

チャレンジ番号	氏名

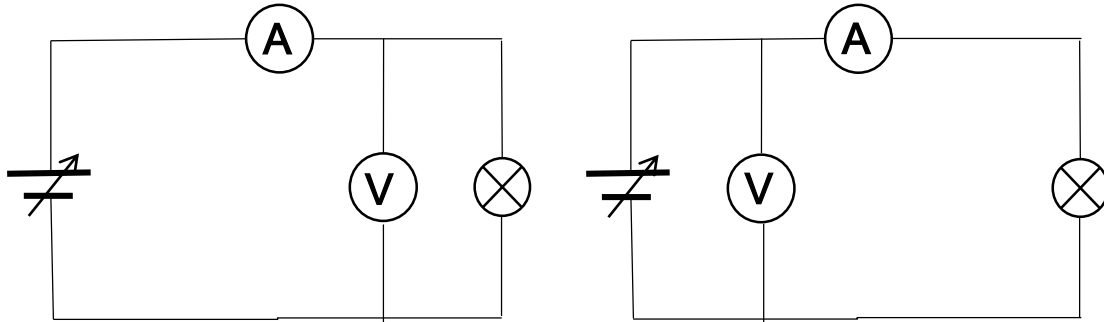
実験課題 1

解答用紙 1

課題 1-1 豆電球の電流・電圧特性の測定

問 1 回路の配線図

(5 点)



問 2, 問 4, 問 5 室温の測定

(5 点)

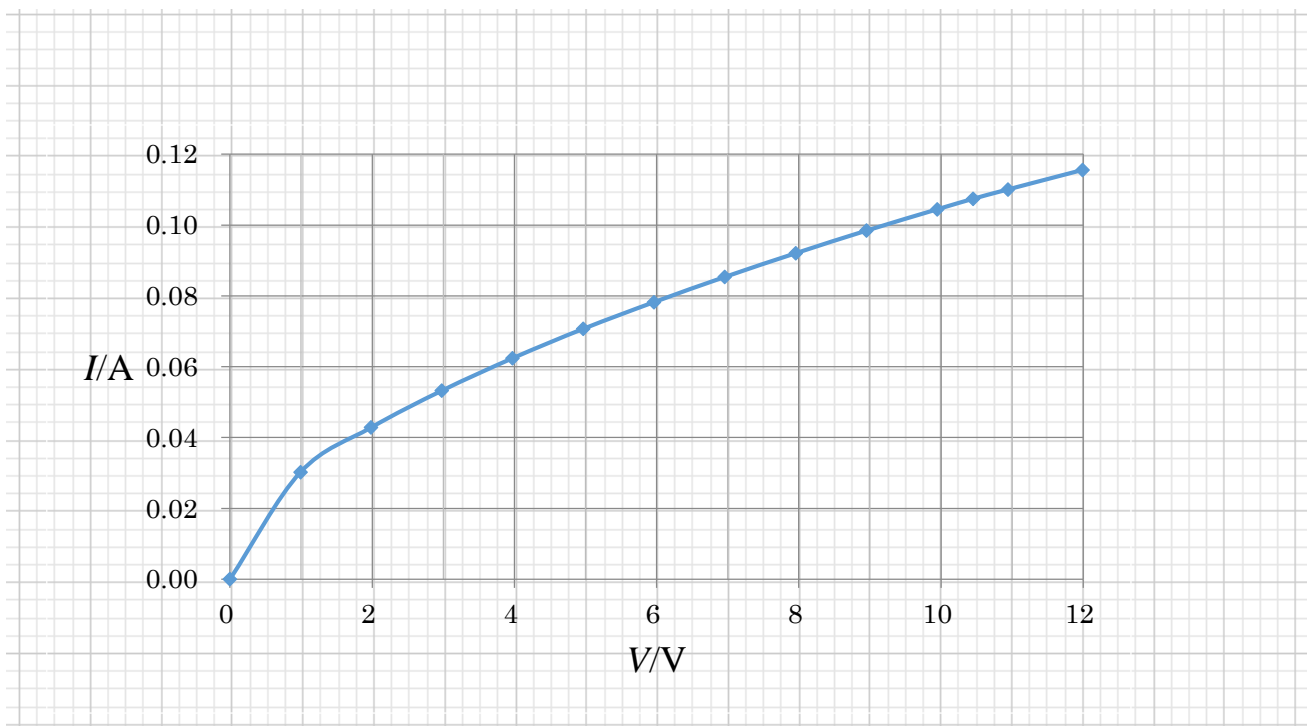
測定開始前	測定終了後	平均値
T_b/K	T_a/K	T_s/K
296	300	298

