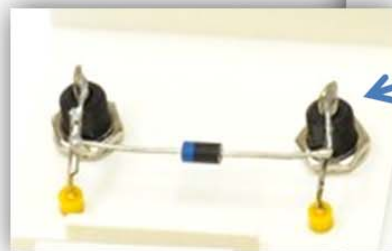


Foto: **Wikipedia** (wikipedia.org)

V následujícím experimentu se pokusíme zobrazit a porovnat **závislosti napětí na proudu** u různých typů **diod** a určit některé jejich charakteristické parametry.

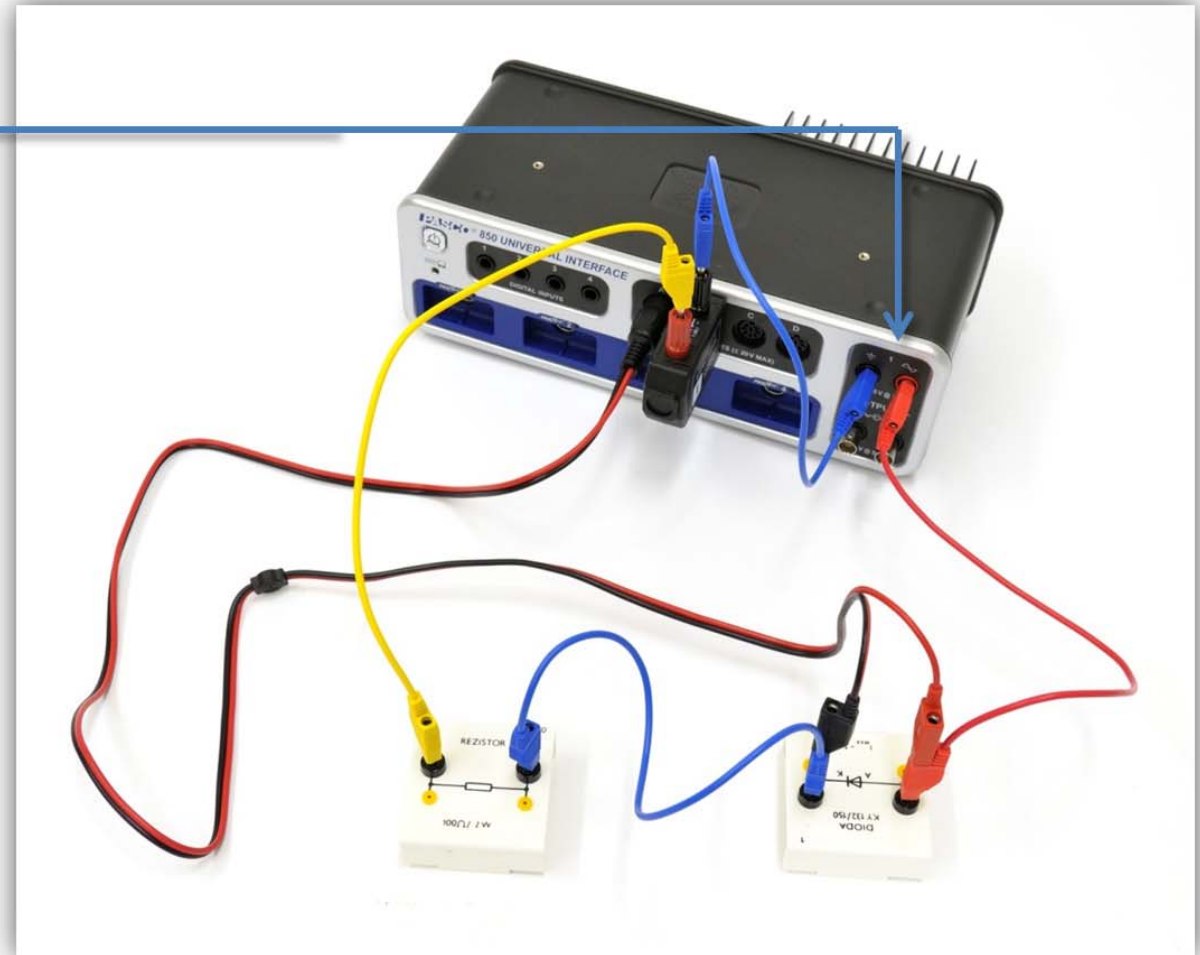
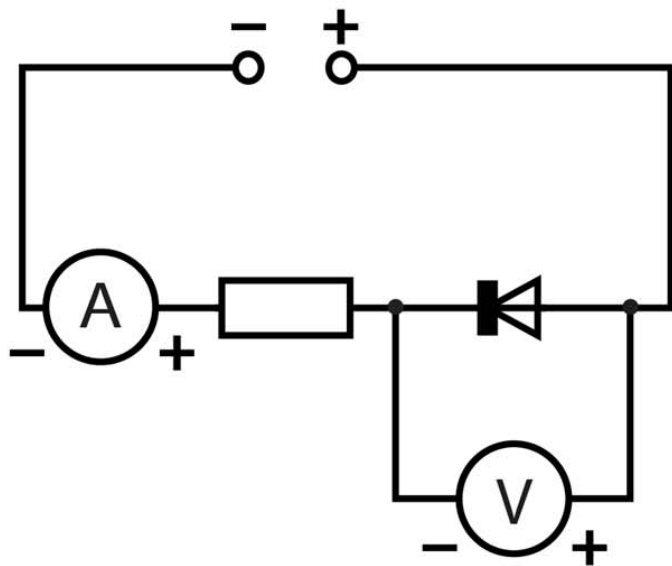
Co budeme potřebovat?

