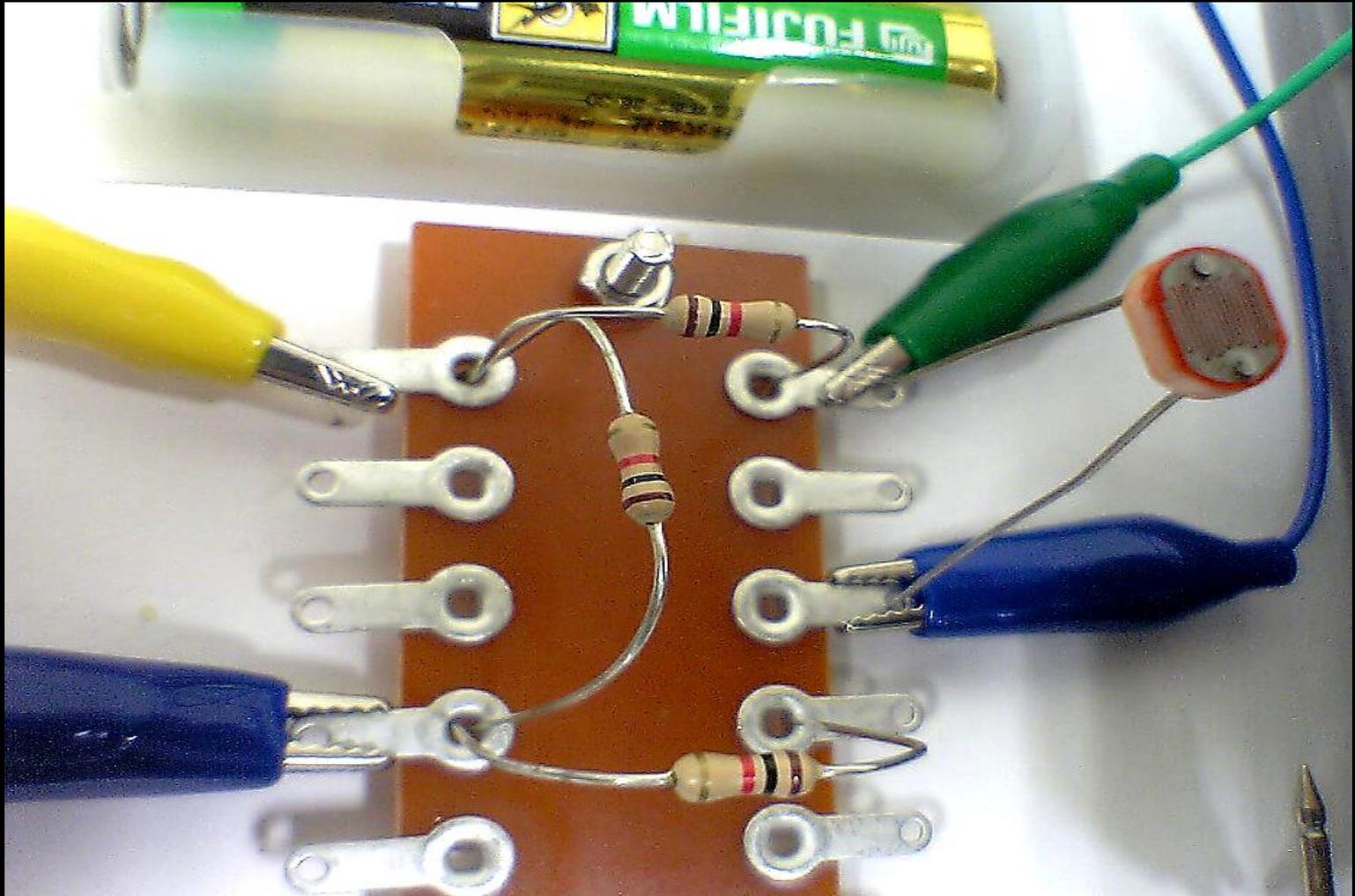


抵抗器の実験

抵抗、CdS、電池、テスターを使って、オームの法則、キルヒホッフの法則、ブリッジ回路を理解する。



用意するもの

ラグ板、電池、配線コード 数本、抵抗(1本4円)
(1k Ω 3本、10k Ω 1本、100k Ω 1本)、
可変抵抗(20k Ω ボリューム 100円)、CdS 1本(120円)
テスター(デジタルマルチメータ 9800円)

テスターは、電池で作動している。
Auto power off 機能が付いているが
電池の消費節約のために、
計測時以外は、なるべくロータリー
スイッチを OFF にして下さい。
数分間、スイッチが OFF に
なっていないとアラーム が鳴る。



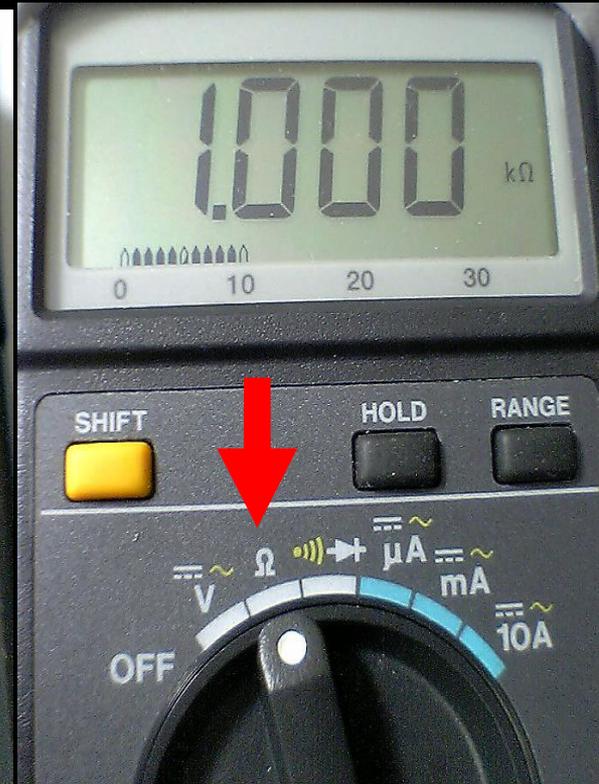
テスター（デジタルマルチメータ）の使い方

マイナス（黒）電極は、常に右から2番目のソケットに差込む。

電圧、抵抗値を測定する場合は、

プラス（赤）電極を右端のソケットに差込む。

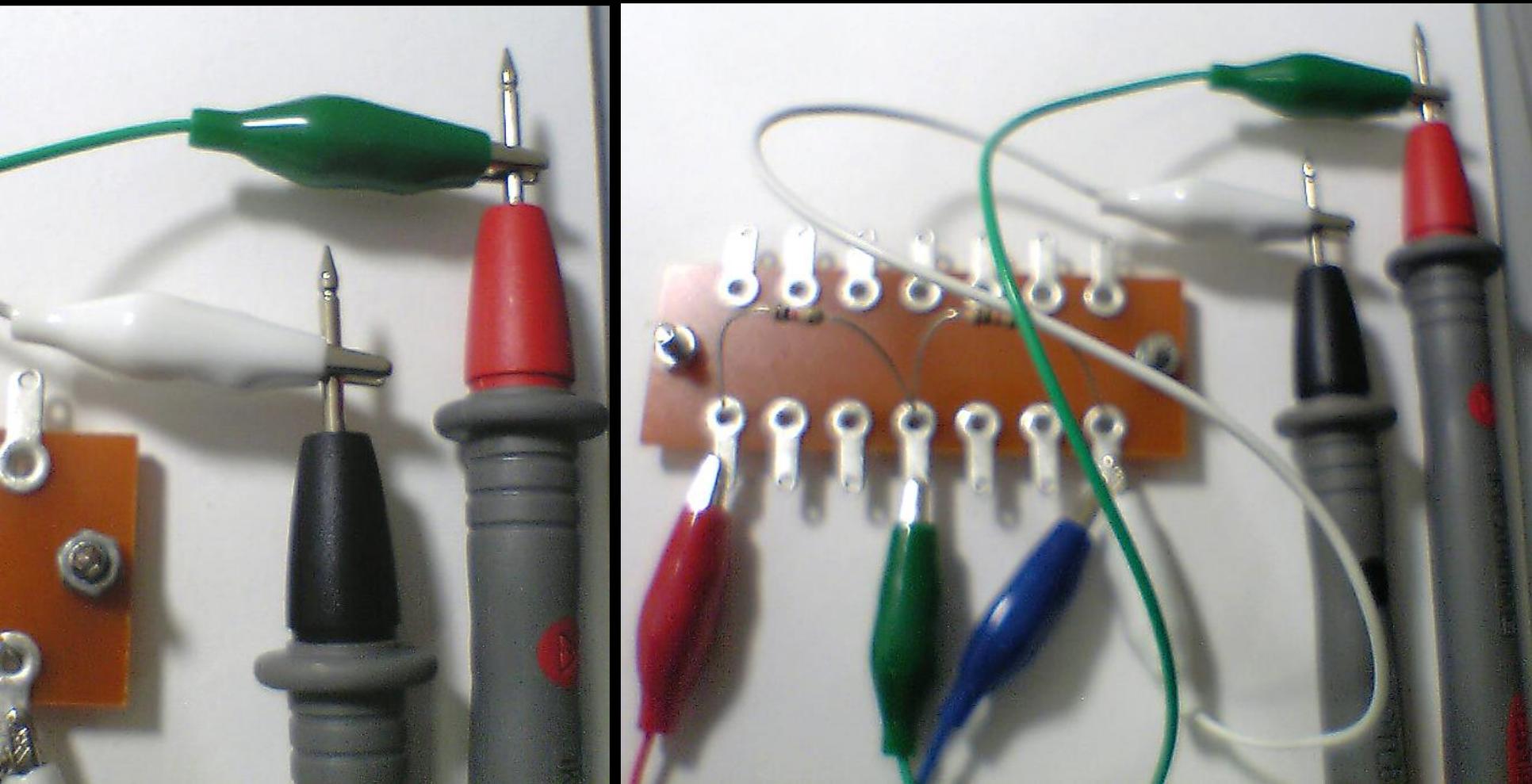
ロータリースイッチを、V または Ω に設定する。



電流を測定する場合は、
プラス(赤)電極を 右から3番目のソケットに差込む。
ロータリースイッチを mA または μA に設定する。
黄色ボタンは DC AC 切替。この実験では DC に設定する。
電流や電圧の測定値が マイナスの場合には
マイナス記号が表示されるので、見落さないように。



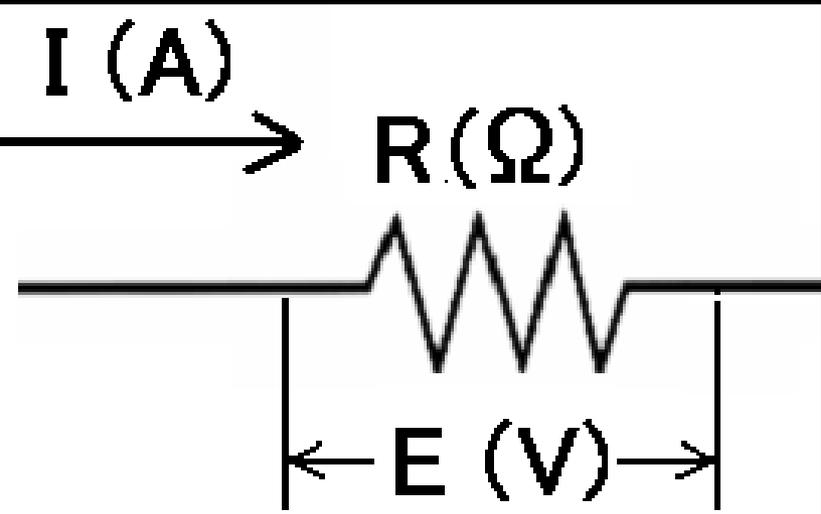
テスターの電極を直接、回路にあてると
その作業で片手がふさがって不便な場合が多いので、
ワニぐちクリップの付いた配線ケーブルを利用すると便利。



