실험 시험 문제 풀이

갈바니 전지

제1부. 갈바니 전지 “Camelion”의 특성.

1.1 – 1.3 표 1은 저항 R_{0k}와 전압 U_k를 측정한 결과와 전류 I_k를 계산한 결과를 나타낸다.

표 1

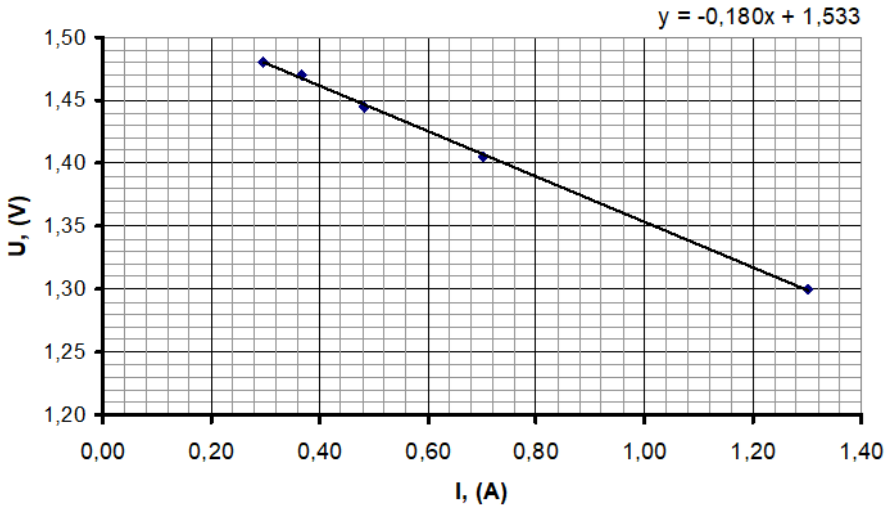
k	R_{0k}, Ohm	U_k, V	I_k, A
1	1,0	1,300	1,300
2	2,0	1,405	0,703
3	3,0	1,445	0,482
4	4,0	1,470	0,368
5	5,0	1,480	0,296

전류의 세기는 옴의 법칙에 따라 계산하며

$$I_k = \frac{U_k}{R_k}, \quad (1)$$

얻은 관계의 그래프는 그림 1에 나타내었다.

Fig. 1



1.4 외부 회로에 걸리는 전압이 전류의 세기에 따라 달라지는 이론적인 관계는 옴의 법칙으로부터 나온다.

$$U = \varepsilon - IR. \quad (2)$$

최소 제곱법을 이용하여 선형 관계 $U = aI + b$의 매개변수를 구한다. 식 (2)에 따르면 갈바니 전지의 특성값은 다음과 같다.

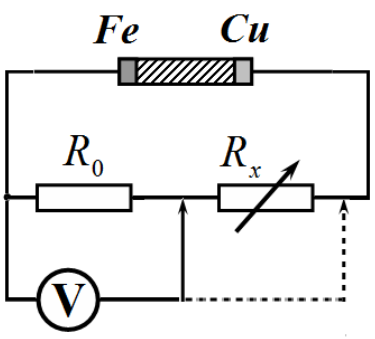
$$\varepsilon = b = (1{,}53 \pm 0{,}04)\ \text{V}, \quad (3)$$

$$r = -a = (0{,}18 \pm 0{,}02)\ \text{Ohm}. \quad (4)$$

제2부. 직접 만든 갈바니 전지.

2.1 다음 회로를 사용한다. 고정 저항기 $R_0 = 10{,}0\ \text{k}\Omega$과 $20.0\ \text{k}\Omega$ 가변 저항기를 사용한다. 저항기 R_0에 걸리는 전압 U_0를 측정하였고, 이로부터 전류의 세기를 다음과 같이 계산한다.

$$I = \frac{U_0}{R_0}. \quad (5)$$

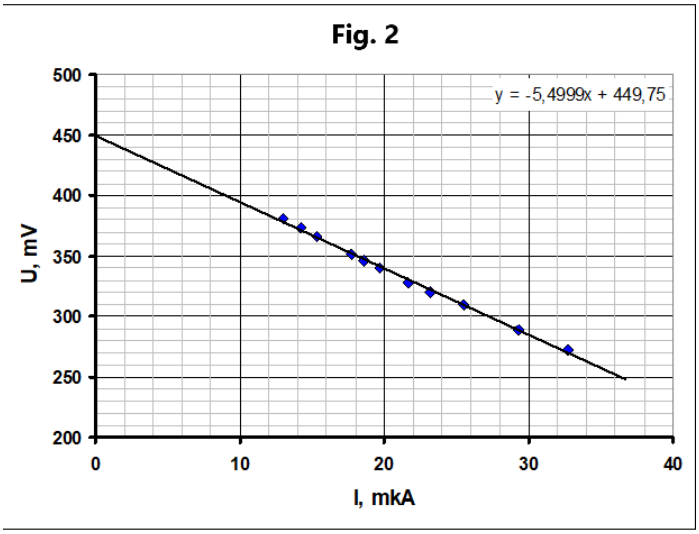


외부 회로에 걸리는 전압 U도 직접 측정한다.

