

Uniwersytet Zielonogórski WEiIT	Imię i nazwisko	Grupa lab,	Nr ćwicz, 4	Ocena
Laboratorium techniki eksperymentu				
Temat ćwiczenia: Modelowanie zjawisk i obiektów,		Data wyk,	Data odd,	Podpis

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z podstawowymi etapami modelowania matematycznego.

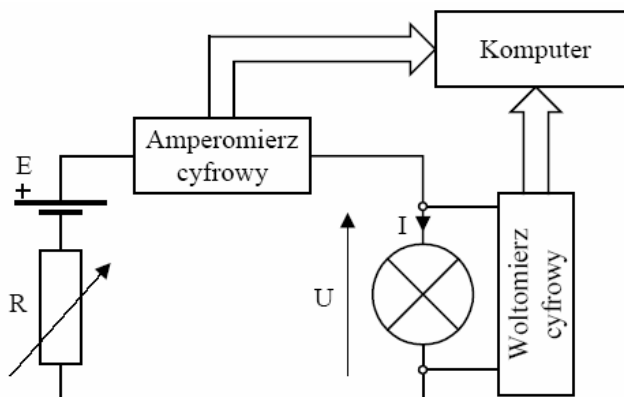
2. Wykaz aparatury

- multimeter METEX M-3860D
- makieta pomiarowa PD-7 nr 9909013
- opornik dekadowy DC typ OD-2-D6b klasa 0,5
- generator METEX MS-9160

3. Program ćwiczenia

3.1. Pomiar charakterystyki $I=f(U)$ żarówki 12V.

3.1.1. Schemat układu pomiarowego



3.1.2. Tabele wyników pomiarów i obliczeń

U [V]	I [mA]	ΔU [V]	ΔI [mA]	I _f [mA]	Δ_{mod} [mA]
0	0,03	0,00001	0,0001	13,01	12,9750
0,099	18,35	0,00031	0,05506	17,99	- 0,3629
0,279	35,53	0,00085	0,1066	26,61	- 8,9217
0,582	47,1	0,00275	0,1414	39,92	- 7,1787
0,993	56,6	0,00398	0,1699	55,80	- 0,8033
1,981	85,3	0,00694	0,256	85,52	0,2228
2,925	101,6	0,00978	0,3049	105,78	4,1779
3,963	119,1	0,01289	0,3574	122,46	3,3560

5,01	136,2	0,02503	0,4087	136,37	0,1718
5,99	150,7	0,02797	0,4522	148,75	- 1,9526
7,10	166,0	0,03130	0,4981	163,40	- 2,5967
8,05	178,5	0,03415	0,5356	176,84	- 1,6621
9,13	191,9	0,03739	0,5758	192,60	0,6953
10,07	202,9	0,04021	0,6088	205,56	2,6607
11,07	214,2	0,04321	0,6427	216,62	2,4176
11,92	223,4	0,04576	0,6703	221,77	- 1,6290

3.1.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Parametry multimetra potrzebne do obliczeń:

zakres [V]	dokładność	rozdzielczość [V]
400 m	±0,3%rdg+1dgt	10μ
4		1 m
40		10 m

zakres [mA]	dokładność	rozdzielczość [μ A]
40	±0,8%rdg+1dgt	10
400		100

$$\Delta U = 0,3\% \cdot \text{rdg} + 1\text{dgt} = 0,003 \cdot 0,099 + 1 \cdot 0,00001 = 0,00031 \text{ V}$$

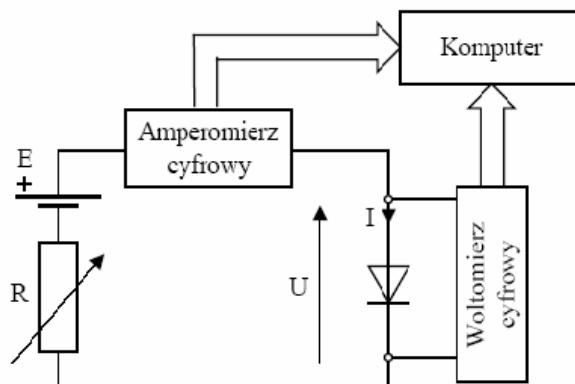
$$\Delta I = 0,8\% \cdot \text{rdg} + 1\text{dgt} = 0,008 \cdot 18,35 + 1 \cdot 0,00001 = 0,05506 \text{ mA}$$