実験 1 オームの法則

1 (A:アンペア) の電流が流れている所に
1 (V:ボルト) の電圧を生じさせる抵抗値を
1 (Ω :オーム) と定義する。

$R(\Omega)$ の抵抗に I (A) の電流が流れると
抵抗に IR (V) の電圧が生じる。



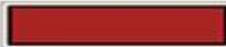
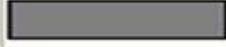
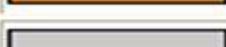
$$E = IR$$

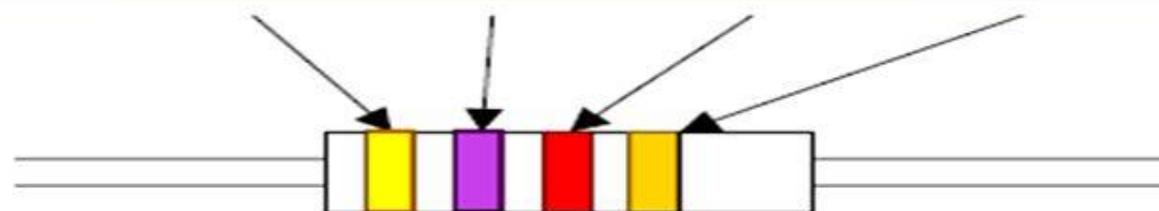
($R = E / I$ 、 $I = E / R$)

電流の流れにくい所は
電圧(電流の圧力)が生じる。

抵抗のカラーコード表

抵抗器 1個 4円

		第1色帯	第2色帯	第3色帯	第4色帯
		第1数字	第2数字	乗数	許容差%
	黒	0	0	1	
	茶	1	1	10	
	赤	2	2	10 ²	±2
	橙	3	3	10 ³	
	黄	4	4	10 ⁴	
	緑	5	5	10 ⁵	
	青	6	6	10 ⁶	
	紫	7	7	10 ⁷	
	灰	8	8	10 ⁸	
	白	9	9	10 ⁹	
	金			10 ⁻¹ (0.1)	±5
	銀			10 ⁻² (0.01)	±10
	無着色				±20



黄 紫 赤 金
4 7 x 100 5% 4700Ω 5%
(即ち 4.7kΩ 5%)

抵抗 R Resistance

抵抗器 (レジスタ) Resistor

電子の流れに抵抗して電流を制限する素子。

旧規格 (JIS C 0301)



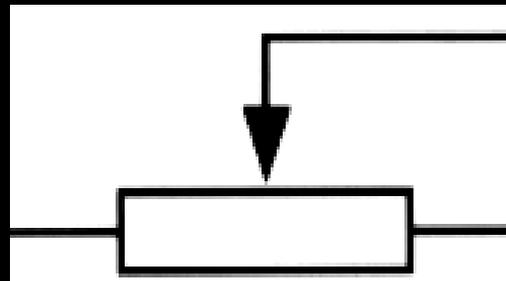
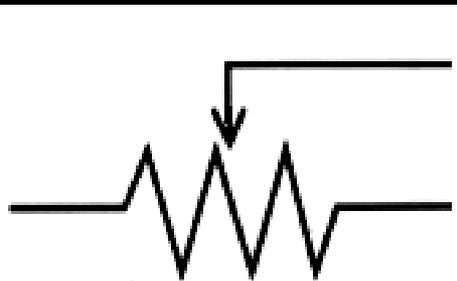
新規格 (JIS C 0617)



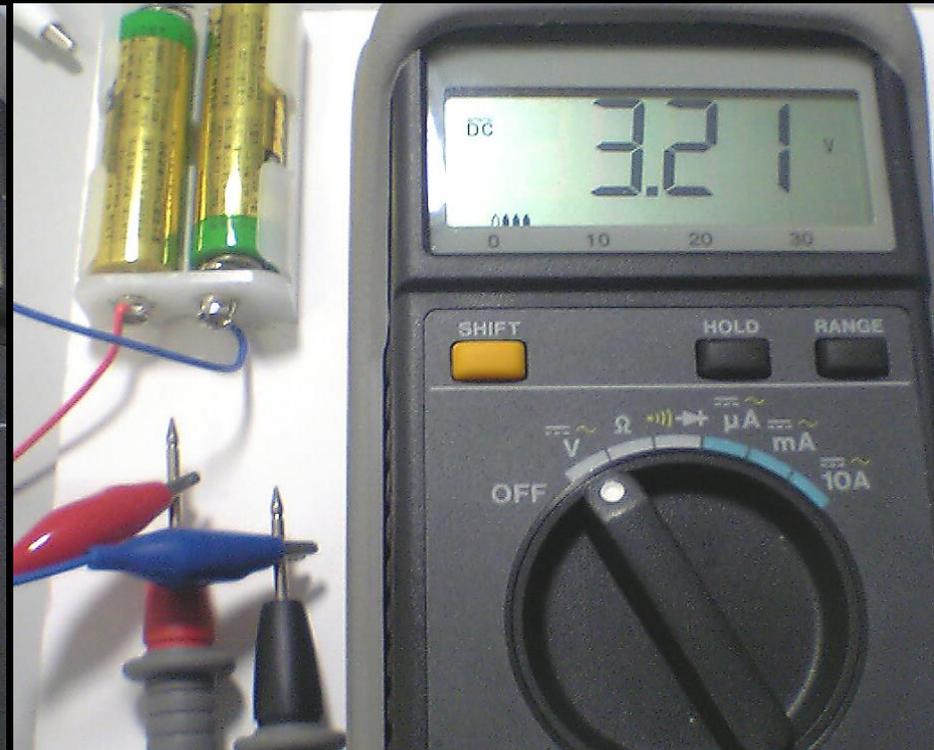
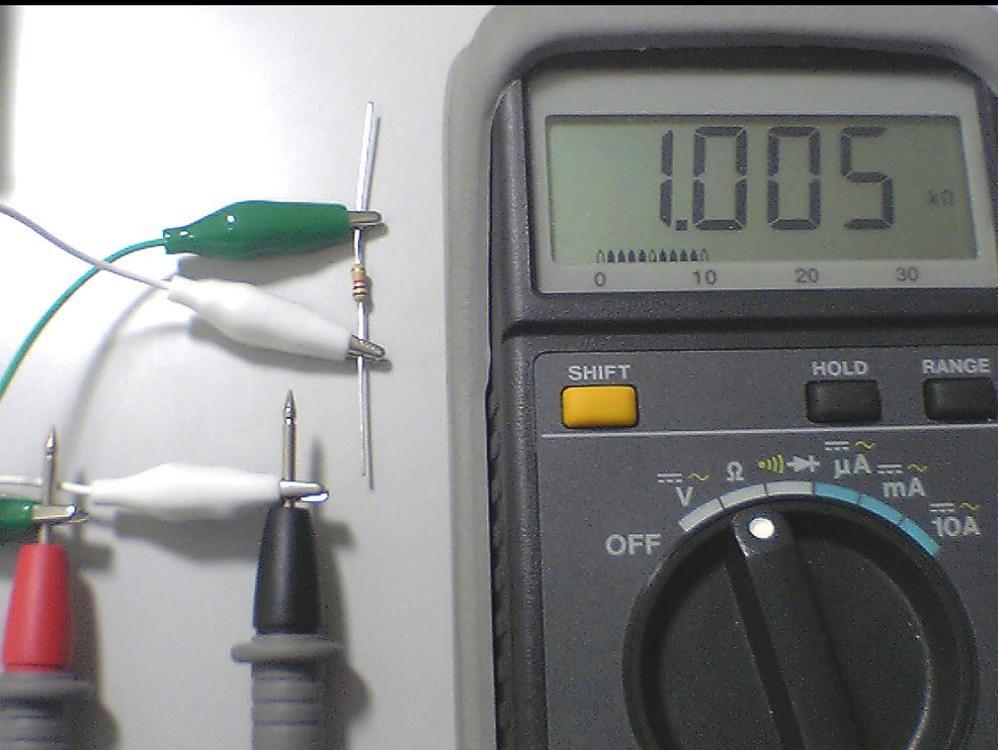
可変抵抗器 (ボリューム) VR Variable Resistor

抵抗値をつまみで変化できる抵抗器。

音量調整などに使われている部品。



用意したすべての抵抗器の抵抗値を測定し、記録する。
用いる抵抗器の第4帯色は金色なので、精度は誤差5%。
電池(単三 2本)の電圧も、3.0 V ではないので
正確な電圧を測定し、記録する。