2.2 측정 결과는 표 2와 그림 2의 그래프에 나타내었다.

표 2.

U_0, mV	U, mV	I, mkA
269	272	32,7
241	289	29,3
210	310	25,5
191	320	23,2
178	328	21,7
162	340	19,7
153	346	18,6
146	351	17,8
126	366	15,3
117	373	14,2
107	381	13,0



2.3 최소 제곱법으로 계산하면 직접 만든 전지의 특성값은 다음과 같다.

$$r = (5{,}5 \pm 0{,}5)\ \text{kOhn}, \quad (6)$$

$$\varepsilon = (450 \pm 13)\ \text{mV}. \quad (7)$$

제3부. 갈바니 전지의 연결.

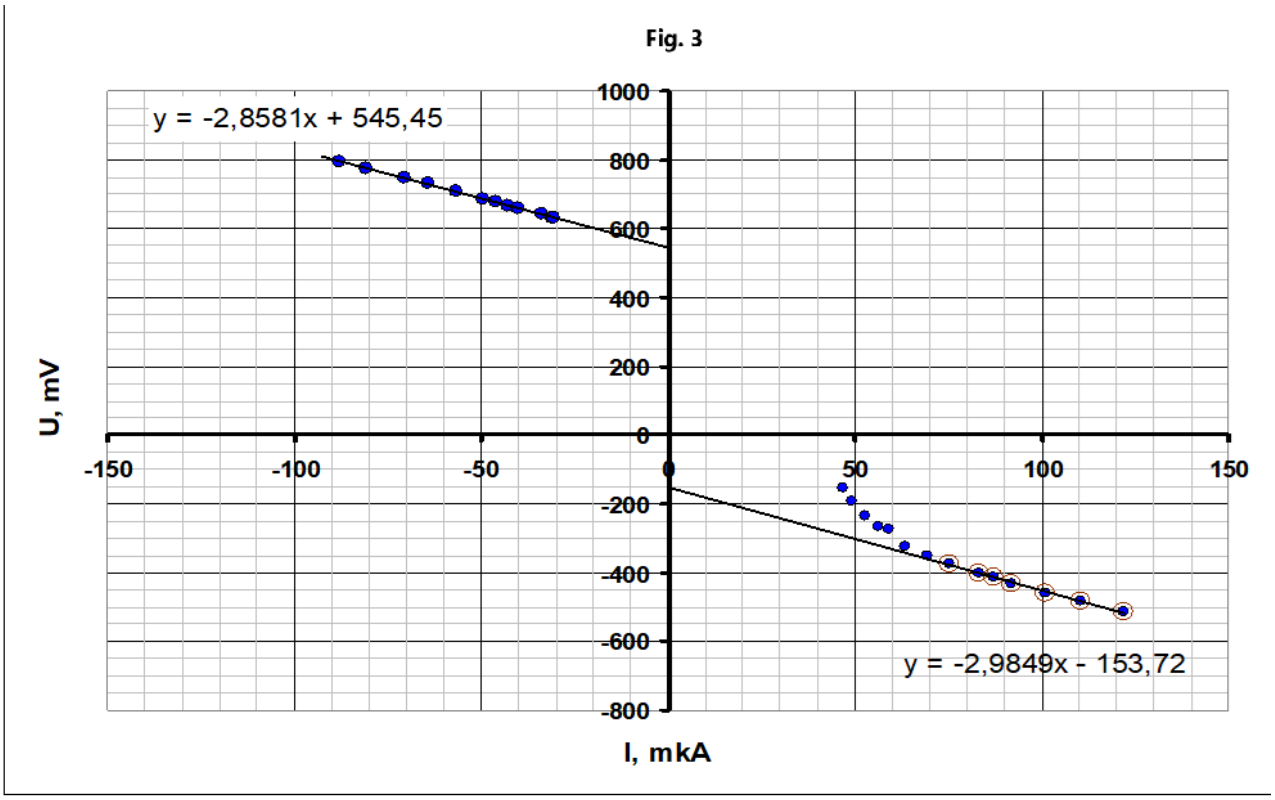
3.1-3.2 직렬로 연결하면 기전력은 두 전원의 기전력의 합(약 2 V)이나 차(약 1 V)와 같다. 병렬로 연결하면 전체 기전력은 공업용 전지의 기전력인 약 1.5 V와 같다(공업용 전지의 저항이 더 작다).