$$I_f = -0,0325U^4 + 0,9091U^3 - 9,0456U^2 + 51,211U + 13,005 = -0,0325 \cdot 0,099^4 + 0,9091 \cdot 0,099^3 - 9,0456 \cdot 0,099^2 + 51,211 \cdot 0,099 + 13,005 = 14,27 \text{ mA}$$

$$\Delta_{\text{mod}} = I_f - I = 14,27 - 18,35 = -4,08 \text{ mA}$$

3.2. Pomiar charakterystyki $I=f(U)$ diody krzemowej.

3.2.1 Schemat układu pomiarowego,



3.2.3. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

U [V]	I [mA]	ΔU [V]	ΔI [mA]	I _f [mA]	Δ_{mod} [mA]
0,006	0,001	0,00003	0,00001	0,00	- 0,0006
0,441	0,10	0,00232	0,00031	0,32	0,2155
0,560	0,77	0,00268	0,00232	1,91	1,1389
0,605	1,94	0,00282	0,00583	3,77	1,8304
0,624	2,91	0,00287	0,00874	5,03	2,1158
0,640	4,03	0,00292	0,0121	6,40	2,3719
0,650	5,06	0,00295	0,01519	7,45	2,3873
0,660	6,27	0,00298	0,01882	8,66	2,3935
0,670	7,99	0,00301	0,02398	10,08	2,0882
0,681	9,89	0,00304	0,02968	11,90	2,0126
0,689	11,91	0,00307	0,03574	13,43	1,5237
0,696	14,27	0,00309	0,04282	14,93	0,6641
0,701	15,40	0,00310	0,04621	16,11	0,7074
0,706	17,22	0,00312	0,05167	17,37	0,1529
0,709	18,52	0,00313	0,05557	18,18	- 0,3406
0,715	21,04	0,00315	0,06313	19,91	- 1,1335
0,720	23,46	0,00316	0,07039	21,47	- 1,9896
0,725	26,37	0,00318	0,07912	23,16	- 3,2128
0,728	28,09	0,00318	0,08428	24,23	- 3,8578
0,731	30,14	0,00319	0,09043	25,36	- 4,7829
0,734	32,03	0,00320	0,0961	26,53	- 5,4957
0,736	33,69	0,00321	0,10108	27,35	- 6,3407
0,738	34,95	0,00321	0,10486	28,19	- 6,7607
0,740	36,75	0,00322	0,11026	29,06	- 7,6949
0,741	38,11	0,00322	0,11434	29,50	- 8,6121
0,743	39,55	0,00323	0,11866	30,40	- 9,1461

3.2.4. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

zakres [V]	dokładność	rozdzielczość [V]	zakres [mA]	dokładność	rozdzielczość [μ A]
400 m	$\pm 0,3\% \text{rdg} + 1 \text{dgt}$	10 μ	40	$\pm 0,8\% \text{rdg} + 1 \text{dgt}$	10
4		1 m	400		100
40		10 m			

$$\Delta U = 0,3\% \cdot \text{rdg} + 1 \text{dgt} = 0,003 \cdot 0,441 + 1 \cdot 0,001 = 0,00232 \text{V}$$

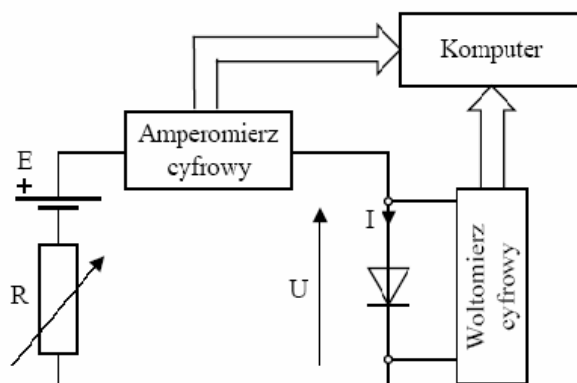
$$\Delta I = 0,8\% \cdot \text{rdg} + 1 \text{dgt} = 0,008 \cdot 0,10 + 1 \cdot 0,00001 = 0,00031 \text{ mA}$$

