

【実験】電界（電場）と電位に関する理解（実験書・データ）

【目的】電位は静電気力による位置エネルギーであること、電位の傾き $\Delta V / \Delta d$ が電界（電場） E であることを、標高と等高線に置き換えることによって理解する。

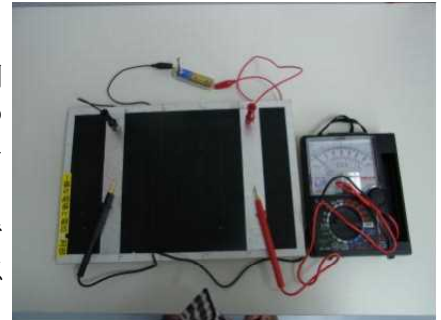
【準備】直流電源（または、電池）、木の板（MDF 20cm × 30cm くらい）、画鋲（金属板）、導電性塗料（導電性テープ）、導体紙（カーボン紙またはファックス原紙のカーボン紙）

【実験】

1 実験装置の製作

①図1のように木の板に導体紙を貼り、その上に導電性テープを間隔が15cmになるように平行に貼る。導電性テープの上から電池（の電源）または直流電源からの接続用のターミナルをつける。接着をする場合、導電性塗料を塗ると接触が良くなる。

②1.5Vの電池を接続し、平行に貼った導電性テープ上をテスターで測ると、テスターの端子はテープ上どこでも1.5Vを示すことを確認する。



(図1)

2 実験

(1)理論 電界と電位

電荷 q が静電気力 F を受けるとき、その位置の電界（電場） E は $E = F/q$ とで表される。また、電界方向の2点間の距離を d とし、その2点間を移動させたとき、電界のする仕事 W は、 $W = Fd = qEd$ である。単位電荷当たりの位置エネルギーが電位であることから、電位 V は、 $V = W/q = Ed$ である。すなわち、電位の傾き $E = \Delta V / \Delta d$ が電界を表す。

(2)実験方法

①テスターの一端子を電池の負極につながっている伝導性テープ上に置いたまま、+端子を導体紙上で動かし、0.75Vになる場所（等電位線）を探り、線の形状を調べる。

②一端子が繋がった導電性テープに対し垂直な線を行き、これを x 軸とし原点を導電性テープの内側にとり、 $x_1 = 2.5\text{cm}$ 、 $x_2 = 5.0\text{cm}$ と 2.5cm 刻みに点を取り、各点の電位を測定する。

① x_1 、 x_2 ・・・の電位と等電位の場所（等電位線）を探る。

3 実験結果

①等電位線は〔①平行な直線〕になる。

②実験結果（表）

	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
x	0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
V	0	0.27	0.51	0.75	1.00	1.25	1.53

③ x 軸上での電位 V と電界 E を表す $V - x$ グラフは右図(ア)のようになる。

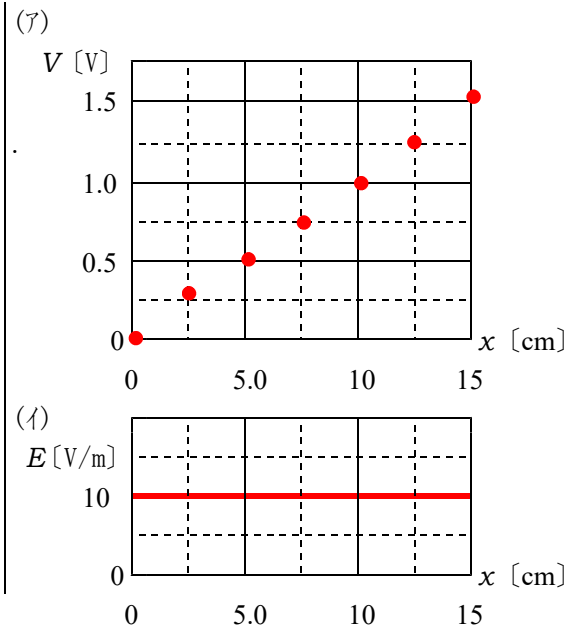
【考察】

① x 軸上での電界 E を表す $E - x$ グラフ、は右図(イ)のようになる。

②平行な極板間の電界は (② 一定) である。

その大きさは、

(③ $E = 0.10 \text{ V/cm} = 10 \text{ V/m}$) である



講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C	気圧 () hPa 湿度 () %

【探究】いろいろな電極の場合の電界の様子と電位 (実験書・データ)