問 3, 問 7 表 1-1 に記入せよ。

(10 点)

問 6 電流—電圧グラフ (I - V グラフ)

(5 点)



点

チャレンジ番号	氏名

解答用紙 2

【表 1 - 1 (X/U は物理量 X を単位 U で表したときの数値を表す)】

V/V	I/A	R/ Ω	$\rho/(\mu\Omega\cdot\text{cm})$	T/K	P/W	x	y
0.991	0.0302	32.84	17.10	747	0.0299	26.44	-3.5089
1.985	0.0428	46.38	24.15	988	0.0850	27.57	-2.4654
2.979	0.0532	56.00	29.16	1154	0.1585	28.20	-1.8418
3.975	0.0624	63.74	33.19	1280	0.2479	28.62	-1.3948
4.970	0.0707	70.32	36.62	1386	0.3513	28.94	-1.0462
5.965	0.0782	76.27	39.72	1481	0.4665	29.20	-0.7625
6.961	0.0853	81.59	42.49	1565	0.5939	29.42	-0.5210
7.957	0.0920	86.48	45.04	1641	0.7321	29.61	-0.3118
8.953	0.0984	90.98	47.38	1711	0.8810	29.78	-0.1267
9.949	0.1044	95.28	49.62	1777	1.0388	29.93	0.0381
10.452	0.1074	97.34	50.69	1808	1.1223	30.00	0.1154
10.944	0.1100	99.46	51.80	1840	1.2042	30.07	0.1858
11.990	0.1155	103.79	54.05	1906	1.3852	30.21	0.3258

T_s/K	$\frac{l}{S} / (10^8/\text{m})$
298	1.92

点

チャレンジ番号	氏名

課題 1 - 2 室温における豆電球の抵抗の測定

問 1, 問 4, 問 5 室温の測定

(5 点)

測定開始前	測定終了後	平均値
T_{0b}/K	T_{0a}/K	T_0/K
300	296	298

問 2

(5 点)