$$I_f = 0,0004e^{15,126 \cdot U} = 0,0004e^{15,126 \cdot 0,441} = 0,32 \text{ mA}$$

$$\Delta_{\text{mod}} = I_f - I = 0,32 - 0,10 = 0,22 \text{ mA}$$

3.3. Pomiar charakterystyki $I=f(U)$ diody germanowej.

3.3.1. Schemat układu pomiarowego,



3.3.2. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

U [V]	I [mA]	ΔU [V]	ΔI [mA]	I_f [mA]	Δ_{mod} [mA]
0,001	0,001	0,00001	0,00001	0,03	0,0310
0,042	0,09	0,00113	0,00028	0,05	- 0,0426
0,090	0,20	0,00127	0,00061	0,08	- 0,1250
0,254	0,95	0,00176	0,00286	0,36	- 0,5892
0,351	2,00	0,00205	0,00601	0,91	- 1,0869
0,413	3,34	0,00224	0,01003	1,65	- 1,6867
0,452	4,42	0,00236	0,01327	2,40	- 2,0184
0,482	5,48	0,00245	0,01645	3,20	- 2,2793
0,520	7,03	0,00256	0,0211	4,61	- 2,4247
0,559	8,70	0,00268	0,02611	6,69	- 2,0101
0,582	10,11	0,00275	0,03034	8,34	- 1,7722
0,595	10,93	0,00279	0,0328	9,44	- 1,4870
0,620	12,59	0,00286	0,03778	12,00	- 0,5934
0,649	14,64	0,00295	0,04393	15,84	1,1959
0,669	16,60	0,00301	0,04981	19,18	2,5781
0,685	18,58	0,00306	0,05575	22,35	3,7729
0,700	20,76	0,00310	0,06229	25,81	5,0451
0,708	22,28	0,00312	0,06685	27,86	5,5793
0,720	24,82	0,00316	0,07447	31,25	6,4312
0,726	26,35	0,00318	0,07906	33,10	6,7490
0,733	28,19	0,00320	0,08458	35,39	7,2033
0,740	30,76	0,00322	0,09229	37,85	7,0867
0,746	32,64	0,00324	0,09793	40,08	7,4445
0,749	34,21	0,00325	0,10264	41,25	7,0425
0,753	35,53	0,00326	0,1066	42,86	7,3330
0,756	37,01	0,00327	0,11104	44,11	7,1020
0,758	38,42	0,00327	0,11527	44,96	6,5448
0,761	39,48	0,00328	0,11845	46,28	6,7951

3.3.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

zakres [V]	dokładność	rozdzielczość [V]	zakres [mA]	dokładność	rozdzielczość [μ A]
400 m	$\pm 0,3\%rdg + 1dgt$	10 μ	40	$\pm 0,8\%rdg + 1dgt$	10
4		1 m	400		100
40		10 m			

$$\Delta U = 0,3\% \cdot rdg + 1dgt = 0,003 \cdot 0,042 + 1 \cdot 0,001 = 0,00113V$$

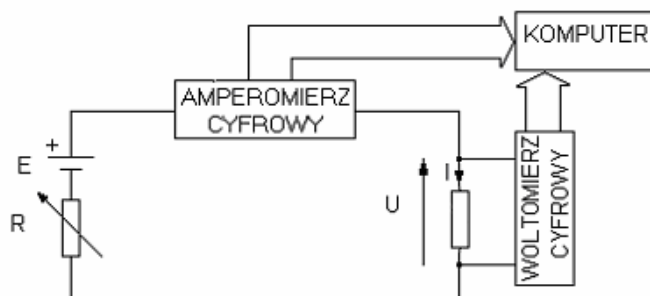
$$\Delta I = 0,8\% \cdot rdg + 1dgt = 0,008 \cdot 0,09 + 1 \cdot 0,00001 = 0,00028 \text{ mA}$$