제4부. 갈바니 전지의 전류-전압 특성.

4.1 가변 저항기 회로에 따라 전원을 사용하면 다음 결과를 얻는다. 표 3과 그림 3의 그래프를 보라.

표 3.

«+» - «-»			«-» - «+»		
U_0, mV	U, mV	I, mkA	U_0, mV	U, mV	I, mkA
-722	793	-87,8	1003	-514	122,0
-665	777	-80,9	907	-483	110,3
-579	748	-70,4	829	-460	100,9
-528	731	-64,2	757	-431	92,1
-466	710	-56,7	715	-414	87,0
-409	687	-49,8	685	-403	83,3
-378	677	-46,0	620	-374	75,4
-352	669	-42,8	570	-350	69,3
-329	660	-40,0	521	-324	63,4
-279	642	-33,9	485	-274	59,0
-255	633	-31,0	463	-267	56,3
-251	631	-30,5	434	-236	52,8
			406	-191	49,4
			386	-153	47,0



4.2 전류의 방향이 바뀌면 갈바니 전지의 극성이 바뀌는 것이 분명하다.
선형 관계의 매개변수는 다음과 같다.

$$r = (2{,}9 \pm 0{,}2)\ \text{kOhm}, \quad (8)$$

$$\varepsilon = (545 \pm 10)\ \text{mV}, \quad (9)$$

이 값은 앞에서 얻은 값에 가깝다. 그러나 두 값은 여전히 상당히 다른데, 이것은 전류가 흐를 때 전극 근처의 전기 이중층이 재배열되기 때문이다.

두 번째 선형 관계는 역설적인데, 전지의 극성이 바뀌기 때문이다.

$$r = (3{,}0 \pm 0{,}4)\ \text{kOhm.}, \quad (10)$$

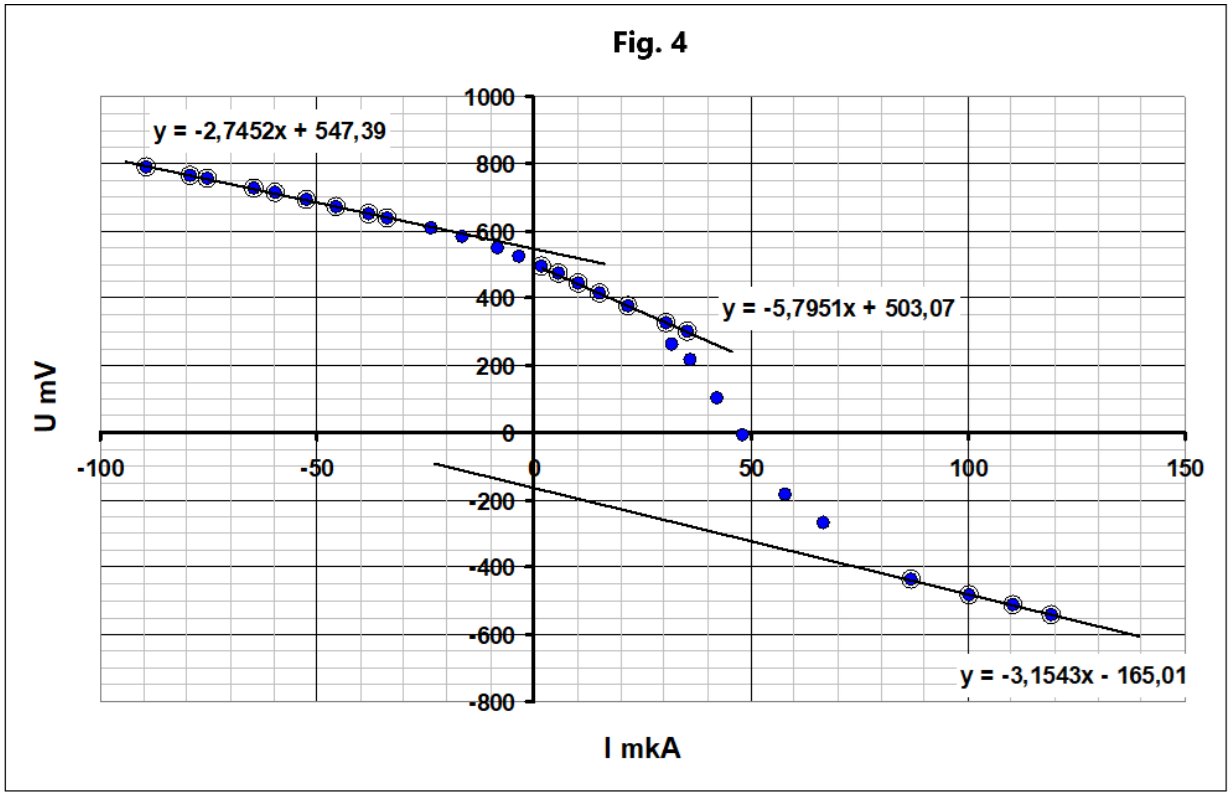
$$\varepsilon = -(154 \pm 42)\ \text{mV}. \quad (11)$$