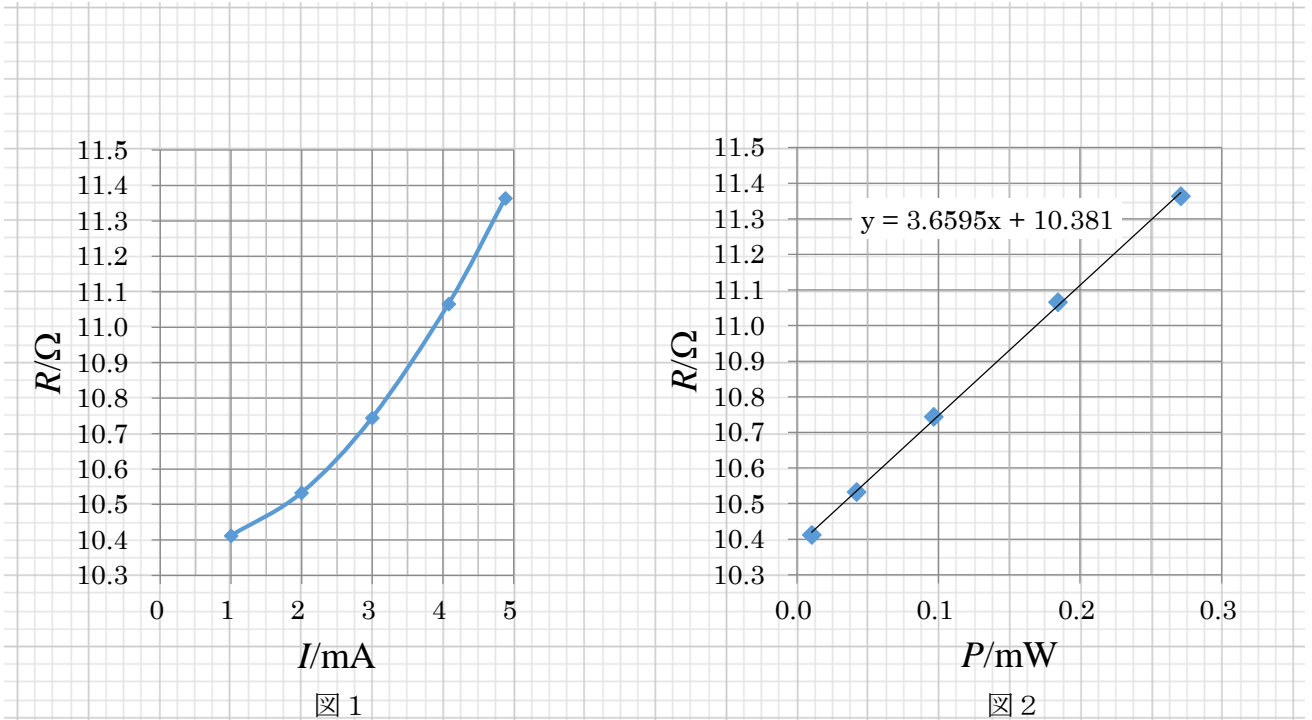
【表 1 - 2 (X/U は物理量 X を単位 U で表したときの数値を表す)】

V/V	I/A	R/Ω	P/W
0.0555	0.00488	11.36	0.0002711
0.0452	0.00408	11.07	0.0001842
0.0322	0.00300	10.74	0.0000966
0.0211	0.00200	10.53	0.0000421
0.104	0.00100	10.41	0.0000104

チャレンジ番号	氏名

解答用紙 4
(10 点)

問 3



R_0/Ω	10.38
--------------	-------

問 6

(5 点)

$\rho_0/(\mu\Omega\cdot\text{cm})$	5.40
------------------------------------	------

【算出の過程】 表 A の $x_0 = T_0/\text{K} = 298$ の前後を読み取ると,

$x = T/\text{K}$	$y = \rho/(\mu\Omega\cdot\text{cm})$	$\Delta y/\Delta x$	$\Delta x/\Delta y$
293	5.28	0.02300	43.48
300	5.44		

$$y_0 = \rho_0/(\mu\Omega\cdot\text{cm}) = 0.02300 \times (298 - 293) + 5.28 = 5.40$$

問 7

(5 点)

$\frac{l}{S} / (10^8/\text{m})$	1.92
---------------------------------	------

解答用紙 5

点

チャレンジ番号	氏名

課題 1-3 各測定点におけるフィラメント温度と消費電力の算出

問 1 ~ 3 表 1-1 に記入せよ。 (10 点)