$$I_f = 0,0317e^{9,5743U} = 0,0317e^{9,5743 \cdot 0,042} = 0,05$$

$$\Delta_{mod} = I_f - I = 0,05 - 0,09 = -0,04 \text{ mA}$$

3.4. Pomiar charakterystyki $I=f(U)$ rezystora,

3.4.1. Schemat układu pomiarowego,



3.4.2. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

U [V]	I [mA]	ΔU [V]	ΔI [mA]	I_f [mA]	Δ_{mod} [mA]
0,006	0,00	0,00003	0,00001	0,00	0,0048
0,911	0,17	0,00373	0,00052	0,16	- 0,0090
2,088	0,37	0,00726	0,00112	0,36	- 0,0058
2,928	0,51	0,00978	0,00154	0,51	- 0,0008
4,30	0,74	0,02290	0,00223	0,75	0,0060
4,88	0,85	0,02464	0,00256	0,85	- 0,0039
6,44	1,11	0,02932	0,00334	1,12	0,0053
7,31	1,27	0,03193	0,00382	1,27	- 0,0045

8,48	1,47	0,03544	0,00442	1,47	- 0,0026
9,55	1,65	0,03865	0,00496	1,65	0,0021
10,59	1,82	0,04177	0,00547	1,83	0,0116
11,82	2,04	0,04546	0,00613	2,04	0,0039
13,11	2,26	0,04933	0,00679	2,27	0,0066
14,51	2,51	0,05353	0,00754	2,51	- 0,0018
15,97	2,77	0,05791	0,00832	2,76	- 0,0098
17,46	3,01	0,06238	0,00904	3,02	0,0074
18,84	3,28	0,06652	0,00985	3,26	- 0,0244
20,93	3,61	0,07279	0,01084	3,62	0,0063
22,20	3,82	0,07660	0,01147	3,84	0,0155
23,09	4,02	0,07927	0,01207	3,99	- 0,0309
24,74	4,27	0,08422	0,01282	4,27	0,0039
26,28	4,55	0,08884	0,01366	4,54	- 0,0103
27,51	4,74	0,09253	0,01423	4,75	0,0120
29,24	5,04	0,09772	0,01513	5,05	0,0106
31,09	5,38	0,10327	0,01615	5,37	- 0,0101

3.4.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

zakres [V]	dokładność	rozdzielczość [V]	zakres [mA]	dokładność	rozdzielczość [μ A]
400 m	$\pm 0,3\% \text{rdg} + 1 \text{dgt}$	10 μ	40	$\pm 0,8\% \text{rdg} + 1 \text{dgt}$	10
4		1 m	400		100
40		10 m			

$$\Delta U = 0,3\% \cdot \text{rdg} + 1 \text{dgt} = 0,003 \cdot 0,911 + 1 \cdot 0,00001 = 0,00373 \text{ V}$$

$$\Delta I = 0,8\% \cdot \text{rdg} + 1 \text{dgt} = 0,008 \cdot 0,17 + 1 \cdot 0,00001 = 0,00052 \text{ mA}$$

$$I_f = 5,915 \cdot U - 0,5441 = 5,915 \cdot 0,911 - 0,5441 = 4,84 \text{ mA}$$

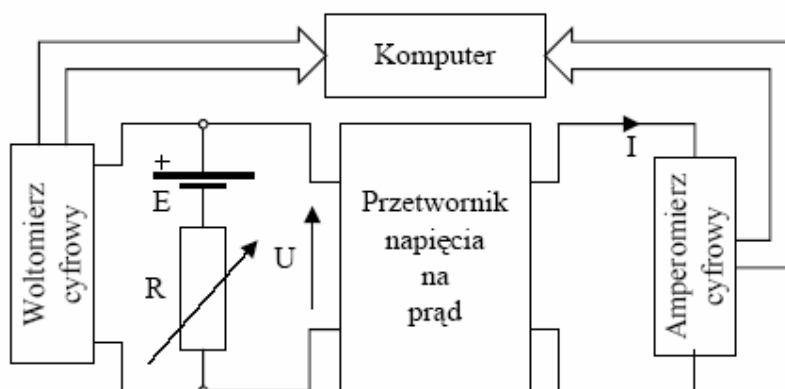
$$\Delta_{\text{mod}} = |I_f - I| = 4,84 - 0,17 = 4,67 \text{ mA}$$

