제31회 국제 물리 올림피아드

영국 레스터

실험 경연

2000년 7월 12일 (수)

먼저 다음을 읽으시오:

1. 실험 문제 2개에 각각 2½시간이 주어진다. 첫 문제의 답은 2½시간 뒤에 걷는다.
2. 배낭에 든 펜만 쓰시오.
3. 주어진 종이는 앞면만 쓰시오. ×표가 있는 면은 쓰지 마시오.
4. 문제마다 따로 종이에 답하시오.
5. 각 문제에는 자유롭게 쓸 수 있는 빈 답안 용지 말고도 답안지가 있으며, 여기에 얻은 결과를 반드시 요약해야 한다. 수치 결과는 주어진 데이터에 알맞은 자릿수로 적으시오. 단위를 적는 것을 잊지 마시오.
6. 빈 종이에는 모든 측정 결과와, 문제 풀이에 필요하고 채점받고 싶은 것을 모두 적으시오. 그러나 주로 식, 수, 기호, 그래프, 그림을 쓰고 글은 될 수 있는 한 적게 쓰시오.
7. 쓴 종이마다 맨 위 칸에 국가(Country)와 학생 번호(Student No.)를 반드시 적어야 한다. 또 각 문제에 쓴 빈 종이에는 문제 번호(Question No.), 각 종이의 일련번호(Page No.), 각 문제에 쓰고 채점받고 싶은 빈 종이의 전체 수(Total No. of pages)를 적으시오. 각 답안 종이의 맨 앞에 답하는 문제 번호와 부분 이름을 적어 두면 도움이 된다. 채점받고 싶지 않은 메모용 빈 종이는 종이 전체에 크게 ×표를 하고 번호에 넣지 마시오.
8. 다 끝나면 모든 종이를 올바른 순서로 정리하시오(문제마다 답안지를 먼저, 그다음 쓴 종이를 순서대로, 그다음 채점받고 싶지 않은 종이, 쓰지 않은 종이와 인쇄된 문제지는 맨 아래). 각 문제의 종이를 해당 문제 번호가 적힌 봉투에 넣고 모든 것을 책상 위에 두고 나가시오. 종이는 방 밖으로 가지고 나갈 수 없다.

CD-ROM 분광기

이 실험에서는 측정의 불확도를 나타내지 않아도 된다.

목적은 빛 의존 저항(LDR)의 전도도*가 가시광 스펙트럼 전체에서 파장에 따라 어떻게 달라지는지 보여 주는 그래프를 얻는 것이다.

*전도도 G = 1/저항 (단위: 지멘스, 1 S = 1 Ω^{-1})

이 실험은 다섯 부분으로 이루어진다:

- (CD-ROM 조각으로 만든) 오목 반사 격자로 전구 A(12 V 50 W 텅스텐 필라멘트)의 빛을 초점이 맞는 1차 스펙트럼으로 만들기.
- 이 1차 스펙트럼을 훑으며 LDR의 전도도를 파장에 대해 재고 그리기.
- 전구 A의 필라멘트가 거의 이상적인 흑체처럼 행동함을 보이기.
- 전구 A를 12 V 전원에 연결했을 때 필라멘트의 온도 구하기.
- 전구 A가 내는 빛의 스펙트럼 속 에너지 분포를 고려하도록 파장에 대한 전도도 그래프를 바로잡기.

주의 사항

- 뜨거운 표면을 조심하시오.
- **전구 B는 2.0 V보다 큰 전위차에 연결하면 안 된다.**

- 멀티미터를 저항 설정으로 놓고 전기가 흐르는 회로에 쓰지 마시오.

절차

(a) 그림 1의 장치는 전구 A의 빛이 굽은 격자에 수직으로 들어가고, LDR이 초점이 맞는 1차 스펙트럼 속에 놓이도록 꾸며져 있다. LDR을 이 1차 스펙트럼을 따라 움직이며 위치에 따라 그 저항(멀티미터 X로 잼)이 어떻게 달라지는지 관찰하시오.

(b) (i) 이 1차 스펙트럼 안의 여러 위치에서 LDR의 저항 R을 재어 기록하시오. 데이터는 주어진 빈 표에 기록하시오.