課題 1-4 シュテファン=ボルツマンの法則の検証

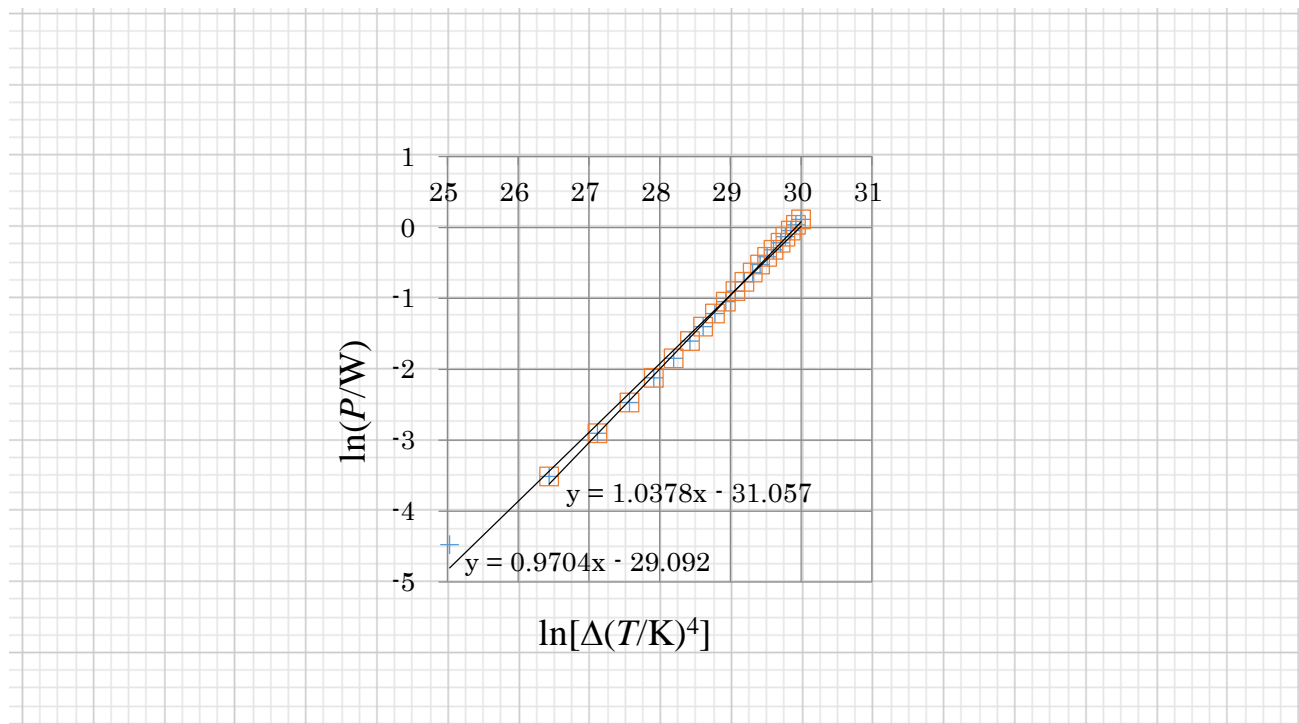
問 1 (10 点)

横軸 (x)	$\ln[(T/K)^4 - (T_s/K)^4]$
縦軸 (y)	$\ln(P/W)$

【選んだ理由】

勾配が 1 からどの程度離れるかによって、シュテファン=ボルツマンの法則からのはずれの程度を見積もることができる。

問 2 値は表 1-1 に記入せよ。 (10 点)



点

チャレンジ番号	氏名

解答用紙 6
(10 点)

問 3

(例 1) すべてのデータ点の近くを通る直線の勾配は、1 より 3 % 程度小さく、温度最低のデータ点を除いた場合の勾配は 1 より 4 % 程度大きい。

温度が低い場合は、伝導で移動する熱が放射に対して無視できなくなることが現れたのかもしれない。

勾配 (したがって、その逆数も) は 1.00 ± 0.04 とみなせるので、式(1.3) あるいは式(1.4) に相当する関係式は、

$$I^{1.00 \pm 0.04} \propto T^4$$

と書くことができる。

(例 2) 問 2 のグラフから、 $x = \ln[(T/K)^4 - (T_s/K)^4]$ と $y = \ln(P/W)$ の関係を表す実験式は、

$$y = \alpha x - \beta, \quad \alpha = 1.00 \pm 0.04, \quad \beta = 30 \pm 1$$

と表される。

(結論) 全体として、シュテファン=ボルツマンの法則は検証されたと考えられる。

問 4

(5 点)

A/m^2	$(0.61 \sim 4.49) \times 10^{-6}$ or $(1.65^{+2.84}_{-1.04}) \times 10^{-6}$
---------	---