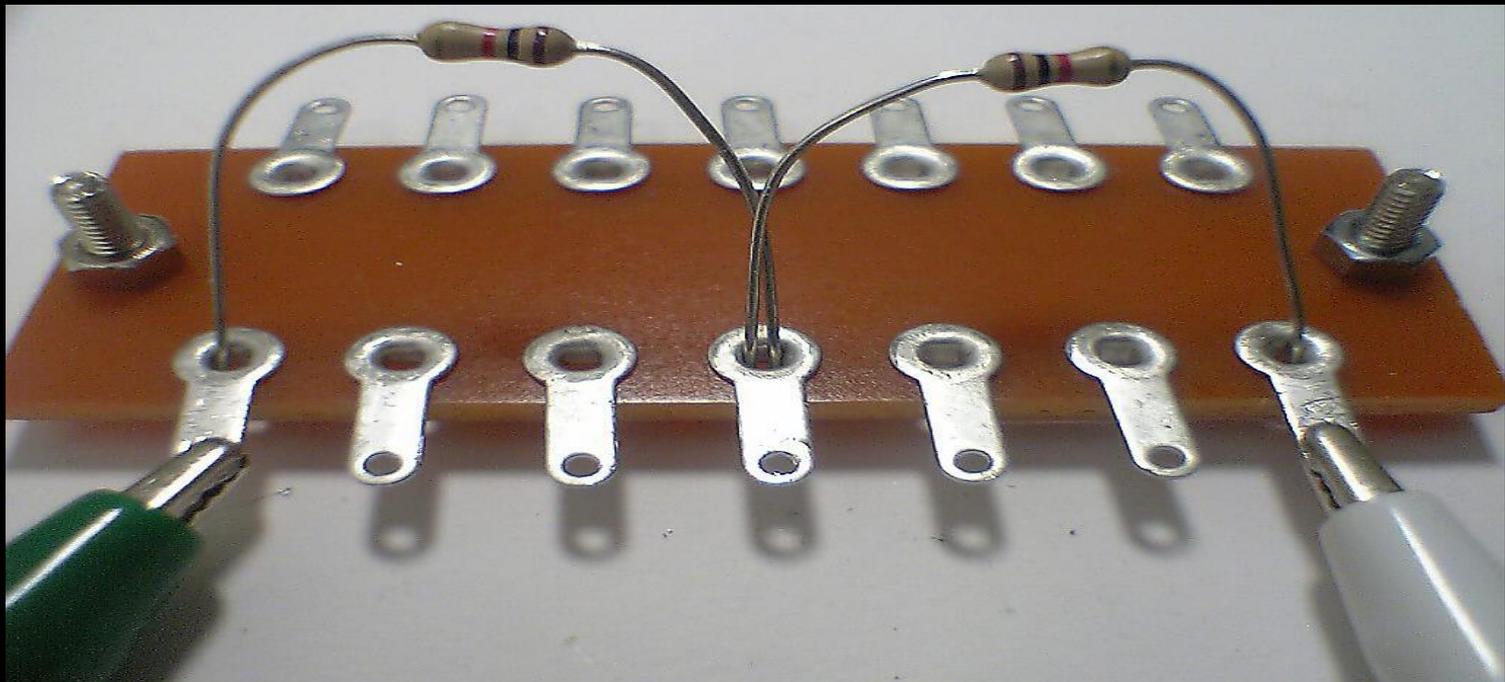
1kΩの抵抗器を 2本 ラグ板に差込んで直列接続する。

抵抗の足をラグ板の穴の間隔より広げ気味にして穴に引っ掛けるようにして差込む。

接触が悪い場合はハンダ付けを行う。

直列接続した合成抵抗値を測定する。

抵抗値は 直列接続で 加算されることを確認して下さい。

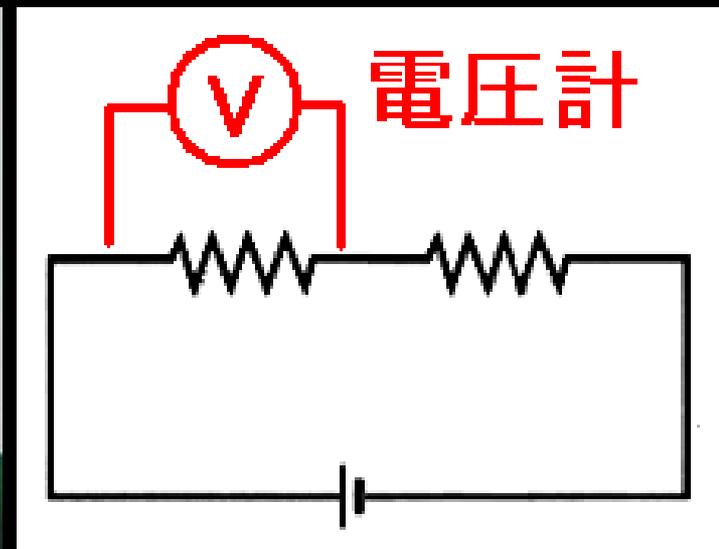


直列接続した抵抗に電圧を加える。

それぞれの抵抗に発生する電圧を測定し、記録する。

電圧、抵抗値の測定は、

測定したい部位に、並列にテスターの端子をつなぐ。

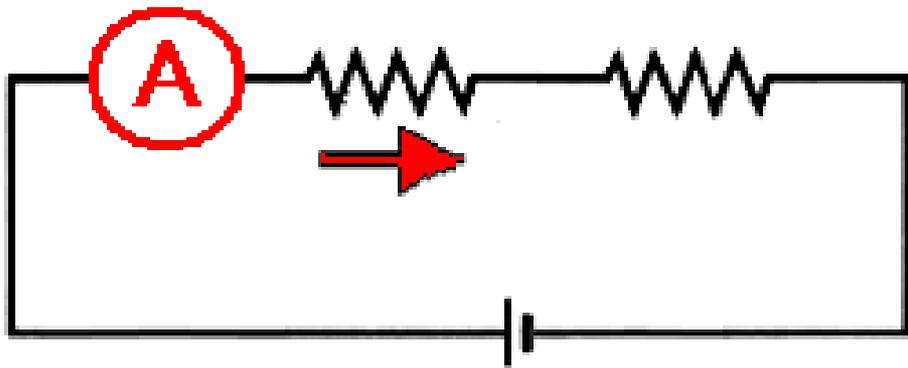


それぞれの抵抗に流れる電流を測定し、記録する。

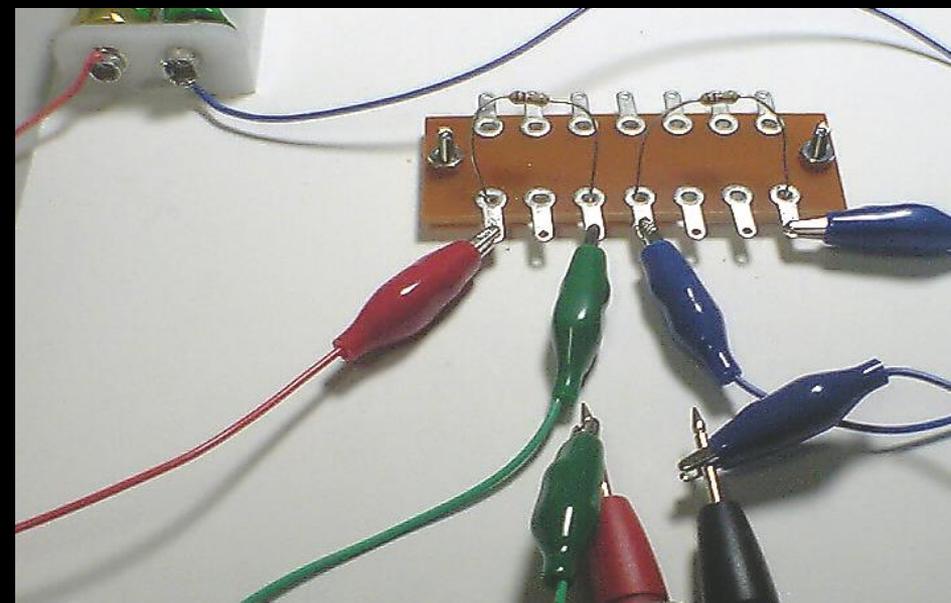
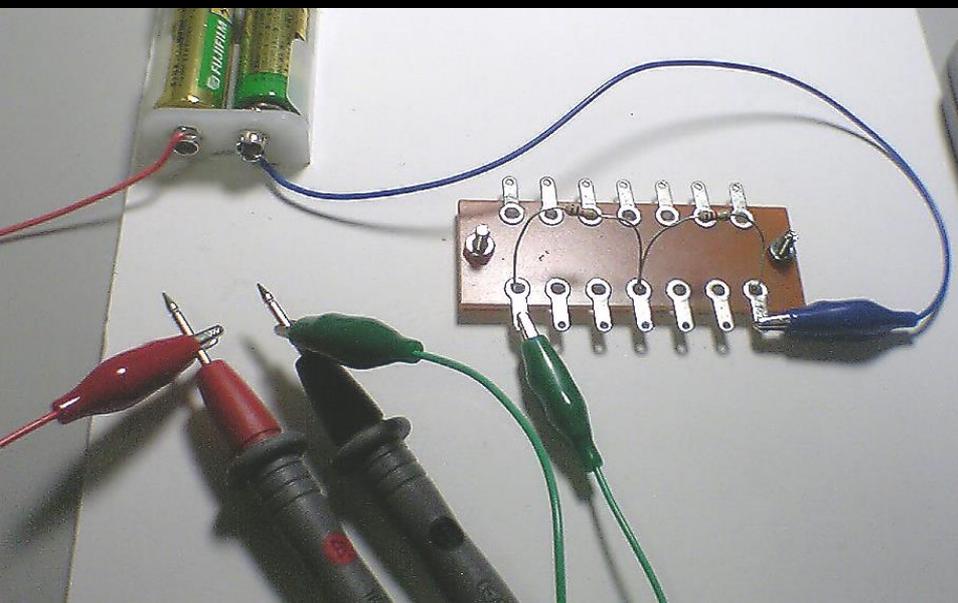
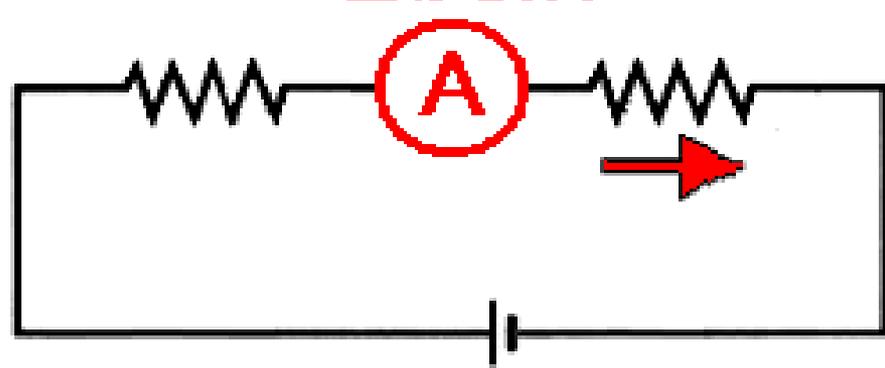
電流の測定は、電圧測定より少し面倒で、

測定したい部位に、直列にテスターの端子をつなぐ。

電流計



電流計



それぞれの $1\text{k}\Omega$ の抵抗に流れる電流が同じことを確認して下さい。

それぞれの $1\text{k}\Omega$ の抵抗に発生する電圧は、電池の電圧を ほぼ2等分していることを確認して下さい。若干の差は抵抗の精度誤差から生じていることを計算で確認して下さい。

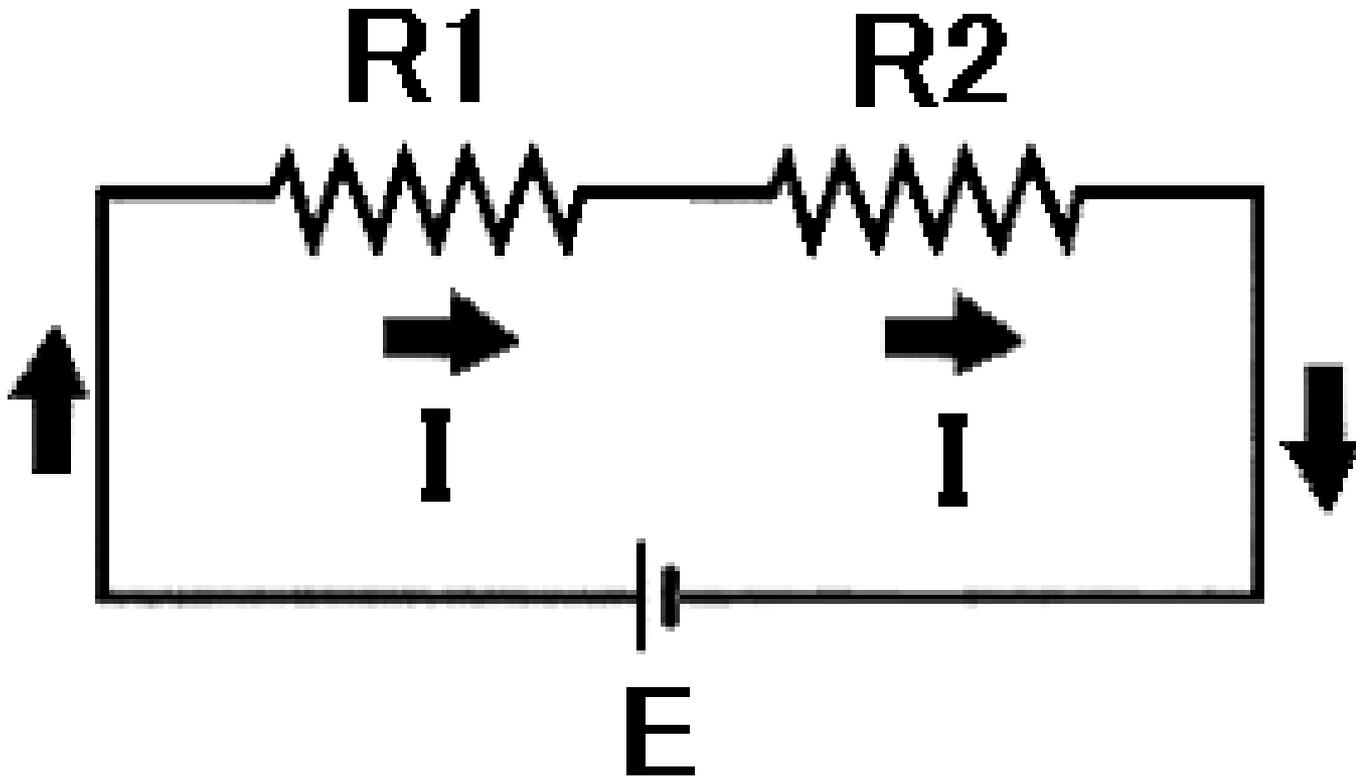
次に、 $1\text{k}\Omega$ と $10\text{k}\Omega$ の抵抗を直列接続して、それぞれの抵抗の電圧と電流を測定してください。抵抗値が異なっても、電流は同じことを確認して下さい。電圧の比が $1:10$ になることを確認して下さい。