- senzor napětí
- senzor proudu
- univerzální měřicí rozhraní 850
- rezistor (například 100Ω)
- křemíkovou (usměrňovací) diodu, germaniovou diodu, LED (nejlépe několik různobarevných)
- propojovací vodiče



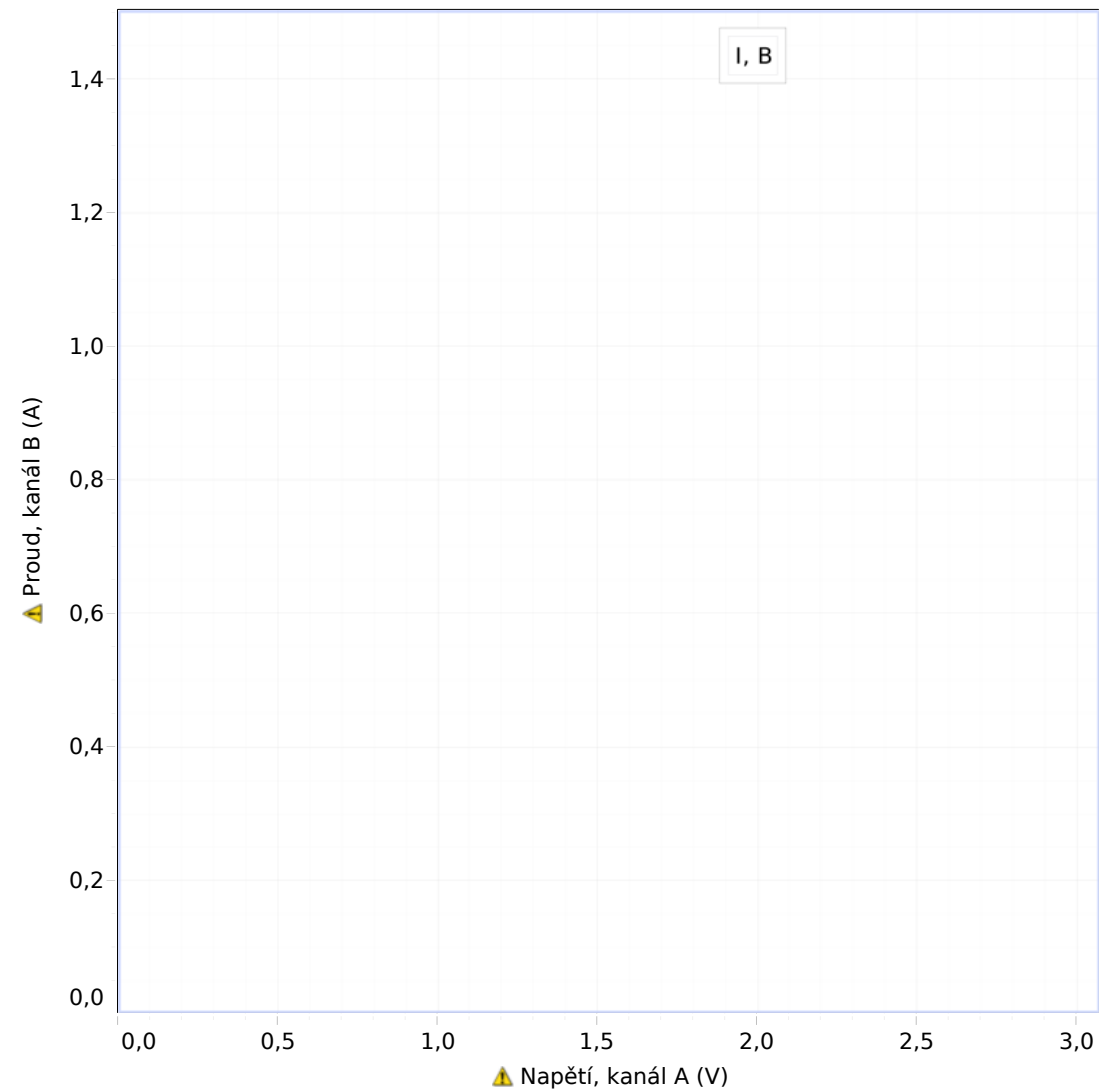
Příprava a sestavení experimentu

1. Sensory napětí a proudu připojíme k měřicímu rozhraní propojenému s počítačem.
2. Sestavíme elektrický obvod podle schématu, jako zdroj přitom využijeme **výstup generátoru** měřicího rozhraní. Dbáme na správnou polaritu zapojení diody, zdroje a senzorů. První měření provedeme s křemíkovou diodou.