【目的】電極の形状がつぎのような場合について、電界の様子を調べ、電気力線を書く。

【準備】前項の実験に同じ

【実験】

1 実験装置の製作

つぎのような装置を作る。

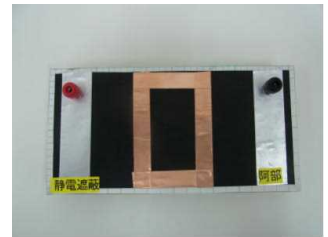
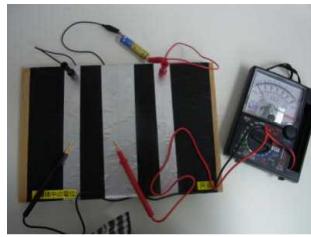
- ①円盤上の導体が導体紙の上にあり、それぞれに+の電極、-電極が繋がっている。(図1)
- ②平行な導体テープの間に、電源に繋がっていない長方形の導体がある。(図2)
- ③平行な導体テープの間に、電源に繋がっていない円形の導体がある。(図3)
- ④平行な導体テープの間に、ロの字型の中空の導体がある。(図4)

① (図1)

② (図2)

③ (図3)

④ (図4)

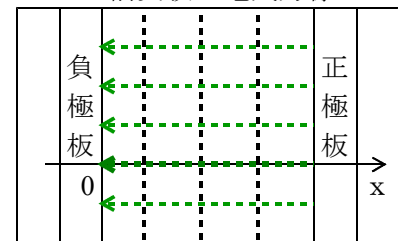


2 実験

(1)理論 電気力線

電気力線は、電界の向きに沿って電位の高い側から低い側に引いたベクトルである。前実験における金属板間の電気力線は、どの位置でも大きさが同じで、方向・向きも同じである。よって図1のように等間隔で等電位線に垂直に書く。等電位線の傾きが急になると電界が大きくなるので電気力線の数も多くなる。

前実験の電気力線



(2)実験方法 (例②の場合)

図2のように、正負の電極テープ中の間に 5cm 電極テープを貼り、前実験と同じように測定する。

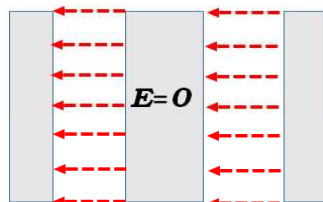
3 実験結果 (例)

実験結果 (表)

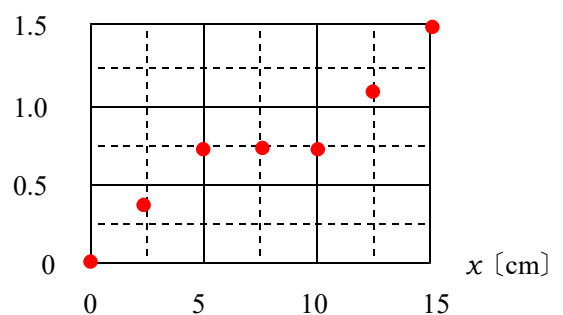
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
x	0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
V	0	0.38	0.75	0.75	0.75	1.14	1.53

【考察】

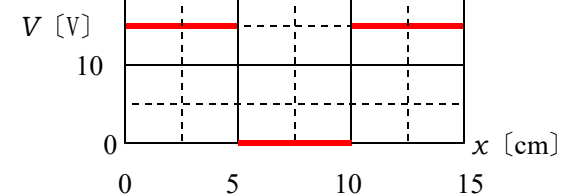
- ① x 軸上での電界 E を表す $E - x$ グラフ, は右図(i)。
- ②導体の金属板上は電位は一定で、導体内の電界は (② 0) である。電気力線の概要は次のようになる。
- ③電気力線の様子



(ア) V [V]



(イ)