$$E = I R_1 + I R_2 = I (R_1 + R_2) \quad I = E \times 1 / (R_1 + R_2)$$

抵抗 R_1 に発生する電圧は $I R_1 = E \times R_1 / (R_1 + R_2)$

抵抗 R_2 に発生する電圧は $I R_2 = E \times R_2 / (R_1 + R_2)$

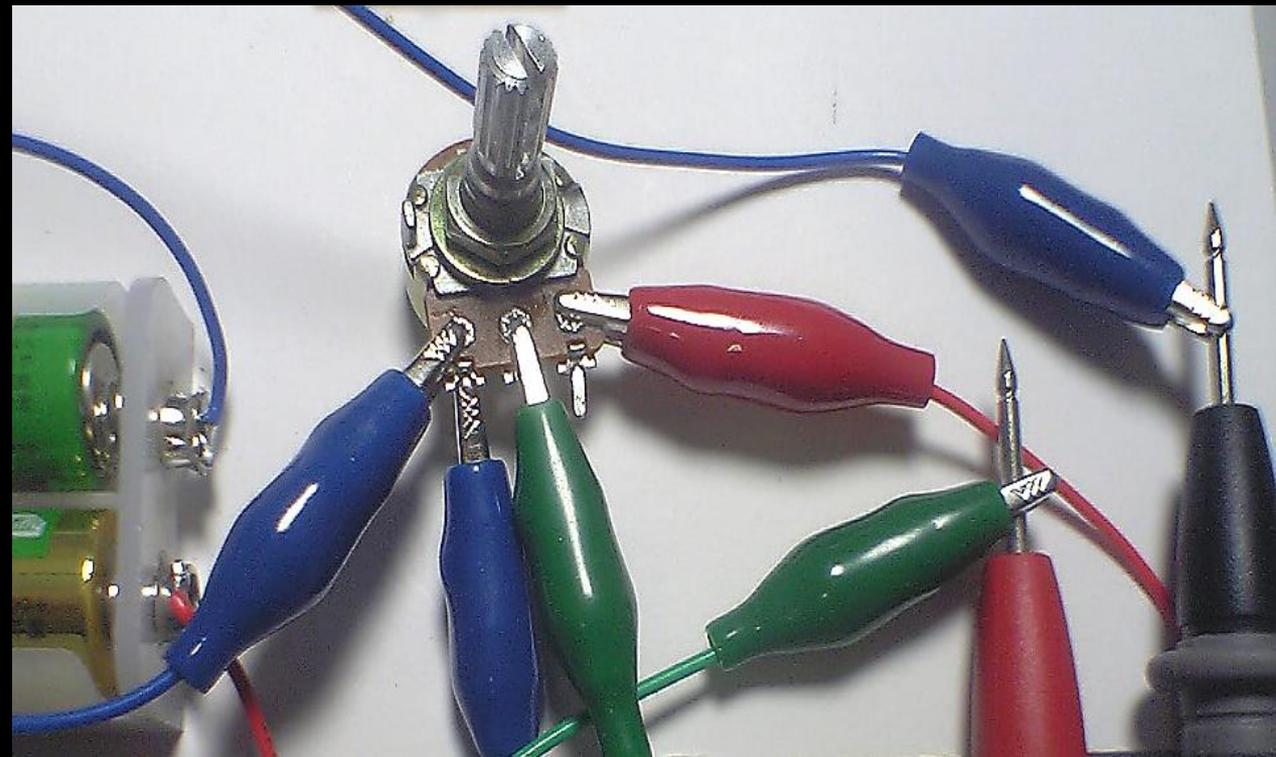
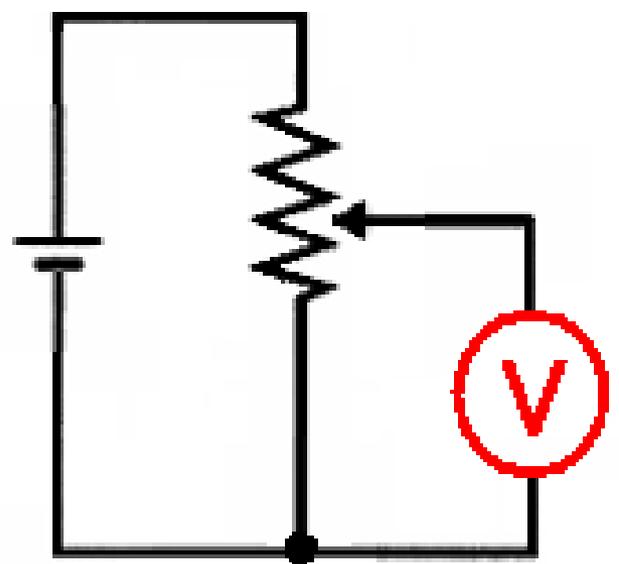
直列接続は、抵抗比で電圧 E を分配する。



20kΩの可変抵抗(VR)の中央と端の端子間の抵抗値が、つまみを回すと変化することを確認。
電池とVR両端の端子を並列接続する。
つまみを回すと抵抗比による電圧の分配でVR端子間の電圧が変化することを確認する。
音量調節などがVRでできることを理解して下さい。

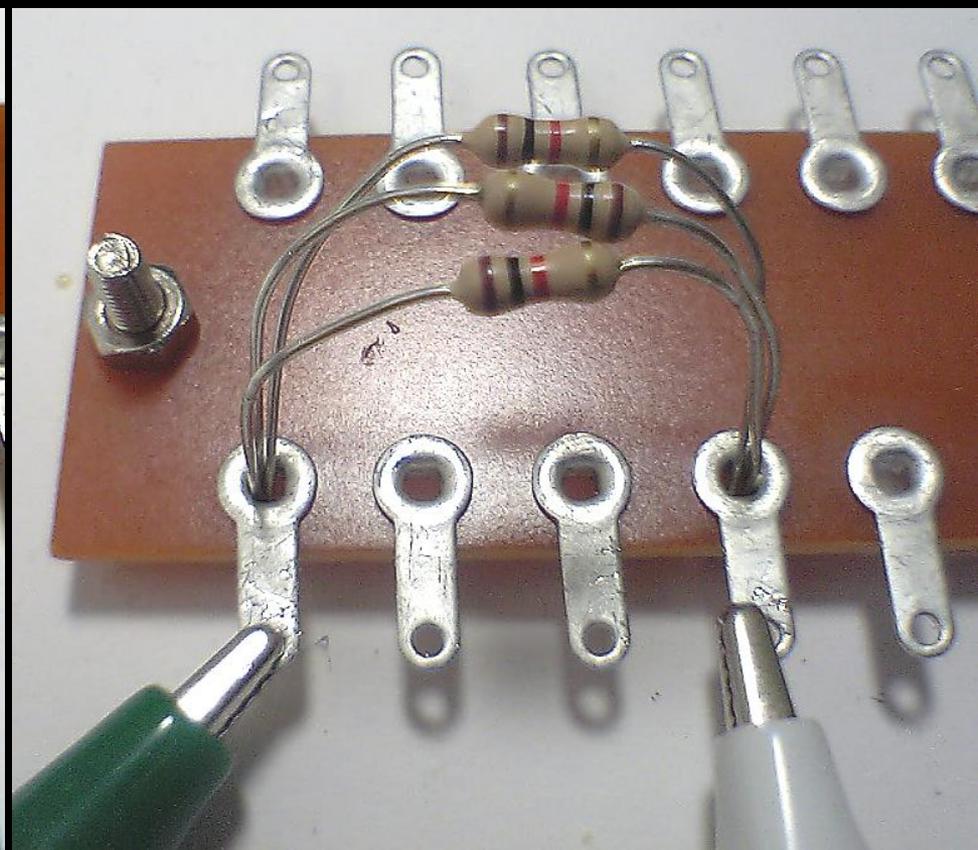


20kΩ VR



実験 2 コンダクタンス 分流の法則

1k Ω の抵抗を 2本 および 3本 並列に接続して
合成抵抗値を測定する。計算で導かれる値と比較する。
抵抗は 並列にすると 抵抗値が下がることを確認して下さい。



伝導度 (導電度) G コンダクタンス

conductance 【名】〔電気〕コンダクタンス、電気伝導度

電気抵抗 R (レジスタンス)の逆数。

電流の流れやすさを示す。

レジスタンス R の単位 オーム (Ω)

コンダクタンス G の単位 ジーメンス (S) $G = 1 / R$

オームの法則 $E = IR \rightarrow E = I / G$ 、 $I = E G$

(電流 = 電圧 \times 電流の流れやすさ)

コンダクタンスを使うと、抵抗器の並列回路の計算

抵抗回路の計算法

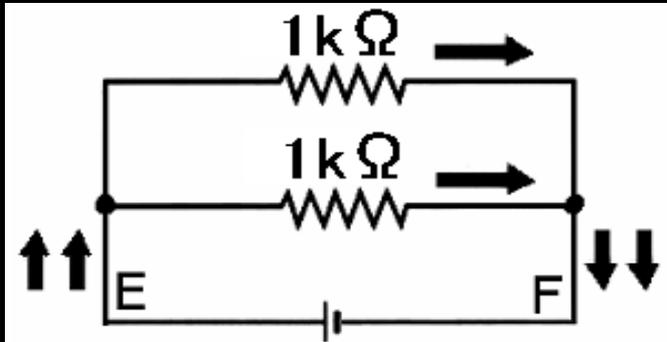
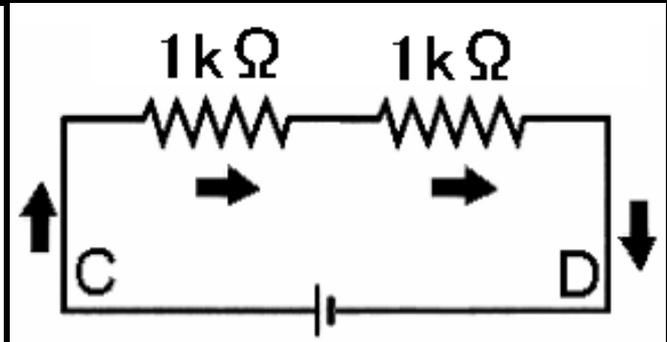
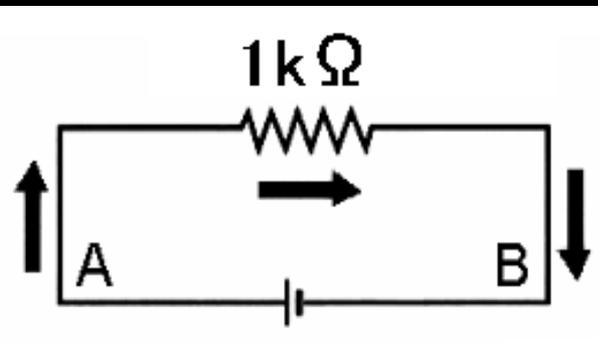
直列 = 流れにくさの和、 並列 = 流れやすさの和