3.5. Pomiar charakterystyki $I=f(U)$ przetwornika napięcia na prąd

3.4.1. Schemat układu pomiarowego.

Zakres wej.: - 10 V do + 10 V

Zakres wyj.: - 5 mA do + 5 mA



3.4.2. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

U [V]	I [mA]	ΔU [V]	ΔI [mA]	If [mA]	Δ_{mod} [mA]
0,006	- 0,01	0,00003	-0,00002	- 0,01	- 0,0006
0,344	0,16	0,00104	0,00049	0,16	- 0,0028
0,981	0,48	0,00394	0,00145	0,47	- 0,0065
1,906	0,92	0,00672	0,00277	0,93	0,0127
3,106	1,53	0,01032	0,0046	1,53	- 0,0015
3,935	1,93	0,01281	0,0058	1,94	0,0101
4,84	2,40	0,02452	0,00721	2,39	- 0,0105
5,90	2,92	0,02770	0,00877	2,92	- 0,0042
6,91	3,42	0,03073	0,01027	3,42	- 0,0028
8,00	3,95	0,03400	0,01186	3,96	0,0084
8,97	4,44	0,03691	0,01333	4,44	0,0000
9,87	4,89	0,03961	0,01468	4,89	- 0,0031

3.5.1. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

zakres [V]	dokładność	rozdzielczość [V]	zakres [mA]	dokładność	rozdzielczość [μ A]
400 m	$\pm 0,3\%rdg+1dgt$	10 μ	40	$\pm 0,8\%rdg+1dgt$	10
4		1 m	400		100
40		10 m			

$$\Delta U = 0,3\% \cdot rdg + 1dgt = 0,003 \cdot 0,344 + 1 \cdot 0,00001 = 0,00104 \text{ V}$$

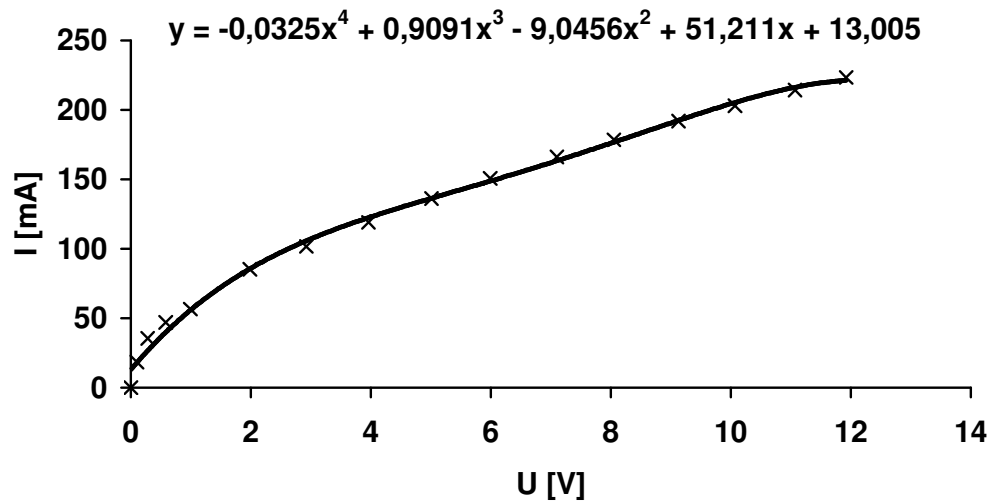
$$\Delta I = 0,8\% \cdot rdg + 1dgt = 0,008 \cdot 0,16 + 1 \cdot 0,00001 = 0,00049 \text{ mA}$$

$$I_f = 0,4965 \cdot U - 0,0136 = 0,4965 \cdot 0,344 - 0,0136 = 0,16 \text{ mA}$$