4.3 전위차계 회로에 따라 전원을 사용하면 회로에 흐르는 전류의 변화 범위가 넓어진다. 측정 결과는 표 4와 그림 4의 그래프에 나타내었다.

표 4

«+» - «-»			«-» - «+»		
U_0, mV	U, mV	I, mkA	U_0, mV	U, mV	I, mkA
-733	790	-89,2	982	-541	119,5
-649	764	-79,0	908	-514	110,5
-619	755	-75,3	826	-483	100,5
-529	725	-64,4	716	-439	87,1
-489	712	-59,5	550	-269	66,9
-429	692	-52,2	477	-183	58,0
-374	673	-45,5	396	-6	48,2
-313	651	-38,1	349	103	42,5
-277	638	-33,7	296	217	36,0
-193	606	-23,5	261	261	31,8
-135	581	-16,4			
-69	548	-8,4			
-29	524	-3,5			
16	493	1,9			

48	471	5,8			
84	442	10,2			
124	414	15,1			
180	375	21,9			
252	326	30,7			
291	299	35,4			



4.4 재분극은 전류가 0일 때가 아니라 약 50 μA 범위의 전류에서 일어나는 것으로 밝혀졌다.

(전류가 커지는 순서로) 세 선형 구간이 구별되며, 이 범위에서 기전력과 내부 저항의 값은 다음과 같다.

첫 번째 구간:

$$r = (2{,}75 \pm 0{,}14)\text{kOhm}, \quad (12)$$

$$\varepsilon = (547 \pm 5)\ \text{mV}, \quad (13)$$

이것은 앞에서 얻은 값과 일치한다.

두 번째 구간:

$$r = (5{,}80 \pm 0{,}24)\text{kOhm}, \quad (14)$$

$$\varepsilon = (503 \pm 5)\ \text{mV}, \quad (15)$$

이것은 전류의 방향이 바뀔 때 내부 저항이 2배 넘게 달라진다는 것을 분명히 보여 준다.

세 번째 구간 (극성 반전):

$$r = (3{,}15 \pm 0{,}14)\ \text{kOhm}, \quad (16)$$

$$\varepsilon = -(165 \pm 14)\ \text{mV}, \quad (17)$$

이것도 4.1에서 얻은 값과 거의 일치한다.

채점 기준

측정값의 단위를 적지 않으면 그 결과는 채점하지 않는다!