(ii) 주어진 그래프 용지에 파장 λ에 대한 LDR의 전도도 G의 그래프를 그리시오.

주 1차 스펙트럼에서 파장 λ인 빛의 방향과 격자에서 반사된 백색광의 방향 사이의 각 θ(그림 1 참고)는 다음과 같다:

$\sin \theta = \lambda/d$, 여기서 d는 격자의 줄 간격이다.

격자는 1 mm당 620줄이다.

(b)(ii)에서 그린 그래프는 전구 A의 방출 특성을 고려하지 않았으므로 LDR의 파장별 감도를 올바르게 나타내지 않는다. 이 특성은 (c)와 (d)에서 조사하며, 그 결과로 (e)에서 바로잡은 곡선을 그린다.

- **(c)에서는 멀티미터 세 개가 전류계로 연결되어 있음에 주의하시오. 이것들을 조정하거나 옮기지 마시오. 모든 전압 측정에는 넷째 멀티미터(X로 표시)를 쓰시오.**

(c) 50 W 전구의 필라멘트가 흑체 복사체처럼 행동하면, 필라멘트 양단의 전위차 V와 필라멘트를 지나는 전류 I는 다음 관계를 만족함을 보일 수 있다:

$$V^3 = CI^5 \text{ (C는 상수)}$$

전구 A(통 속)의 V와 I의 대응하는 값을 재시오. 전류계는 이미 연결되어 있으므로 조정하지 마시오.

(i) 데이터와 계산한 값을 답안지의 표에 기록하시오.

(ii) 주어진 그래프 용지에 필라멘트가 흑체 복사체처럼 행동함을 보이는 알맞은 그래프를 그리시오.

(d) (b)(ii)의 그래프를 바로잡으려면 전구 A의 텅스텐 필라멘트의 작동 온도를 알아야 한다. 이것은 온도에 따른 필라멘트 저항의 변화로부터 구할 수 있다.

- **온도(K)에 대한 텅스텐의 비저항(μΩ cm) 그래프가 주어진다.**

전구 A 필라멘트의 저항을 알려진 온도에서 구할 수 있다면, 12 V 전원으로 켰을 때의 온도는 그 작동 전위차에서의 저항으로부터 구할 수 있다. 불행히도 실온에서의 저항은 너무 작아 이 장치로 정확히 잴 수 없다. 그러나 실온에서 잴 수 있을 만큼 저항이 큰 더 작은 둘째 전구 C가 주어진다. 아래에 설명한 절차를 따르면 전구 C를 중개자로 쓸 수 있다. 또 전구 A와 같은 12 V 50 W 전구 B도 하나 더 주어진다. 전구 B와 C는 주어진 판에 붙어 있고 그림 2처럼 연결되어 있다.

(i) 실온에서 켜지 않은 전구 C의 저항을 재시오(멀티미터 X를 쓰고, 실온은 300 K로 하시오). 이 저항 R_{C1}을 답안지에 기록하시오.

ii. 그림 2의 회로로 전구 B와 C의 필라멘트를 비교하시오. 가변 저항으로 전구 C의 전류를 바꾸어 겹쳐 보이는 필라멘트들이 같은 온도가 될 때까지 맞추시오. 작은 필라멘트가 큰 필라멘트보다 차가우면 가는 검은 고리로 보인다. 이 조건에 이르렀을 때 전구 B와 C의 저항을 재고 그 값 R_{C2}와 R_B를 답안지에 기록하시오. 전류계는 이미 연결되어 있음을 기억하시오.

(iii) 주어진 비저항-온도 그래프로 B와 C의 필라멘트가 맞추어졌을 때의 온도를 구하시오. 이 온도 T_{2V}를 답안지에 기록하시오.

(iv) 전구 A(통 속)를 12 V 교류 전원에 연결했을 때 필라멘트의 저항을 재시오. 여기서도 전류계는 이미 연결되어 있으므로 조정하지 마시오. 이 값 R_{12V}를 답안지에 기록하시오.

(v) 2 V와 12 V에서의 전구 A의 저항과 2 V에서의 온도로 12 V 전원으로 켰을 때의 온도를 구하시오. 이 온도 T_{12V}를 답안지의 표에 기록하시오.