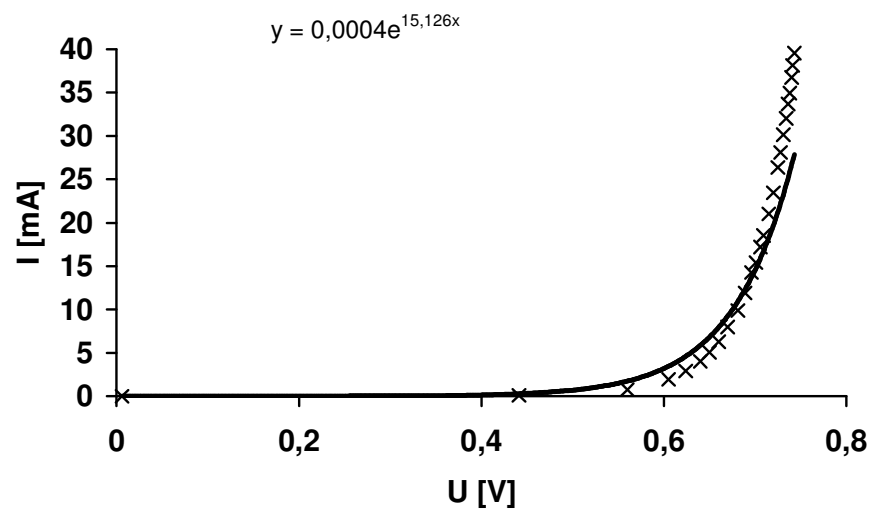
$$\Delta_{\text{mod}} = |I_f - I| = 0,16 - 0,344 = -0,0028 \text{ mA}$$

4. Wykresy

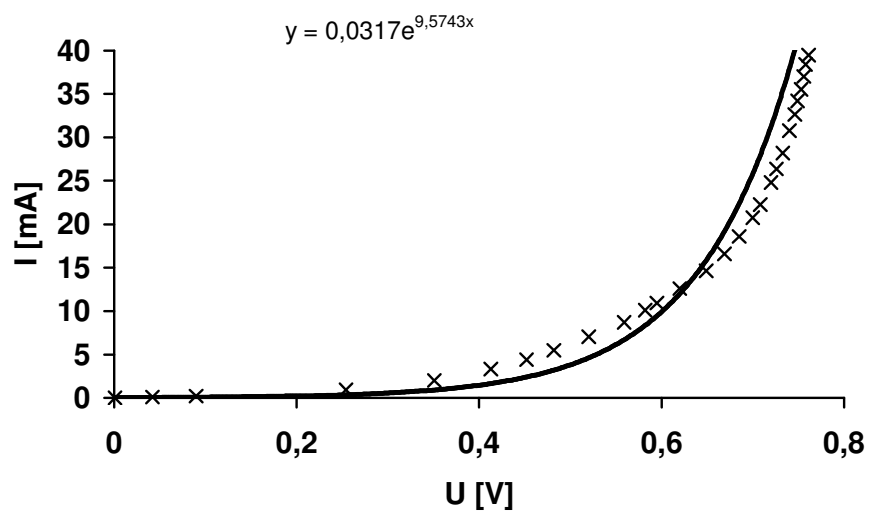
4.1. Pomiar charakterystyki $I=f(U)$ żarówki 12V



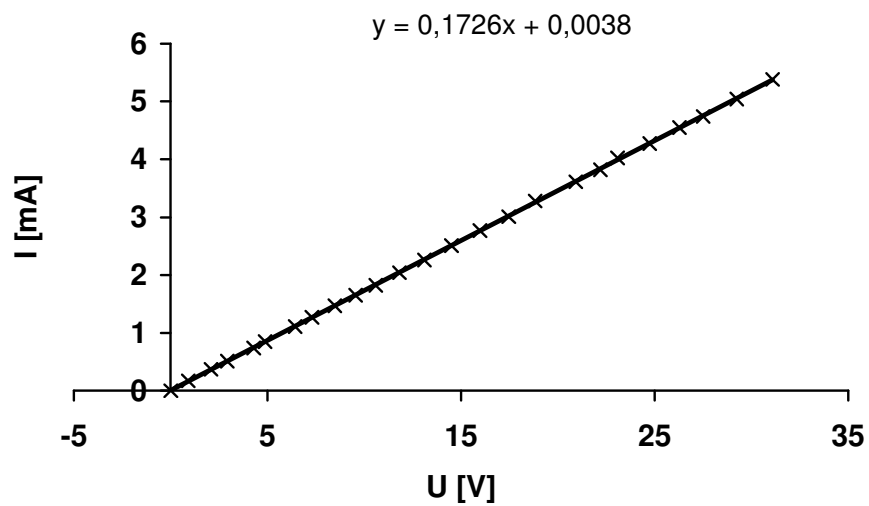
4.2. Pomiar charakterystyki $I=f(U)$ diody krzemowej.