【算出の過程】

式(1.6)の両辺の (自然) 対数をとると、 $\ln(P/W) = \ln[a/(W/K^4)] + \ln[(T/K)^4 - (T_s/K)^4]$ となるので、

問 2 のグラフの実験式を、 $\ln(P/W) = \alpha \ln[(T/K)^4 - (T_s/K)^4] - \beta$ と置くと、 $\ln[a/(W/K^4)] = -\beta$

問 2 の結果 $\alpha = 1.00 \pm 0.04$, $\beta = 30 \pm 1$ から、 $\ln[a/(W/K^4)] = -30 \pm 1$

$$\rightarrow a/(W/K^4) = \exp(-30 \pm 1) = 9.36 \times 10^{-14} \text{ }^* / 2.71 \rightarrow 3.44 \times 10^{-14} \text{ W/K}^4 < a < 2.54 \times 10^{-13} \text{ W/K}^4$$

$$\text{式(1.7)から, } A/m^2 = [a/(W/K^4)] / [\sigma/(W/(m^2 \cdot K^4))] = \frac{9.36 \times 10^{-14}}{5.670 \times 10^{-8}} \text{ }^* / 2.71 = 1.65 \times 10^{-6} \text{ }^* / 2.71$$

$$0.607 \times 10^{-6} < A/m^2 < 4.49 \times 10^{-6}$$

点

チャレンジ番号	氏名

実験課題 2

解答用紙 7

課題 2-1-1 偏光板を通過した LED 光源の光の強度測定

問 1

(5 点)

偏光板 A			偏光板 B		
入射光強度 /mV	バックグラウンド /mV	補正後の入射光強度 /mV	入射光強度 /mV	バックグラウンド /mV	補正後の入射光強度 /mV
643	15.1	628	662	43.8	618

課題 2-1-2 膜で反射した光の強度測定

問 2

(15 点)

角度 /°	偏光板 A				偏光板 B			
	反射光強度 /mV	バックグラウンド/mV	補正後の反射光強度 /mV	反射率 /%	反射光強度 /mV	バックグラウンド/mV	補正後の反射光強度 /mV	反射率 /%
40	43.6	19.8	23.8	3.8	112.6	14.2	98.4	15.9
45	35.2	15.6	19.6	3.1	140.4	17.9	122.5	19.8
50	23.9	16.7	7.2	1.1	159.9	16.1	143.8	23.3
55	15.9	14.6	1.3	0.2	170.1	17.8	152.3	24.6
60	19.3	16.8	2.5	0.4	229.5	15.2	214.3	34.7
65	28.7	13.3	15.4	2.5	288.5	25.8	262.7	42.5
70	69.9	16.6	53.3	8.5	319.5	14.0	305.5	49.4