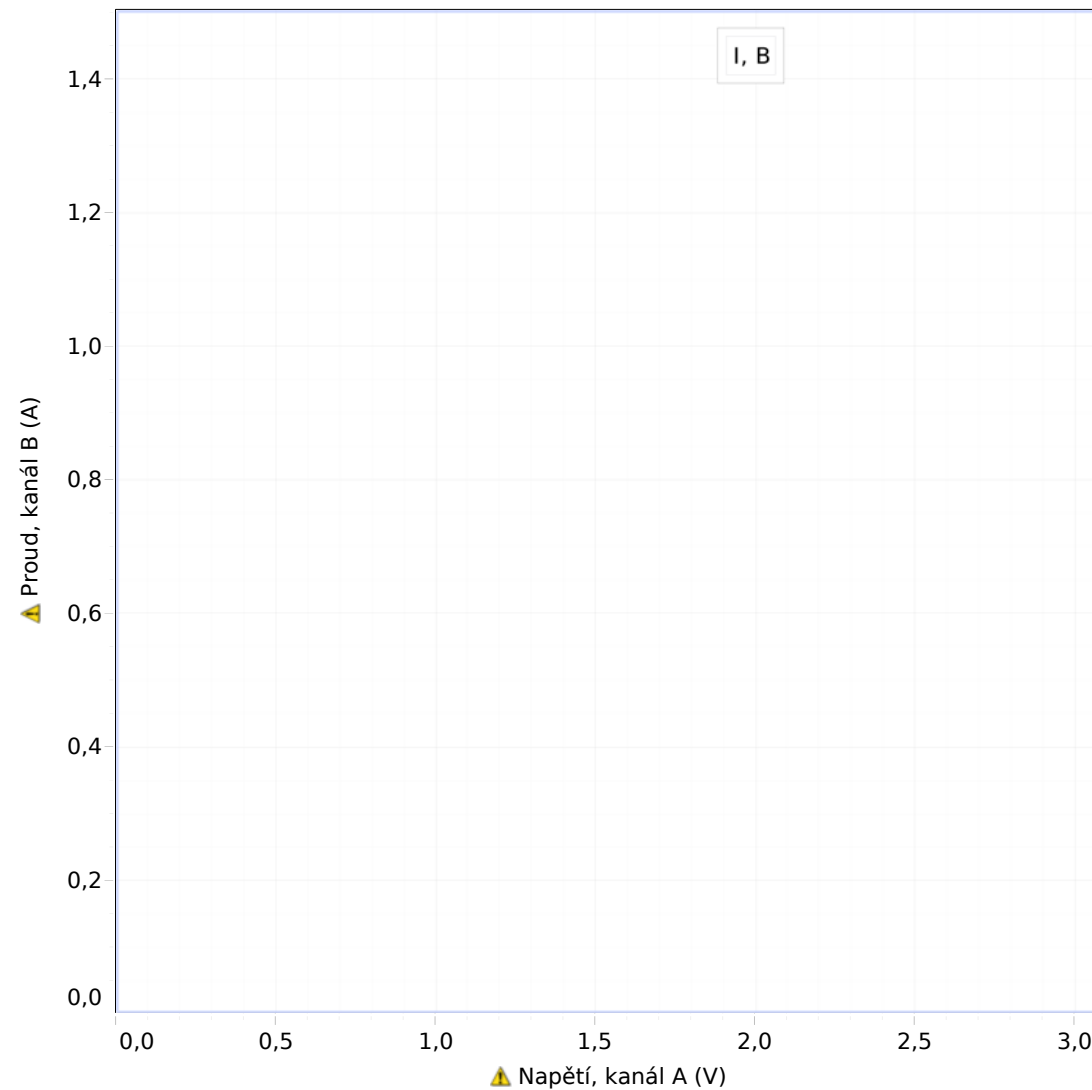
Postup práce – záznam dat

1. Spustíme měření, které se po chvíli samo ukončí.
2. Během měření se postupně zvětšuje napětí zdroje a v připraveném grafu se zobrazuje velikost proudu procházejícího diodou v závislosti na velikosti napětí na diodě.
3. Naměřenou závislost můžeme v případě potřeby zvětšit na celou plochu grafu.