- **2000 K, 2250 K, 2500 K, 2750 K, 3000 K, 3250 K에서 흑체 복사체가 내는 복사의 상대 세기 그래프(플랑크 곡선)가 주어진다.**

(e) 이 그래프들과 (d)(v)의 결과로, 주어진 그래프 용지에 파장에 대한 LDR 전도도(임의 단위)의 바로잡은 그래프를 그리시오. 어떤 파장에서나 LDR의 전도도는 그 파장의 복사 세기에 정비례한다고 가정하시오(이 실험에서 LDR에 닿는 빛의 세기는 약하므로 이 가정은 타당하다). 또 격자가 1차 스펙트럼의 모든 부분으로 빛을 똑같이 회절시킨다고 가정하시오.

.

그림 1 - (a)의 실험 배치

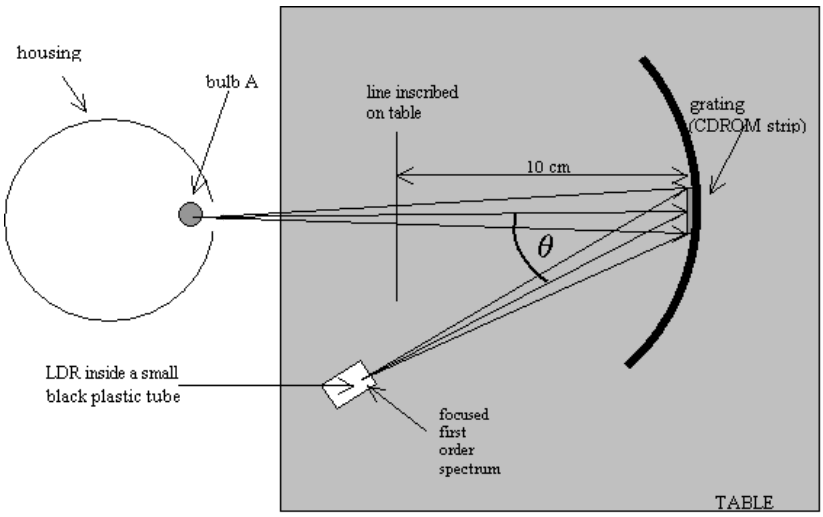


그림 1: 세부 - 격자:

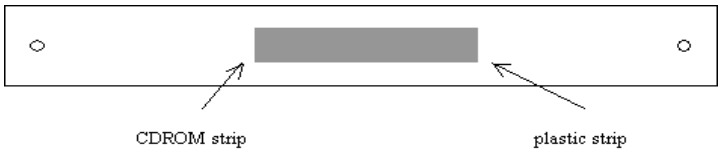


그림 1: 세부 - LDR과 멀티미터:

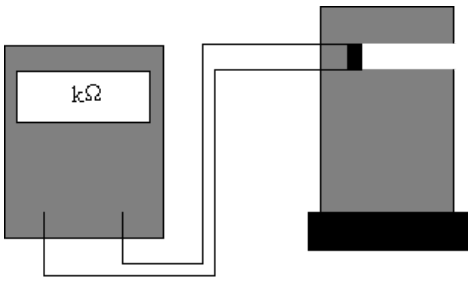
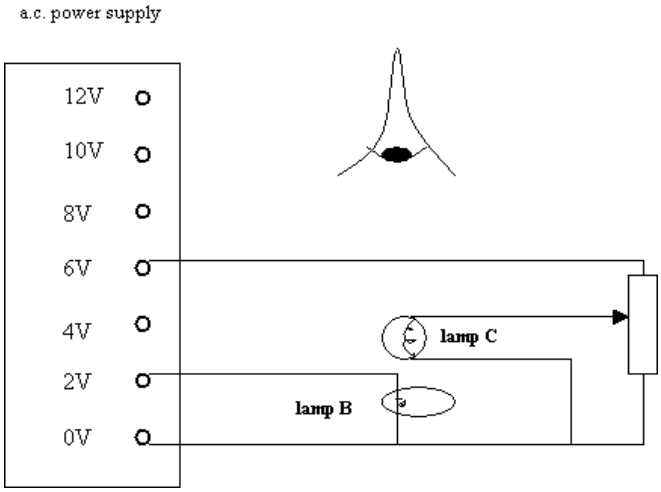
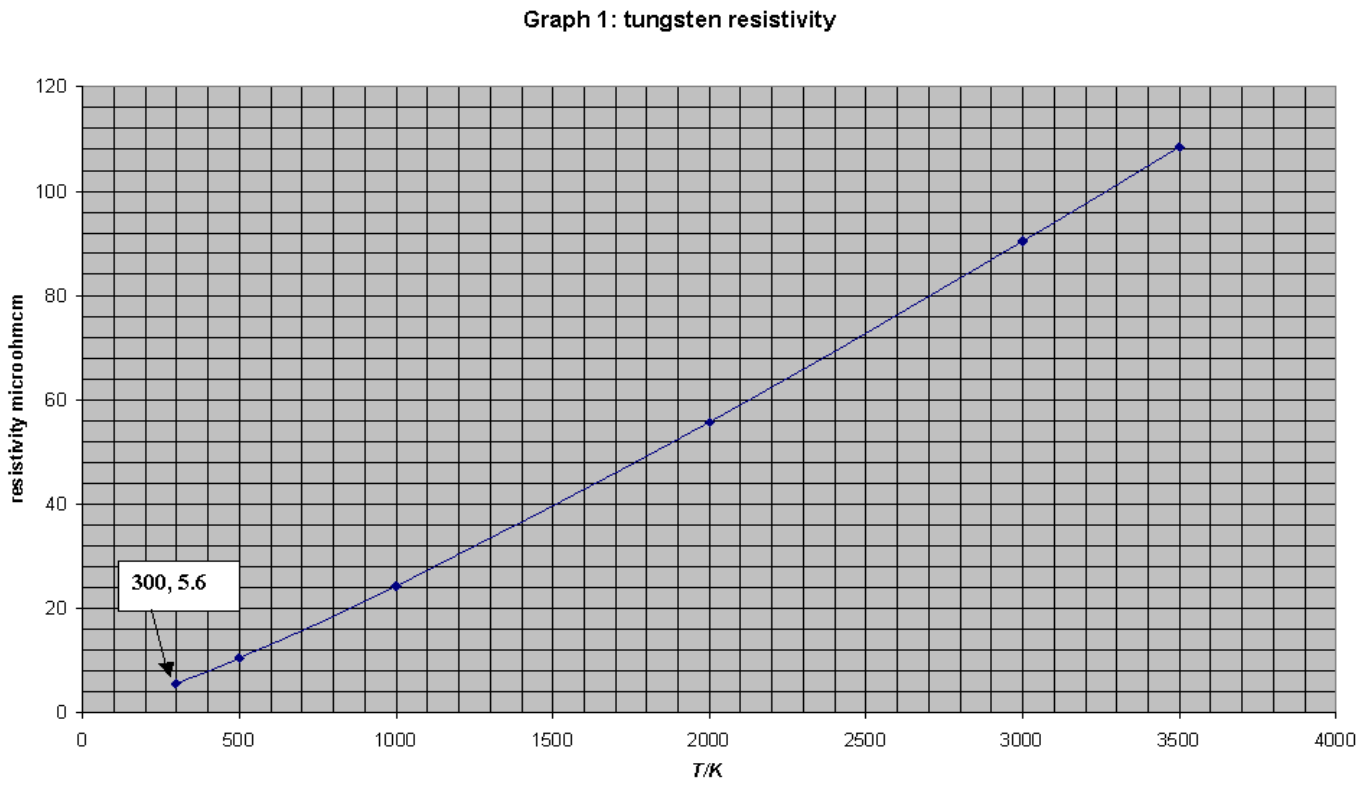