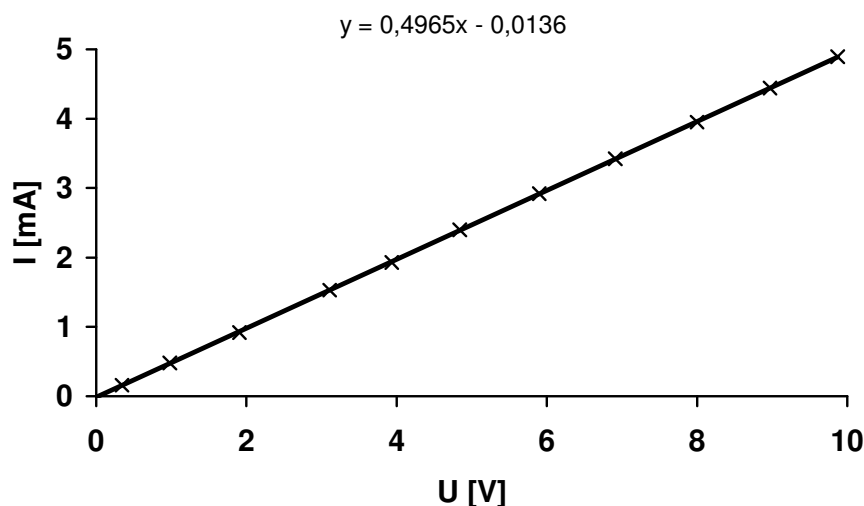
4.3. Pomiar charakterystyki $I=f(U)$ diody germanowej.



4.4. Pomiar charakterystyki $I=f(U)$ rezystora,



4.5. Pomiar charakterystyki $I=f(U)$ przetwornika napięcia na prąd



5. Uwagi i wnioski,

Celem tego ćwiczenia było zapoznanie się z podstawowymi etapami modelowania matematycznego. Przy pomocy programu komputerowego ImeLab2 zdjeliśmy charakterystyki $I=f(U)$ żarówki, diody krzemowej i germanowej, rezystora i przetwornika napięcia na prąd.

Dla każdego badanego elementu zdjeliśmy charakterystykę $I=f(U)$, obliczyliśmy błędy pomiarów (ΔU , ΔI) oraz wartości błędu modelowania.

W punkcie 3.1 zajęliśmy się pomiarem charakterystyki $I=f(U)$ żarówki 12V. Po wyznaczeniu równania modelu okazało się, że błędy modelowania są bardzo duże, w granicach $-7,1787 \div 12,9750$ mA. Wydaje nam się, że było to spowodowane błędem przyrządów pomiarowych oraz minimalnego doświadczenia jako eksperymentatorów, a takie było tutaj potrzebne.

W punkcie 3.2 i 3.3 zajęliśmy się pomiarem diod (krzemowej i germanowej). Błędy modelowania były tu trochę mniejsze niż w poprzednim punkcie. Można zauważyć, że wartość błędu modelowania wzrosła po przekroczeniu ok. 0,6 V (napięcia przewodzenia).

W punkcie 3.4 badaliśmy rezystor. Charakterystyka $I=f(U)$ ma postać liniową a wartość błędu modelowania jest minimalna, co świadczy o dobrym wyborze równania.

W kolejnym punkcie zdjeliśmy charakterystykę przetwornika napięcia na prąd. Także w tym wypadku charakterystyka była liniowa. Błąd modelowania także miał bardzo małe wartości. Wykonane pomiary świadczą o dobrych właściwościach badanego przetwornika.