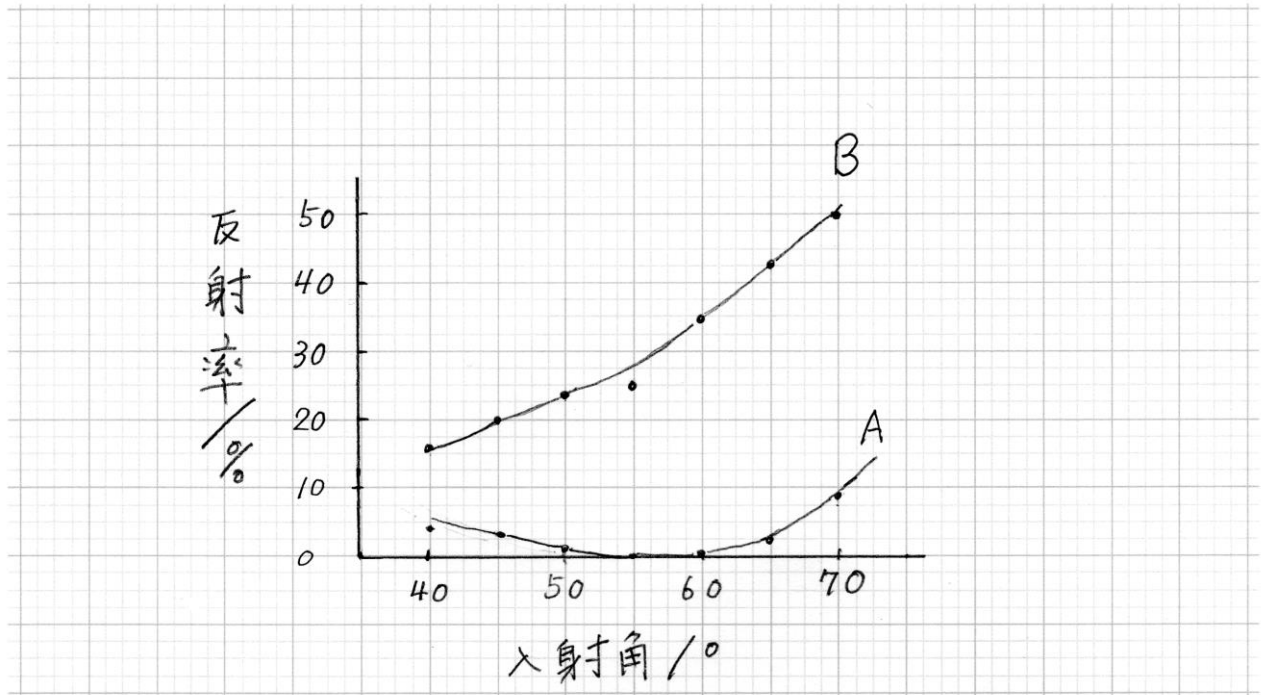
点

チャレンジ番号	氏名

課題 2-1-2 膜で反射した光の強度測定 (続き)

問 3

(5 点)



極小値をとる偏光板
A

点

チャレンジ番号	氏名

課題 2-1-3 ブリュースター角の測定

問 4

(15 点)

使用した偏光板	その偏光板を通過した入射光強度 (補正值) / mV
A	628

入射角 / °	反射角 / °	(入射角 + 反射角) / 2 / °	出力 / mV	バックグラウンド / mV	補正值 / mV	反射率 / %
52.0	52.0	52.0	21.3	15.9	5.4	0.86
53.0	53.0	53.0	21.7	18.6	3.1	0.49
54.0	54.0	54.0	22.7	20.1	2.6	0.41
55.0	55.0	55.0	21.3	19.7	1.6	0.25
56.0	56.0	56.0	22.5	21.3	1.2	0.19
57.0	57.0	57.0	15.7	14.7	1.0	0.16
58.0	58.0	58.0	22.5	21.5	1.0	0.16
59.0	59.0	59.0	21.5	19.8	1.7	0.27
60.0	60.0	60.0	18.0	15.5	2.5	0.40
61.0	61.0	61.0	25.6	21.7	3.9	0.62
62.0	62.0	62.0	20.6	15.2	5.4	0.86