문항	내용	총점	배점
제1부. 갈바니 전지 “Camelion”의 특성.		**3,0**	
1.1	저항 측정 0,1×5=0.5	0,5	0,5

	허용 오차 ±0,2 Ω		
1.2	전압 측정 0,1×5=0.5 *허용 오차* ±0,2 V	0,5	0,5
1.3	식 (1) 전류 계산 *(1.1 – 1.2에서 점수를 받은 점만)* 0,1×5=0.5 그래프: - 축에 이름과 눈금을 붙였다; - 모든 점을 표에 맞게 찍었다; - 맞춤 직선을 그었다.	1,0	0,2 0,5 0,1 0,1 0,1
1.4	이론적인 관계 (3); 최소 제곱법을 이용한 전지의 특성값 계산 *(그래프에서 두 점으로 구하면);* 기전력 값이 1,55 – 1,65 V 범위 안에 있다; (*1,40 – 1,70 V);* 내부 저항 값이 0,1-0,3 Ω 범위 안에 있다 (*0,05-0.5 Ω*) 매개변수의 오차를 평가하였다 2×0,1	1,0	0,1 0,3(*0,2;0,1)* 0,2 *(0,1)* 0,2*(0,1)* 0,2
제2부. 직접 만든 갈바니 전지.		**3,0**	
2.1	측정 회로: 저항기, 가변 저항기, 갈바니 전지를 직렬로 연결하였다; 전압계를 두 곳에 연결하였다; - 10 kΩ 저항기를 사용하였다; - 20 kΩ 가변 저항기를 사용하였다; - 두 전압을 측정하였다; - 전류의 식: - 외부 회로에 걸리는 전압을 측정하거나 계산하였다.	1,0	 0,4 0,1 0,1 0,2 0,1 0,1
	전기 회로가 점수를 받은 경우에만 2.2와 2.3을 채점한다!		
2.2	측정: - 점이 8개 이상이다 *(5-7개; 5개 미만)*; - 전류 세기의 하한이 200 μA보다 작다; - 전류 세기의 상한이 1000 μA보다 크다. 그래프 (1.3과 같이): 선형으로 감소하는 관계 $U(I)$를 얻었다. *역관계 $I(U)$를 그렸으면 (-0,2점)*	1,0	 0,3(*0,2;0,1)* 0,1 0,1 0,3 0,2
2.3	전지의 특성값: 최소 제곱법을 사용하였다 (그래프로); - 기전력 값이 0,4 – 0,6 V 범위 안에 있다; (*0,3 – 0,7 V);* - 내부 저항이 4.5 – 6.5 kΩ 범위 안에 있다 *(4.0 – 7.0 kΩ)* 매개변수의 오차를 평가하였다 2×0,1	1,0	 0,2*(0,1)* 0,3*(0,2)* 0,3*(0,2)* 0,2
제3부. 갈바니 전지의 연결.		**1,0**	
3.1	회로 1: 기전력의 합; 회로 2: 기전력의 차; 회로 3: 공업용 전지의 기전력; 회로 4: 공업용 전지의 기전력.	0,6	0,1 0,1 0,2 0,2
3.2	이론식 회로 1-2; 0,1×2=0,2 회로 3-4 (내부 저항의 비교에 바탕을 둔 충분한 논증); 0,1+0,1=0,2	0,4	 0,2 0,2
제4부. 갈바니 전지의 전류-전압 특성. ***결과가 출제자의 결과와 50% 넘게 다르지 않을 때만 채점한다!***		**13**	
4.1	- 전원을 두 가지 극성으로 연결하여 측정하였다; - 전류와 전압의 부호가 서로 반대인 두 갈래를 얻었다;	3,0	0,2 0,4

	- 각 갈래에 점이 8개 이상 있다 *(5-7개)*; - 각 갈래에서 전류의 변화 범위가 50 μA 이상이다; - 음의 전류에서 선형 관계를 얻었다; - 양의 전류에서는 관계가 비선형이며 아래로 볼록하다; 그래프 (1.3과 같이).		2×0,4*(0,2)* 2×0,3 0,2 0,4 0,4
4.2	선형 구간 두 개를 골랐다: 한 갈래에서 하나, 다른 갈래에서 하나; 2×0,5=1,0 각 구간에서 기전력과 내부 저항의 값을 구하였다 (허용 오차 – 50%) 0,5×4=2,0	3	1,0 2,0
4.3	- 전원을 두 가지 극성으로 연결하여 측정하였다; - 전류와 전압의 부호가 서로 반대인 두 갈래를 얻었다; - 두 갈래의 전류 세기 범위가 겹친다; - 각 갈래에 점이 8개 이상 있다 *(5-7개)*; - 각 갈래에서 전류의 변화 범위가 70 μA 이상이다; - 얻은 값이 같은 전류 범위에서 4.1의 값에 가깝다(±20%); - 한 갈래에서 다른 갈래로 넘어가는 부분을 얻었다; - 30 – 80 μA 범위에서 0을 지난다; 그래프 (1.3과 같이):	3,5	0,2 0,4 0,2 2×0,4*(0,2)* 2×0,3 2×0,2 0,3 0,2 0,4
4.3	선형 구간 3개를 찾았다; 맞춤 직선을 그었다; 각 선형 구간에서 기전력과 내부 저항의 값을 구하였다; - 전류 세기의 부호가 바뀔 때 내부 저항이 1.5배 넘게 달라진다; - 극성이 반전될 때 기전력의 부호가 바뀐다.	3,5	3×0,3 3×0,1 6×0,3 0,2 0,3
	합계	**20,0**	