1k Ω の抵抗を2本直列接続したCD間の抵抗は、AB間より大きい。電流の流れにくい場所を連続して電流が通らなければいけないので、CD間の抵抗は、1k + 1k(Ω)

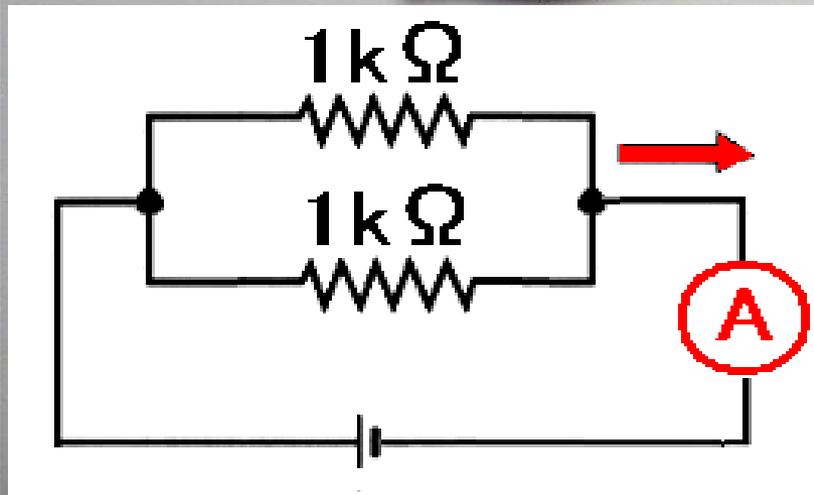
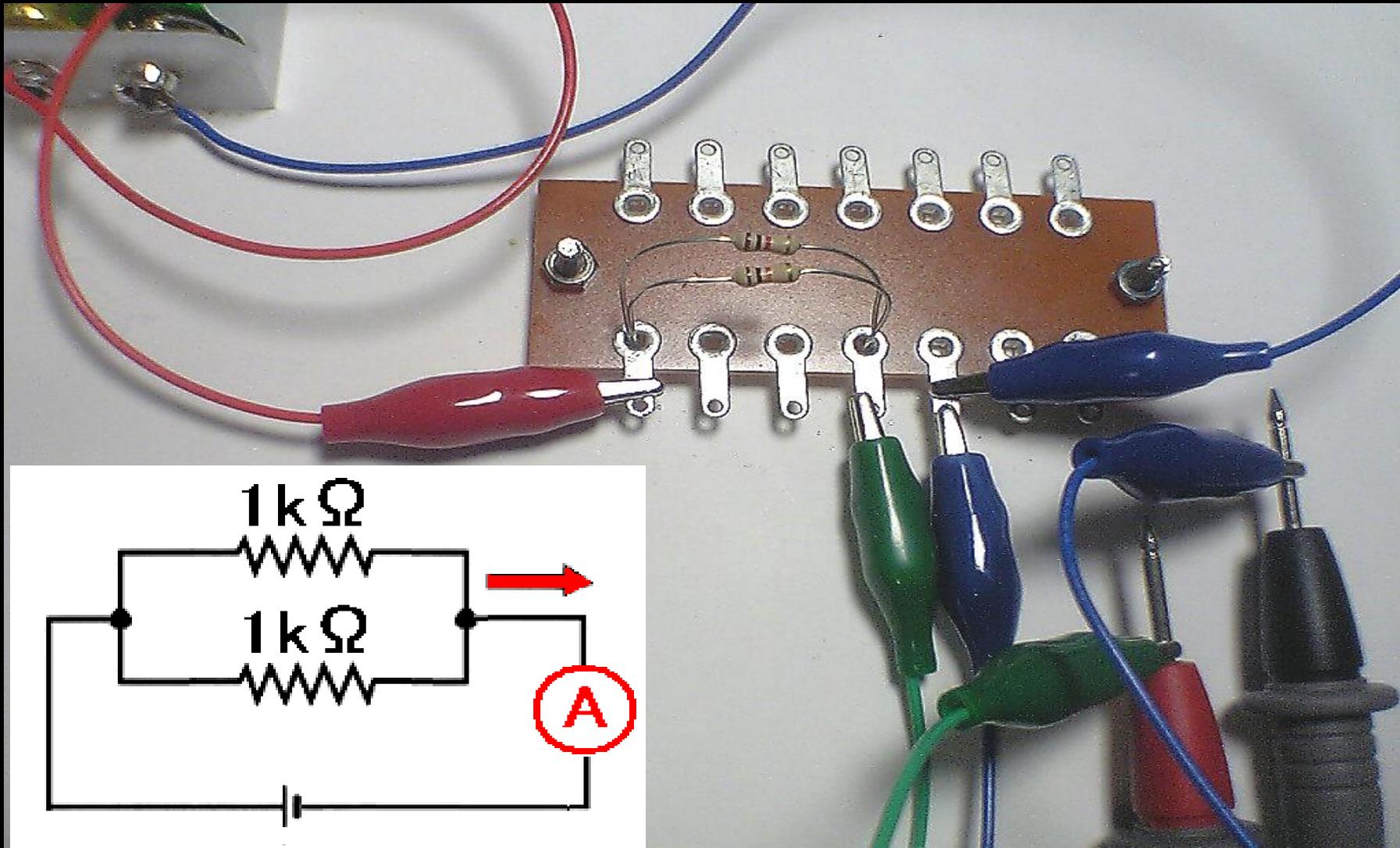
1k Ω の抵抗Rを2本並列接続したEF間の抵抗は、AB間より小さい。電流の流れやすさが 1/1k (S) の回路を2本通るので流れやすさは2倍になる。

EF間のコンダクタンスは、1/1k + 1/1k = 2/1k (S)

抵抗(レジスタンス)は、1k/2 = 500(Ω)



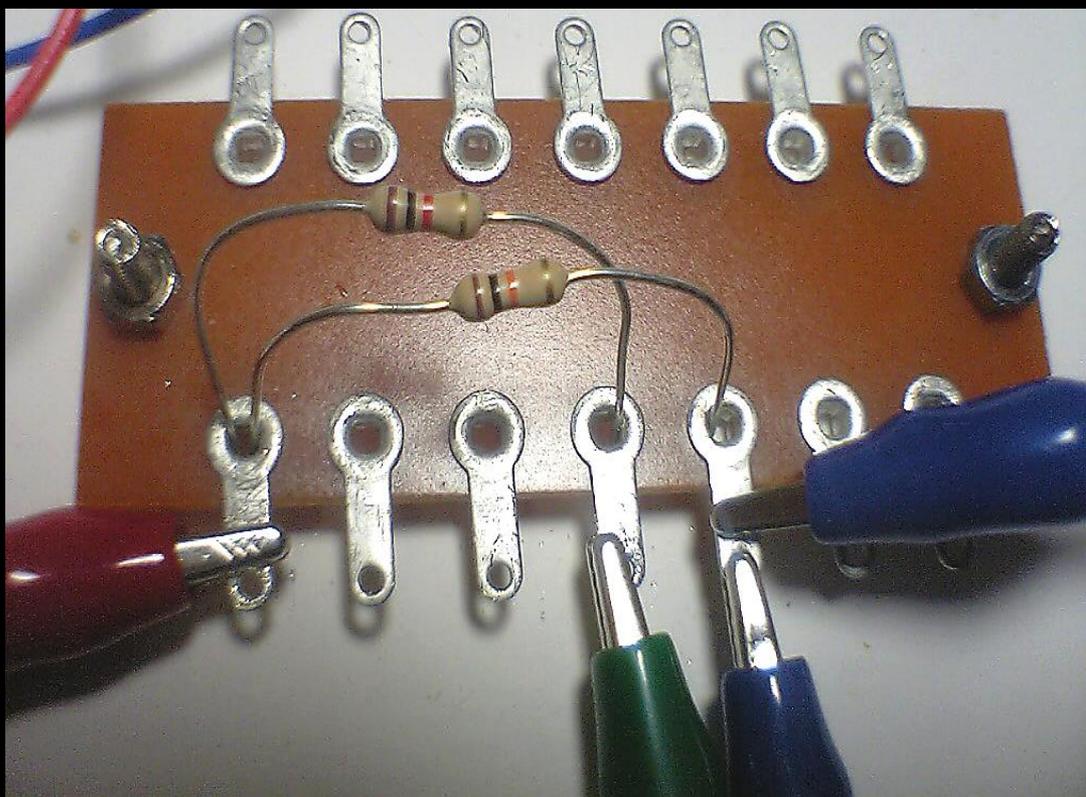
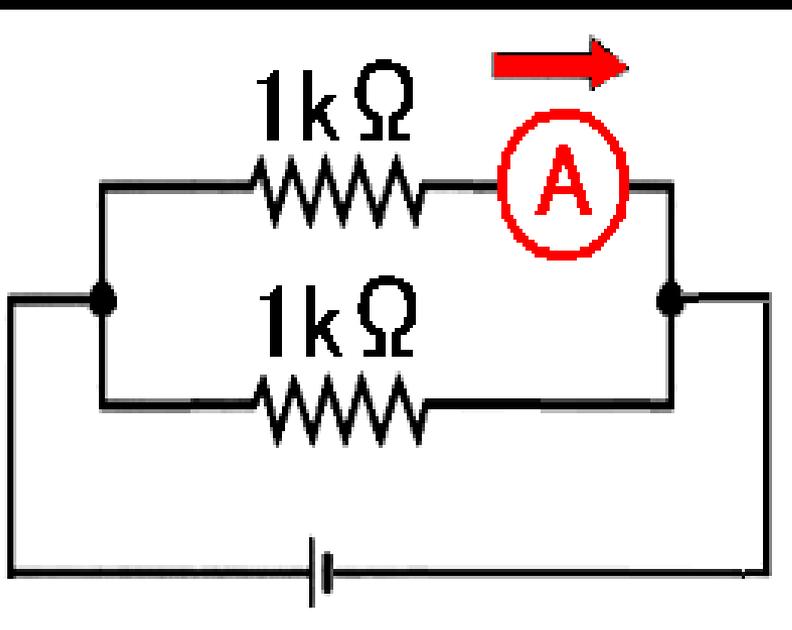
1k Ω の抵抗を 2本並列接続した合成抵抗に流れる電流を測定して下さい。電流計を回路内に直列につなぐ。計算で求められる値と比較し、確認して下さい。