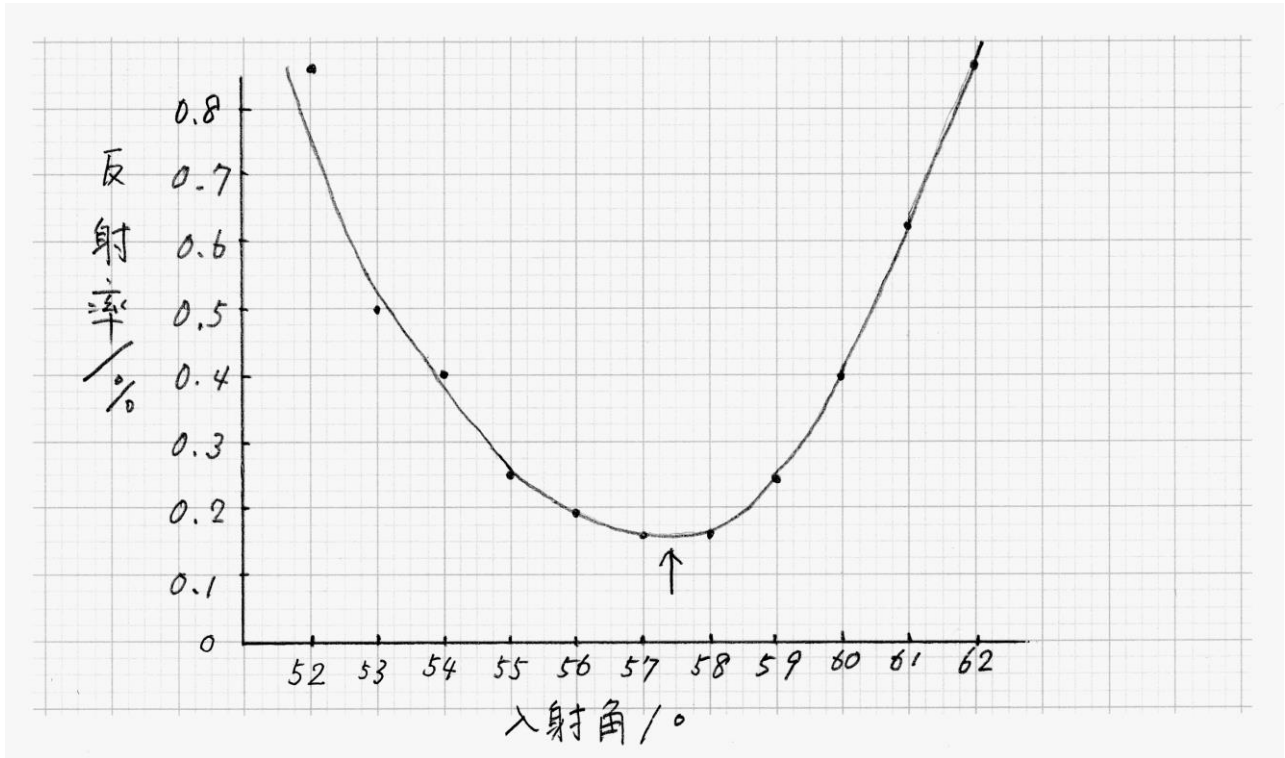
点

チャレンジ番号	氏名

課題 2-1-3 ブリュースター角の測定 (続き)

問 5

(10 点)



反射率の極小値を与える入射角 / °	屈折率
57.5	1.57

点

チャレンジ番号	氏名

課題 2-2-1 反射型分光器による白色光のスペクトル観察

問 6

(5 点)

計算

$$0.74\mu\text{m} \times (\sin 75^\circ - \sin \theta_2) = \lambda \quad \text{より}$$

$\lambda = 420\mu\text{m}$ では

$$\sin \theta_2 = \sin 75^\circ - \frac{0.42\mu\text{m}}{0.74\mu\text{m}} = 0.398 \quad \theta_2 = 23^\circ$$

$\lambda = 740\mu\text{m}$ では

$$\sin \theta_2 = \sin 75^\circ - \frac{0.74\mu\text{m}}{0.74\mu\text{m}} = -0.034 \quad \theta_2 = -2^\circ$$

θ_2 の範囲

$$-2^\circ < \theta_2 < 23^\circ$$

問 7

(5 点)

紫色は光源寄りに見えた。

問 6 より短波長側の端は θ_2 が最大となり、観察結果と一致する。

点

チャレンジ番号	氏名

課題 2-2-2 膜に反射した白色光のスペクトル観察

問 8

(10 点)

$$i=45^\circ \text{ とすると, 式 (2.4) より, } \sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2n} = \frac{\sqrt{2}}{2n}$$

$$\text{したがって, } \cos r = \sqrt{1 - \frac{2}{4n^2}} = \frac{\sqrt{4n^2 - 2}}{2n}$$

$$n > 1 \text{ より, } 2n \cos r = \sqrt{4n^2 - 2} > \sqrt{2}$$

であるから膜の厚さ d が波長の 10 倍以上とすると, (2.3) 式

$$2nd \cos r = m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

の左辺は波長の $10\sqrt{2}$ 倍以上になる。可視光の最長波長と最短波長の比は約 1.8:1 であるから, 可視光の範囲内でこの等式を満足する m は複数存在する。このことは, 可視光内で弱め合う波長が複数存在することを意味する。