그림 2

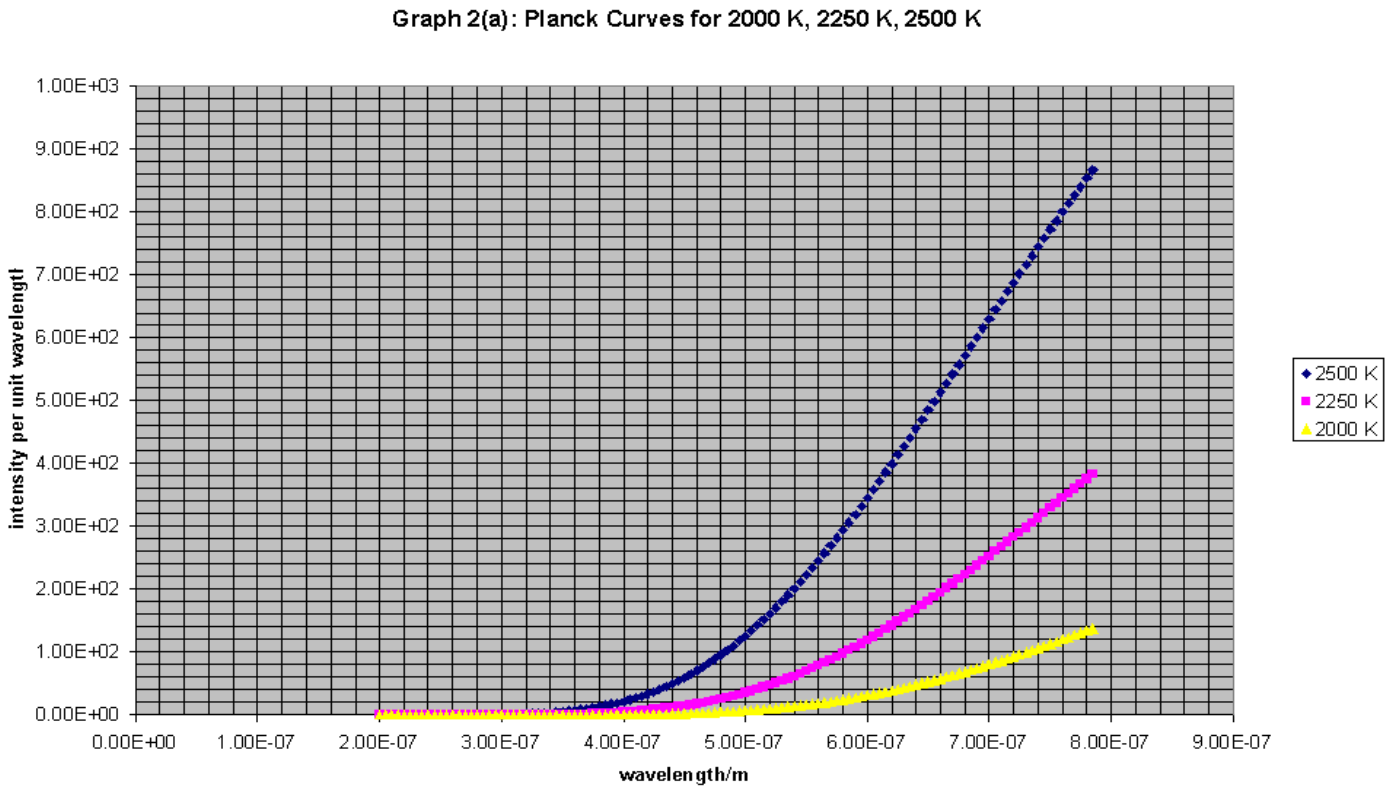


이 그림에는 계기가 나타나 있지 않다

그래프 1


Graph 1: tungsten resistivity
resistivity microohmcm
T/K
300, 5.6
0
20
40
60
80
100
120
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000

그래프 2a


Graph 2(a): Planck Curves for 2000 K, 2250 K, 2500 K
intensity per unit wavelengtl
wavelength/m
2500 K
2250 K
2000 K
0.00E+00
1.00E+02
2.00E+02
3.00E+02
4.00E+02
5.00E+02
6.00E+02
7.00E+02
8.00E+02
9.00E+02
1.00E+03
0.00E+00
1.00E-07
2.00E-07
3.00E-07
4.00E-07
5.00E-07
6.00E-07
7.00E-07
8.00E-07
9.00E-07

그래프 2b

Graph 2(b): Planck Curves for 2750 K, 3000 K, 3250 K