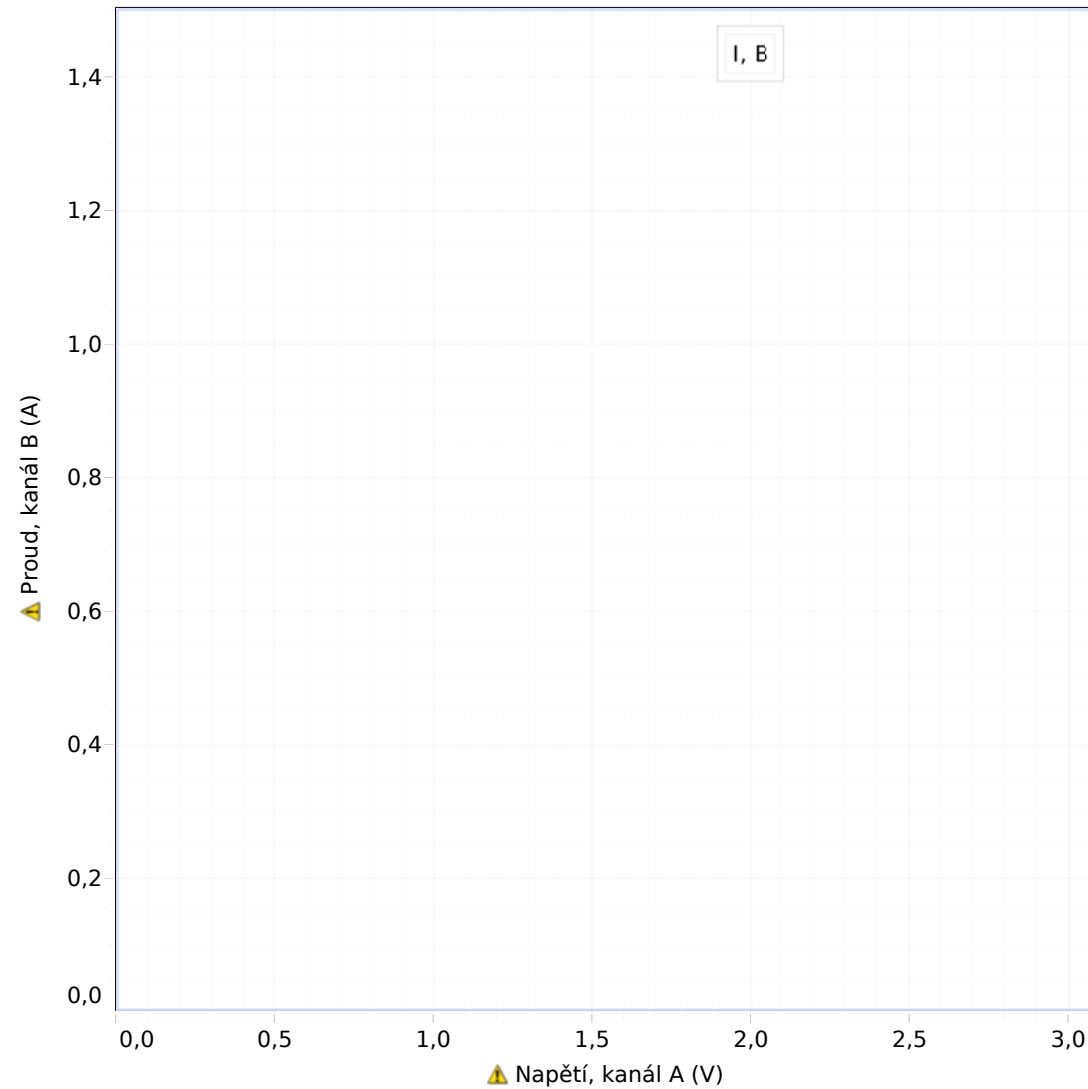
Analýza naměřené závislosti – teorie

1. Naměřený graf ukazuje typický průběh závislosti napětí na proudu u polovodičové diody zapojené v propustném směru. Zpočátku diodou neprochází téměř žádný proud (má velmi vysoký odpor) až po dosažení takzvaného **prahového napětí**, kdy se křivka postupně začíná zvedat. Sklon křivky po překročení prahového napětí rychle roste, což znamená, že rychle klesá elektrický odpor diody. Během dalšího zvětšování napětí už se sklon a tedy ani odpor diody příliš nemění.
2. K popisu chování diody po překročení prahového napětí se často používá takzvaný **diferenciální odpor**, který je definován jako podíl přírůstku napětí a přírůstku elektrického proudu, který mu odpovídá. Lze ho tedy určit jako převrácenou hodnotu konstanty m v rovnici lineární fitovací funkce, která vyjadřuje sklon křivky v daném bodě.