次に、各抵抗に流れる電流を測定してください。

それぞれの電流の和が、合成抵抗の電流値に等しくなることを確認して下さい。

同じ抵抗値の場合、電流を半分ずつ通していることを確認し理解して下さい。



次に、 $1\text{k}\Omega$ と $10\text{k}\Omega$ の抵抗を並列接続して、
合成抵抗の抵抗値と電流を測定して下さい。

さらに、それぞれの抵抗の電流を測定し、
電流の比が $10:1$ になることを確認して下さい。

分流の法則

並列抵抗の電流比は、
電流の流れやすさの比（コンダクタンスの比）になる。

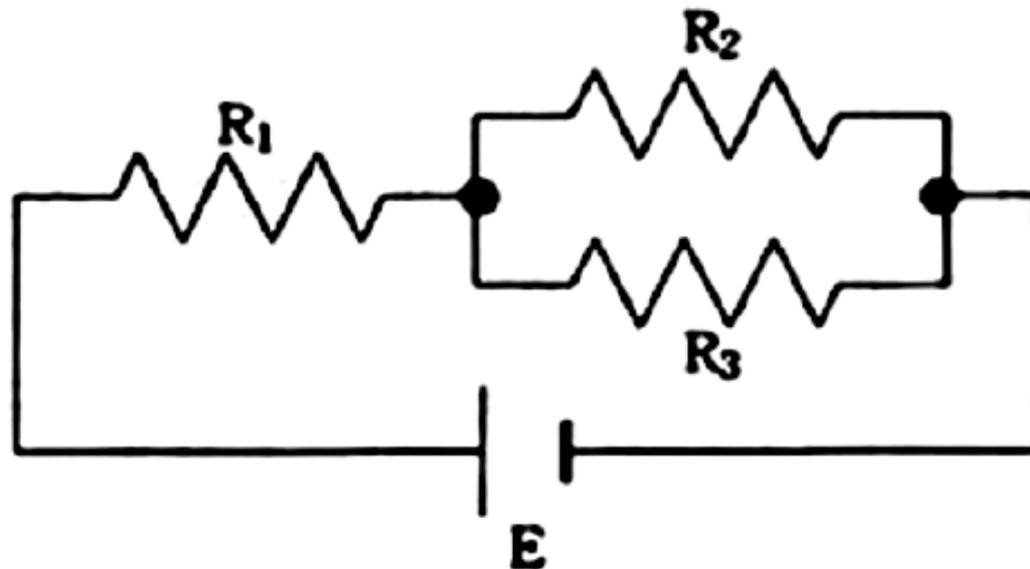
この問題は、分流の法則を理解していれば解ける。
解答を求めて下さい。

■ 113☆

(2000)

図の回路で R_1 で消費される電力は R_2 で消費される電力の何倍か。ただし、抵抗 R_1 , R_2 , R_3 の抵抗値はすべて $100\ \Omega$, 電源 E の電圧は $100\ \text{V}$ とする。

1. 0.25
2. 0.5
3. 1
4. 2
5. 4



実験 3 キルヒホッフの法則

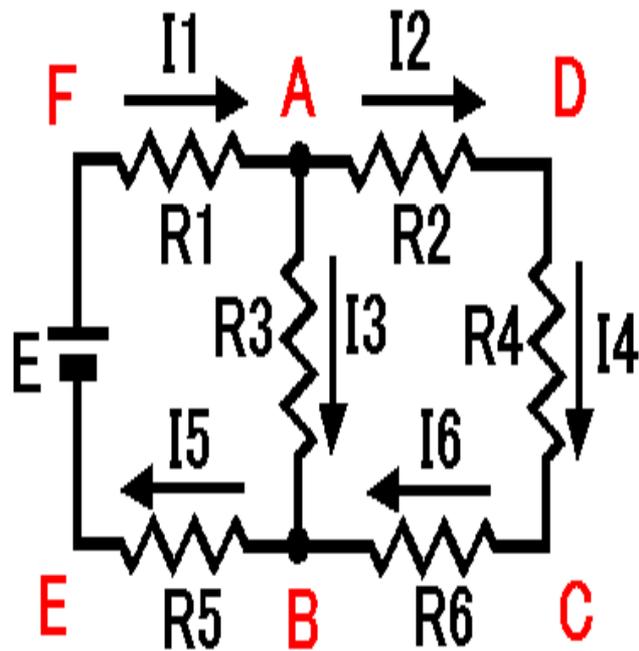
電気回路の中では、どの点でも電流の入出力和は 0 である。

(= 電流は、自然に湧いたり消えたりしない。)

電気回路の中では、どの閉回路でも電圧の和は 0 である。

(= 電圧は、自然に湧いたり消えたりしない。)

当たり前前の法則だが、複雑な回路計算に便利。



A点の電流和 $I_1 - I_2 - I_3 = 0$

B点の電流和 $I_3 + I_6 - I_5 = 0$

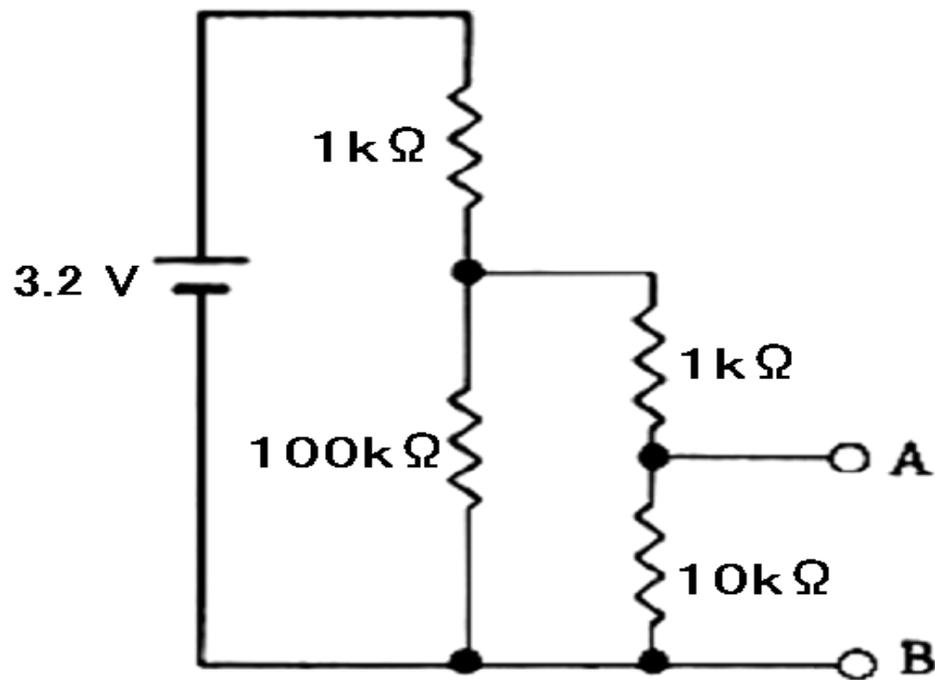
閉回路 ABCDA の電圧和 $I_3R_3 - I_6R_6 - I_4R_4 - I_2R_2 = 0$

閉回路 ABEFA の電圧和 $I_3R_3 + I_5R_5 - E + I_1R_1 = 0$

各素子の電流の向きは、適当に決めれば良い。

向きが逆であれば、マイナスの電流値が算出される。

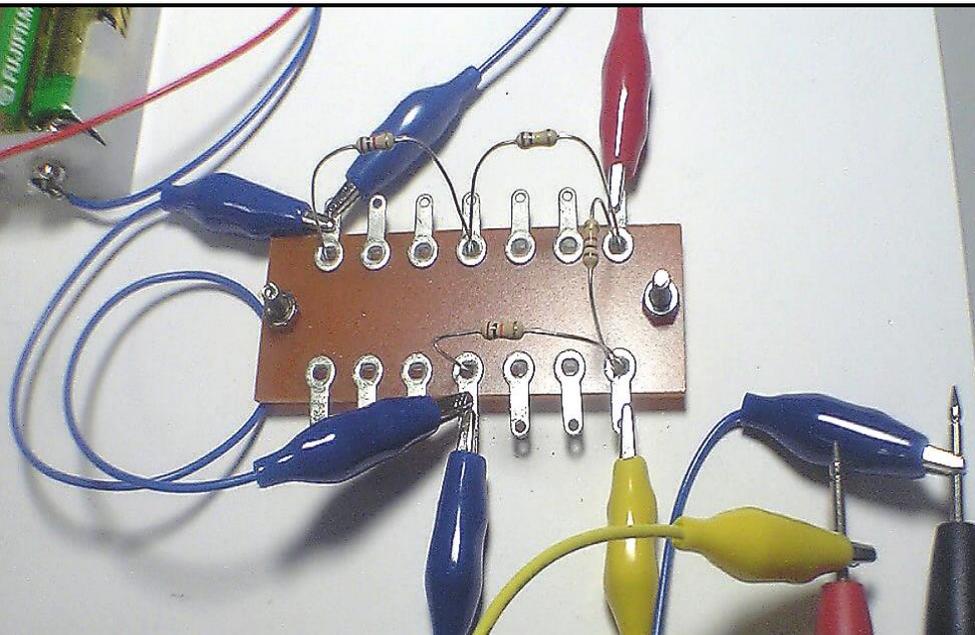
AB間の電圧(V)は



実際に回路を作って

この問題の答えを求める。

(電池の電圧 3.2 V の値は
各自の電池電圧値に
置き換えて下さい。)