課題 2-2-3 試料 1 の膜の厚さの測定

問 9

(5 点)

$$\frac{N-1}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} < d < \frac{N+1}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)}$$

チャレンジ番号	氏名

課題 2-2-3 試料 1 の膜の厚さの測定 (続き)

問 10

(15 点)

屈折率	入射角 / °	暗線の本数
1.57	45.0	7

計算

$$\frac{N-1}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} = \frac{6}{2\sqrt{1.57^2 - \sin^2 45^\circ} \left(\frac{1}{590\text{nm}} - \frac{1}{660\text{nm}} \right)} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\frac{N+1}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} = \frac{8}{2\sqrt{1.57^2 - \sin^2 45^\circ} \left(\frac{1}{590\text{nm}} - \frac{1}{660\text{nm}} \right)} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

膜の厚さ
$1.2 \times 10^{-5} \text{ m} < d < 1.6 \times 10^{-5} \text{ m}$

点

チャレンジ番号	氏名

課題 2-2-4 試料 2 の膜の厚さの測定

問 11

(10 点)

屈折率	使用光源	光源の波長域	入射角 / °	暗線の本数
1.66	LED 青	440nm ~530nm	45.0	3

計算

$$\frac{N-1}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} = \frac{2}{2\sqrt{1.66^2 - \sin^2 45^\circ} \left(\frac{1}{440\text{nm}} - \frac{1}{530\text{nm}} \right)} = 1.7 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\frac{N+1}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} = \frac{4}{2\sqrt{1.66^2 - \sin^2 45^\circ} \left(\frac{1}{440\text{nm}} - \frac{1}{530\text{nm}} \right)} = 3.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

膜の厚さ
$1.7 \times 10^{-6} \text{ m} < d < 3.5 \times 10^{-6} \text{ m}$

点

チャレンジ番号	氏名

追加課題

試料番号:

3

(7点)

屈折率	使用光源	光源の波長域	入射角 / °	暗線の本数
1.60	LED 赤	590nm ~660nm	45.0	3

計算

$$\frac{N-1}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} = \frac{2}{2\sqrt{1.60^2 - \sin^2 45^\circ} \left(\frac{1}{590\text{nm}} - \frac{1}{660\text{nm}} \right)} = 3.9 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\frac{N+1}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} = \frac{4}{2\sqrt{1.60^2 - \sin^2 45^\circ} \left(\frac{1}{590\text{nm}} - \frac{1}{660\text{nm}} \right)} = 7.8 \times 10^{-6} \text{ m}$$

膜の厚さ

$$3.9 \times 10^{-6} \text{ m} < d < 7.8 \times 10^{-6} \text{ m}$$

点

チャレンジ番号	氏名

追加課題(続き)

試料番号 :

4

(7点)

屈折率	使用光源	光源の波長域	入射角 / °	暗線の本数
1.46	豆電球	420nm ~740nm	45.0	2

計算

$$\frac{N-1}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} = \frac{1}{2\sqrt{1.46^2 - \sin^2 45^\circ} \left(\frac{1}{420\text{nm}} - \frac{1}{740\text{nm}} \right)} = 3.8 \times 10^{-7} \text{m}$$

$$\frac{N+1}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} = \frac{3}{2\sqrt{1.46^2 - \sin^2 45^\circ} \left(\frac{1}{420\text{nm}} - \frac{1}{740\text{nm}} \right)} = 1.1 \times 10^{-6} \text{m}$$

膜の厚さ

$$3.8 \times 10^{-7} \text{m} < d < 1.1 \times 10^{-6} \text{m}$$

点