Analýza naměřené závislosti - úkoly

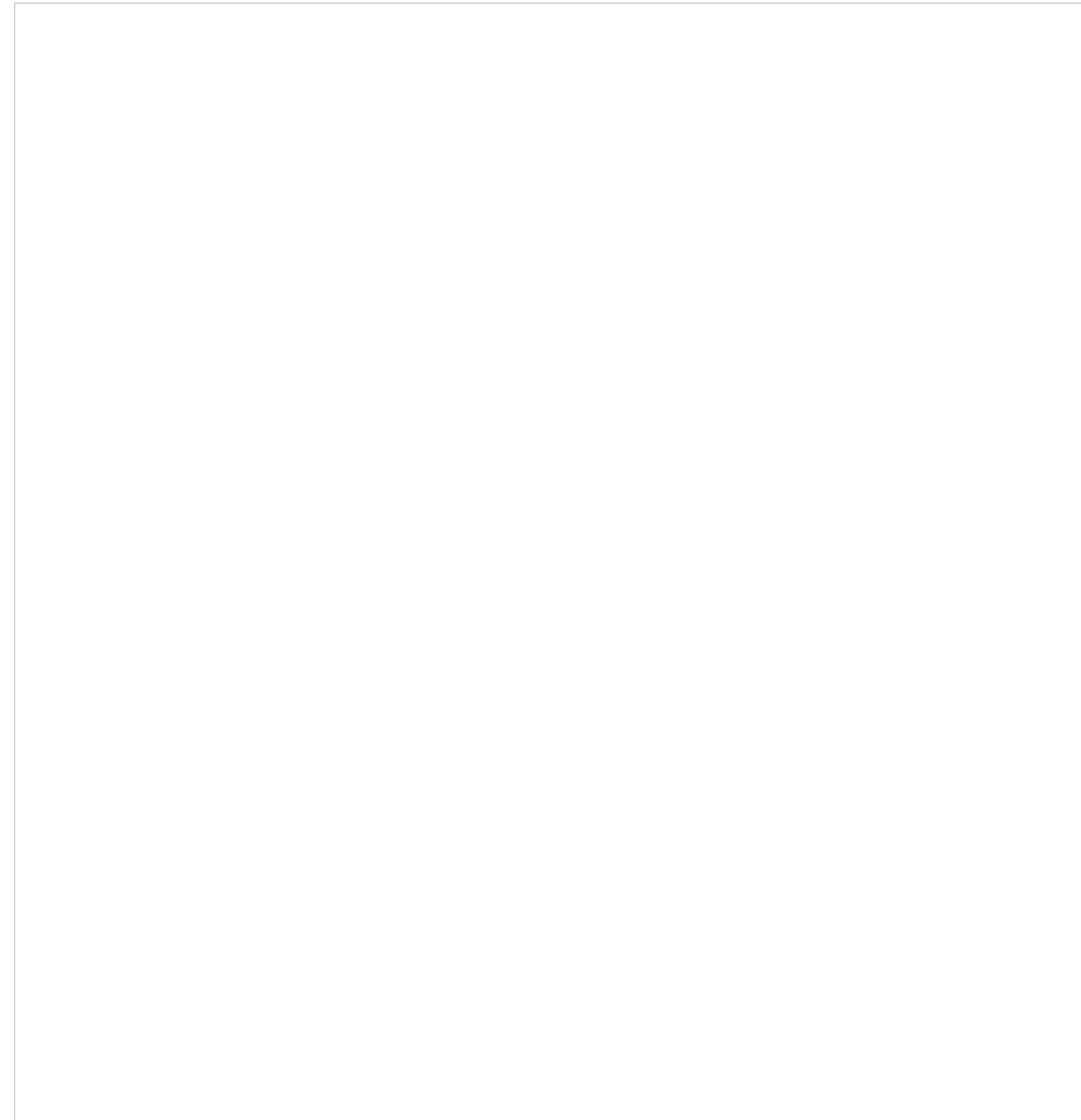
1. Určete prahové napětí a diferenciální odpor v oblasti po překročení prahového napětí použité křemíkové diody.
2. Pokus zopakujte pro germaniovou diodu a pro různě barevné svítivé diody, určete jejich prahová napětí a diferenciální odpory a porovnejte navzájem diody na základě těchto hodnot.
3. Zkuste zapojit diody také v závěrném směru (v obvodu pouze zapojte diodu obráceně) a proveďte měření. Popište výsledek.



Závěr

Pokuste se shrnout, co vyjadřuje Ohmův zákon a jak závisí velikost elektrického odporu na teplotě u kovů.

Co lze vyčíst z voltampérové charakteristiky polovodičové diody a v čem se z hlediska průchodu elektrického proudu tato součástka liší například od žárovky?



Použité materiály a další informační zdroje

SVOBODA, Emanuel a kol. *Přehled středoškolské fyziky*.

Praha: SPN, 1991. ISBN 80-04-22435-0.

Použité fotografie z externích zdrojů:

morgueFile free photo archive (morguefile.com)

Wikipedia (wikipedia.org)

Metodické poznámky

- Pokud nemáme k dispozici univerzální měřicí rozhraní 850, je možné použít zdroj s napětím okolo 5 V v zapojení s potenciometrem pro plynulou regulaci napětí.
- Pro potřeby třetího experimentu vyhoví většina obyčejných běžně dostupných diod jejichž maximální dovolený proud v propustném směru je alespoň 50 mA - z tohoto důvodu je v obvodu sériově k diodě připojen ochranný rezistor 100 Ω .