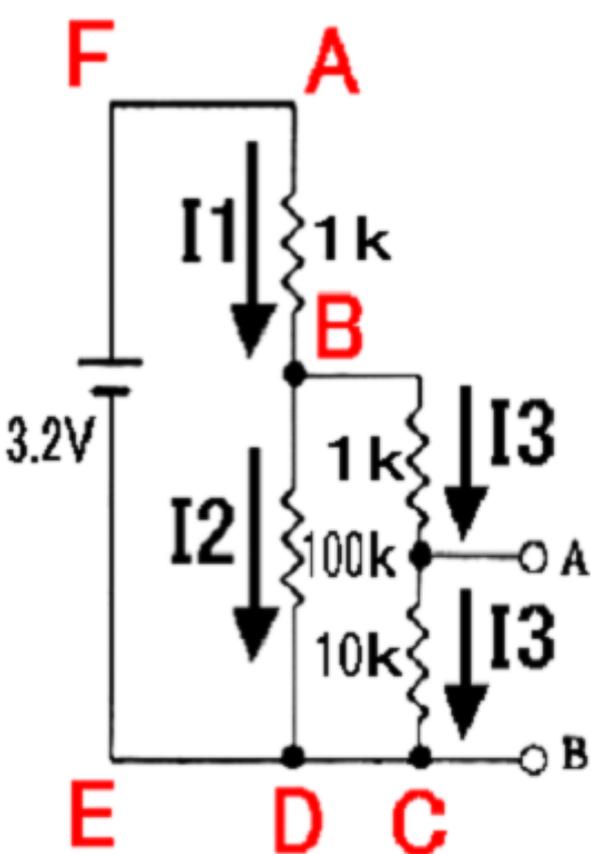
各抵抗に発生する

電圧を測定して、

キルヒホッフの法則から

算出される値と比較する。

キルヒホッフの法則



B点の電流和 $I_1 - I_2 - I_3 = 0$

閉回路 **ABDEFA** の電圧和

$$1000 I_1 + 100000 I_2 - 3.2 = 0$$

閉回路 **BCDB** の電圧和

$$1000 I_3 + 10000 I_3 - 100000 I_2 = 0$$

変数は I_1, I_2, I_3 の3個なので、
式は3個あれば解ける。

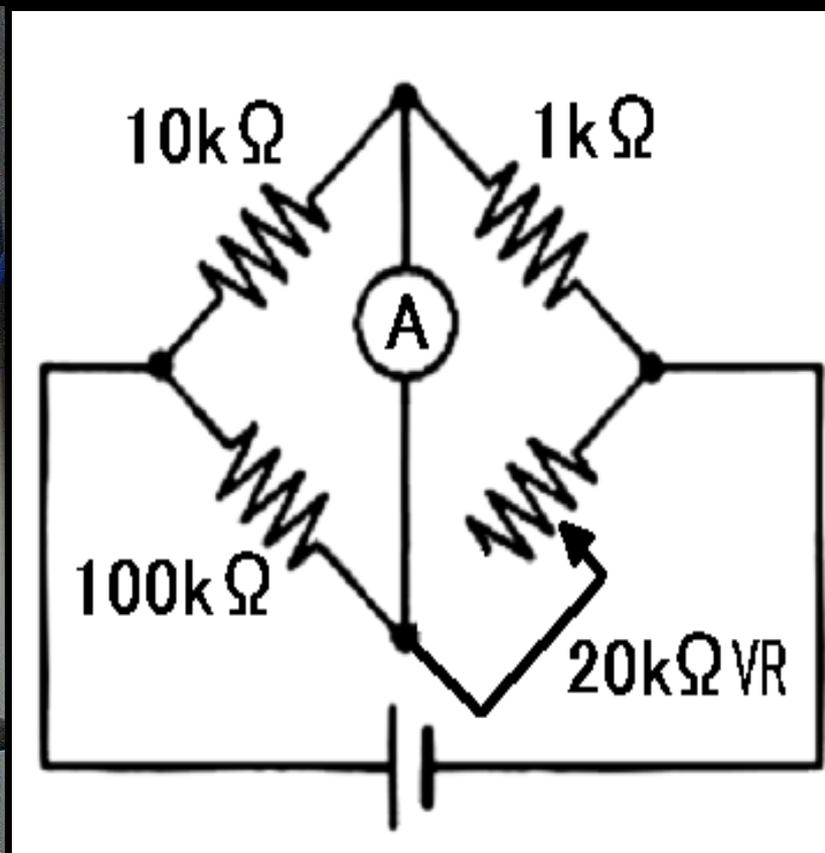
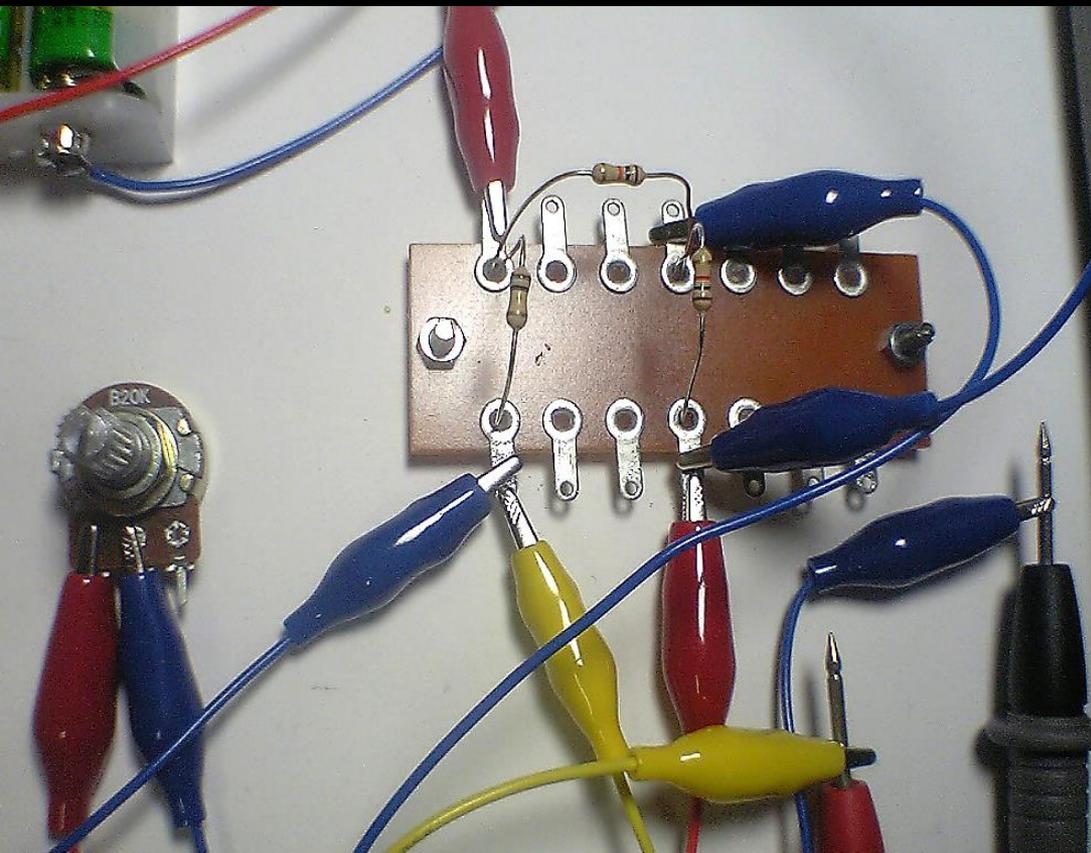
$$I_1 = \boxed{}, \quad I_2 = \boxed{}, \quad I_3 = \boxed{}$$

求める電圧は、算出した電流値に抵抗値をかけた値

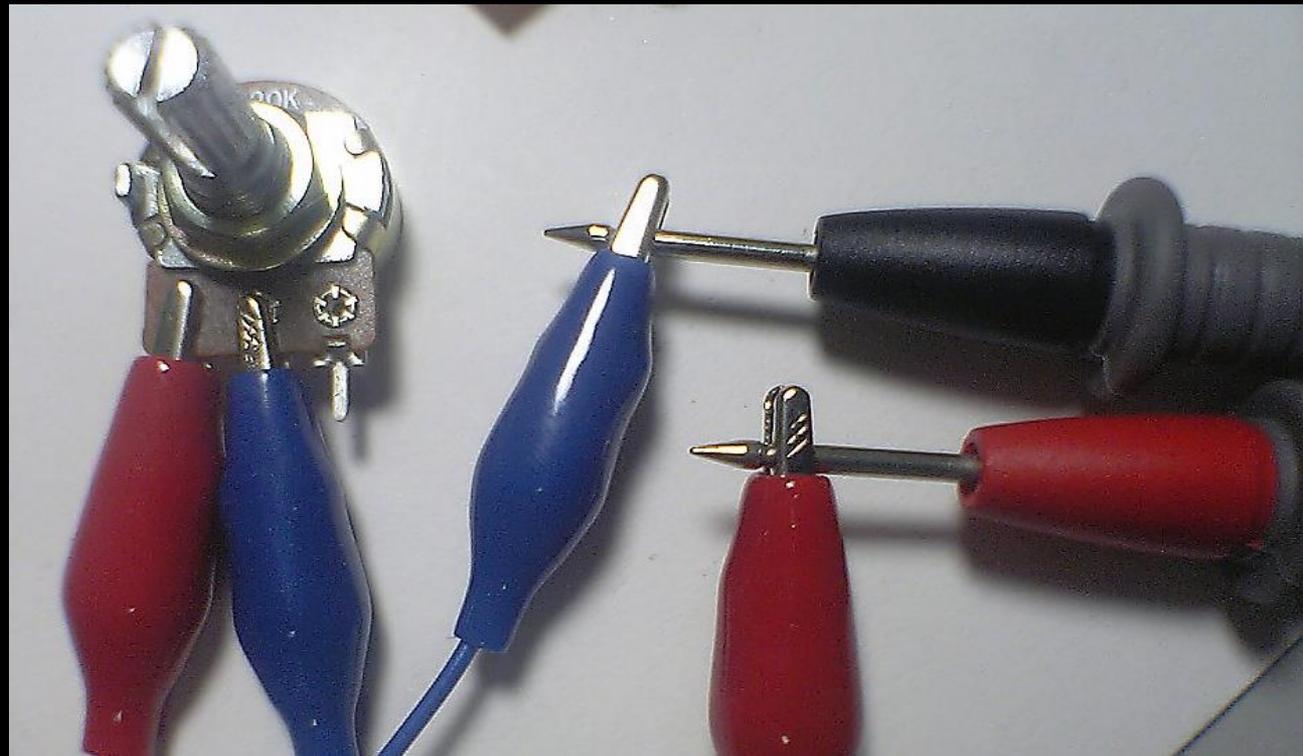
実験 4 ホイートストンブリッジ回路

回路図に示すホイートストンブリッジ回路を作る。

電流計はテスター(目盛りは mA)を使用する。

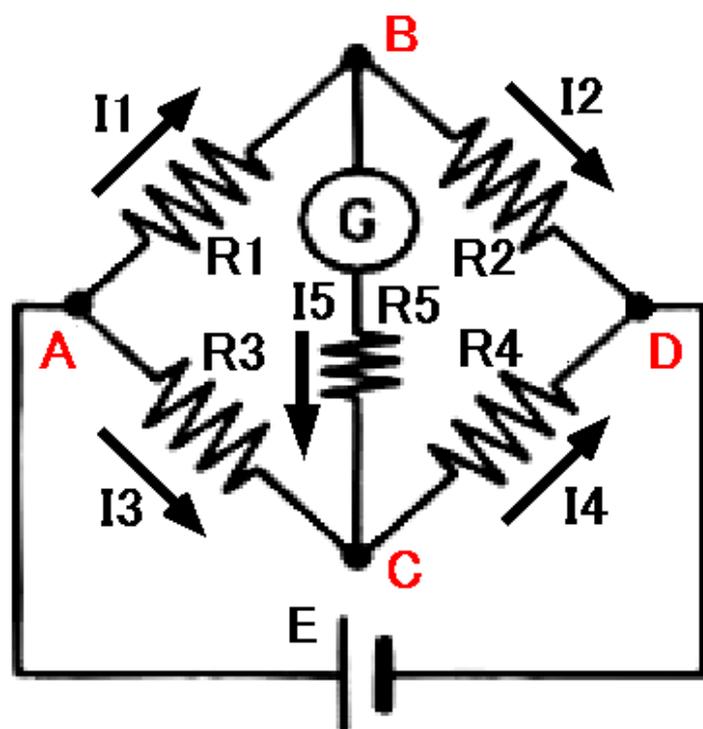


電流計の値を見ながら、可変抵抗器 (VR) のつまみを回す。
電流がマイナスの値も示すことを確認し、理解して下さい。
電流が 0 アンペア を示すように調整する。
つまみを動かさないように VR を回路から外し、
抵抗値を測定し、記録する。 計算式と比較する。



ホイートストンブリッジ回路

ホイートストンブリッジ回路は、
対向する抵抗値の積が等しい場合に
対角線の電流が0になる。



メータ G に電流が流れないときは、 $I_5 = 0$

B点の電流和 $I_1 - I_2 - I_5 = 0$ $I_1 = I_2$

C点の電流和 $I_3 + I_5 - I_4 = 0$ $I_3 = I_4$

閉回路 **ABCA** の電圧和

$$R_1 I_1 + R_5 I_5 - R_3 I_3 = 0 \quad R_1 I_1 = R_3 I_3$$

閉回路 **BCDB** の電圧和

$$R_5 I_5 + R_4 I_4 - R_2 I_2 = 0 \quad R_2 I_2 = R_4 I_4$$

これを解くと、 $R_1 R_4 = R_2 R_3$

精度良く抵抗値を測定することができる回路で、

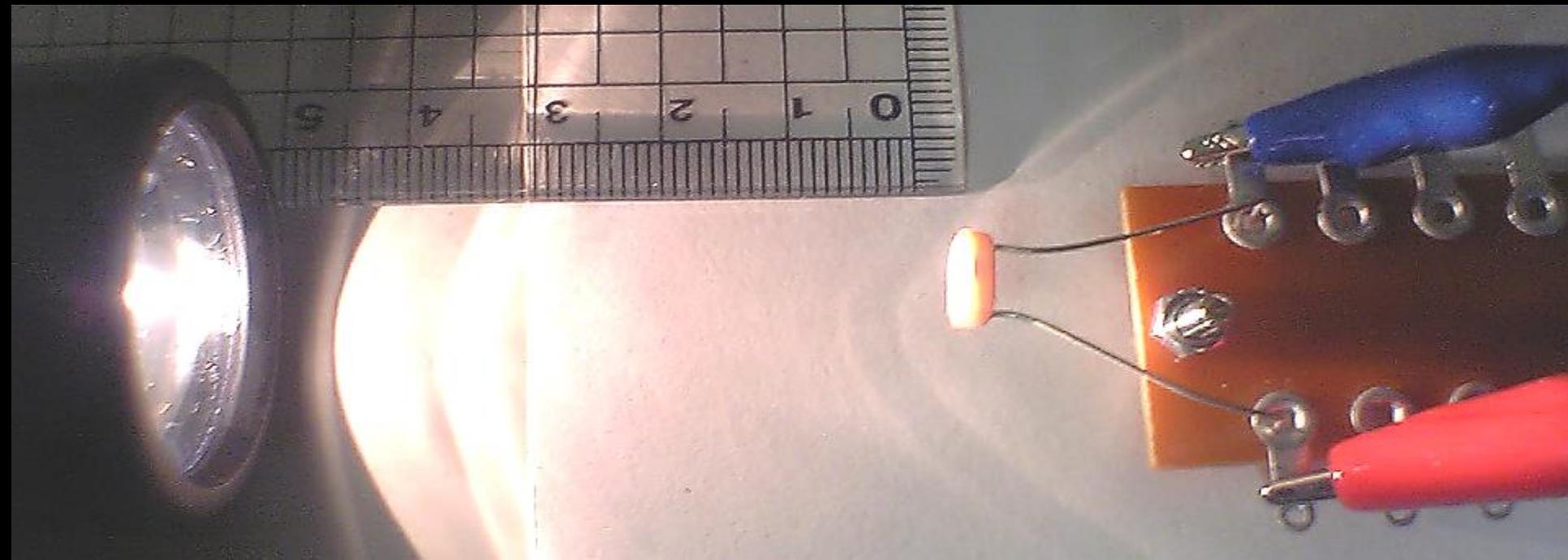
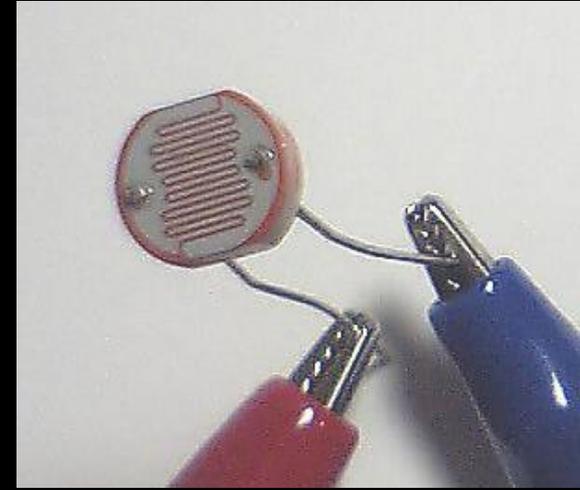
抵抗値が変化するトランスデューサ（サーミスタ、CdS、ストレインゲージなど）

の測定値検出回路に用いられる。

実験 5 CdSを利用したホイートストンブリッジ回路

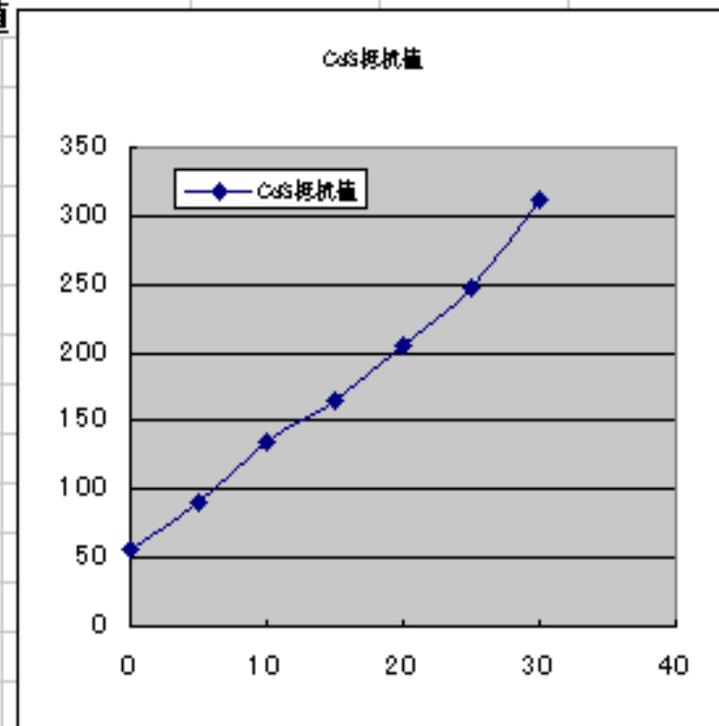
CdS の抵抗値が光の強さで
変化することを確認する。

5cm刻みで CdS と電灯の距離を
変化させ、抵抗値を記録する。



測定値を Excel で
グラフ表示して下さい。

	A	B	C	D	E	F
1	距離cm	CdS抵抗値				
2	0	57				
3	5	90				
4	10	135				
5	15	165				
6	20	205				
7	25	247				
8	30	312				
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						



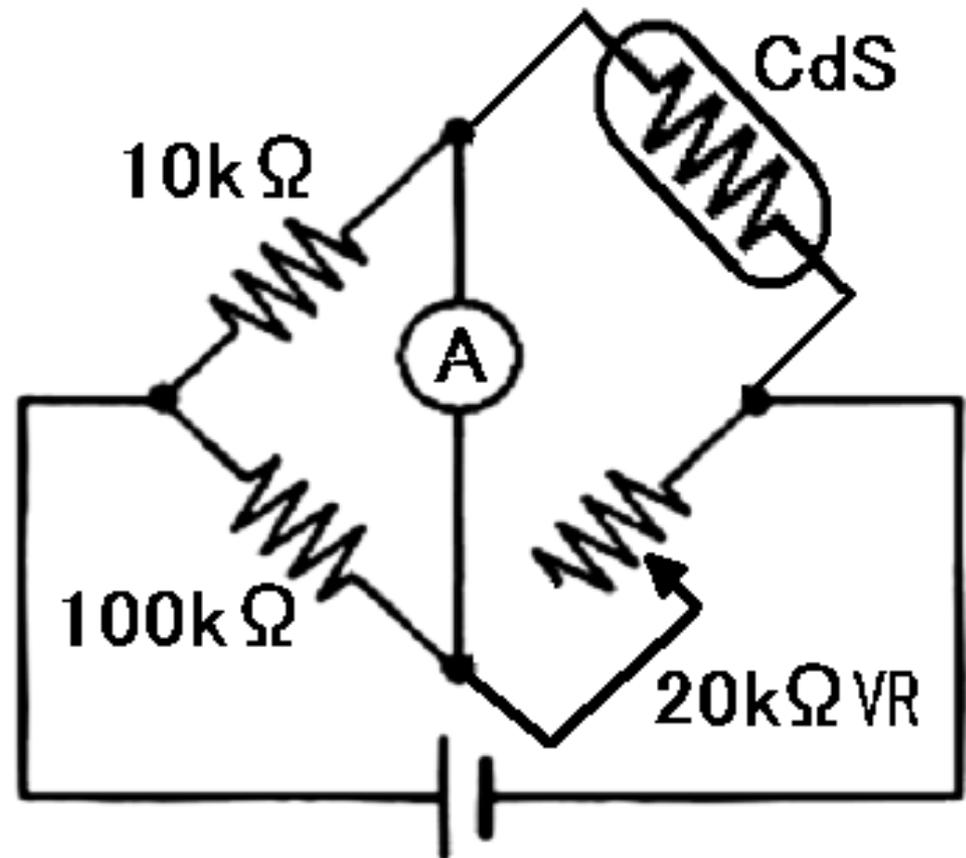
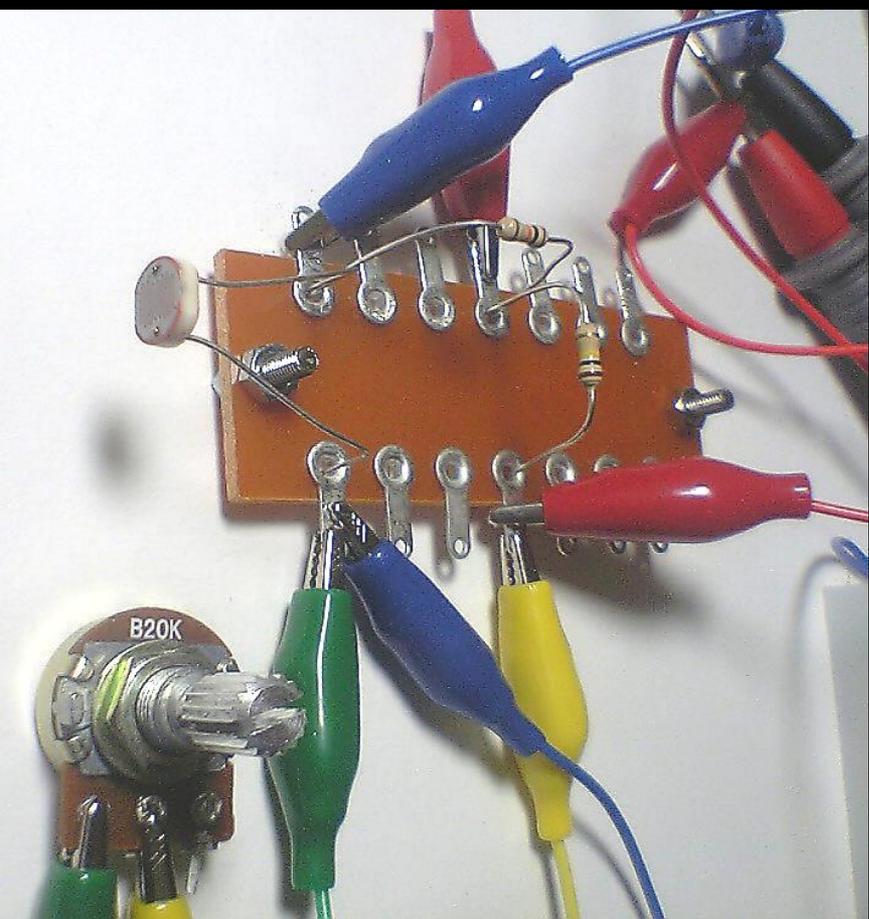
CdS素子の光導電効果

(コウドウデンコウカ : photoconductive effect)

CdS, CdSe などに光をあてたときに生じる電気伝導度 (コンダクタンス) の変化。

光センサ。光伝導 (導電) セル。硫化カドミウム CdS を使った抵抗で、光が当たると、抵抗値が小さくなる。

CdSを使ったホイートストンブリッジ回路を作る。



CdSと電灯の距離を変化させると、電流計が 0 アンペアを示す VR のつまみ角度が変化することを確認して下さい。最も明るく照らした場合と、CdS表面を暗くした場合(室内の明るさにした場合)の、0 アンペアを指す VR の抵抗値を記録する。

この回路が、明度計になっていることを理解して下さい。