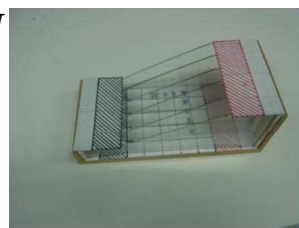


講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C	気圧 () hPa 湿度 () %

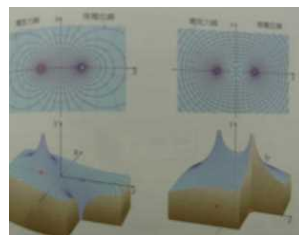
【指導の方法】(指導される教員の方へ) 見えない電位や電界を視覚化する。

○等電位線を等高線に置き換えて理解する。

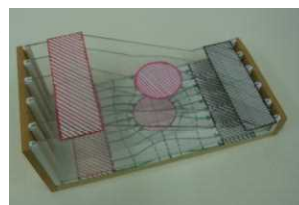
重力による位置エネルギー $U = mgh$ と静電気力による位置エネルギー $U = qV$ を比較すると、重力場と電磁場の違いはあれ、 gh と V が対応していることがわかる。すなわち、電位を標高、等電位線を等高線と対応させて理解すると電界(電場)も斜面の傾きとして視覚化できる。前出の実験では工作紙、アクリル板、MDF 木材を使って図のような立体模型を作って生徒に見せると理解が進むはずである。



また、前ページの(図1)の写真では、円形極板(アルミニウム円盤を使った)に置き換えたものを作る。片方に電池の+電極, 他方に-電極をつないで、等電位線を探ってみると、教科書に記載されている山の等高線のような図形を描くことができる。この場合、実験のように電位が同じ値(電圧計の値が同じになる場所)を探針子で探っても良い。しかし、 $F = qE$ より、適当な2点を選らび電位差が0(電界が0)であれば、その2点では電荷に力がはたらかず、移動しないので、電流が流れないことになる。よって、検流計を使い、盤面上の適当な場所に-探針子を触れ、+探針子で検流計の値が0になる場所を探る方が等電位線を精密に探りやすい。しかし、検流計の感度は高いので、触れる位置によっては、検流計の針が振り切れてしまうことになるので注意が必要である。



なお、電界中に金属を置くとその内部は $E = 0$ となることは前出の探究において明らかになる。そこで、電界中に金属円板を置くと内部は $E = 0$ となるが周辺部の等電位線が湾曲することが観察できる。電気力線が円盤表面に垂直に出入りしなければならないことから推測すると、円盤周辺では電気力線が湾曲することが理解ができる。



④(図4)では、中空であっても理論上は $E = 0$ である。カーボン紙に微少電流が流れるので多少の電界があるが。最初の実験と比較するとずいぶん違う。このことから静電遮蔽を説明することが可能である。

【実験】電界（電場）と電位に関する理解（実験書）

【目的】電位は静電気力による位置エネルギーであること、電位の傾き $\Delta V / \Delta d$ が電界（電場） E であることを、標高と等高線に置き換えることによって理解する。

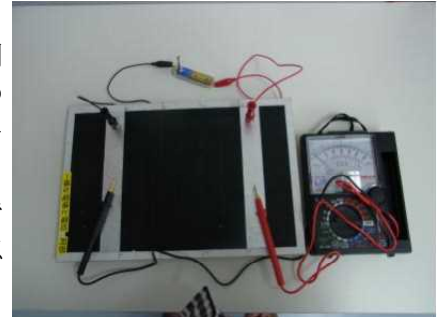
【準備】直流電源（または、電池）、木の板（MDF 20cm × 30cm くらい）、画鋲（金属板）、導電性塗料（導電性テープ）、導体紙（カーボン紙またはファックス原紙のカーボン紙）

【実験】

1 実験装置の製作

①図1のように木の板に導体紙を貼り、その上に導電性テープを間隔が 15cm になるように平行に貼る。導電性テープの上から電池（の電源）または直流電源からの接続用のターミナルをつける。接着をする場合、導電性塗料を塗ると接触が良くなる。

② 1.5V の電池を接続し、平行に貼った導電性テープ上をテスターで測ると、テスターの端子はテープ上どこでも 1.5V を示すことを確認する。



2 実験

(図1)

(1)理論 電界と電位

電荷 q が静電気力 F を受けるとき、その位置の電界（電場） E は $E = F/q$ とで表される。また、電界方向の 2 点間の距離を d とし、その 2 点間を移動させたとき、電界のする仕事 W は、 $W = Fd = qEd$ である。単位電荷当たりの位置エネルギーが電位であることから、電位 V は、 $V = W/q = Ed$ である。すなわち、電位の傾き $E = \Delta V / \Delta d$ が電界を表す。

(2)実験方法

①テスターの一端子を電池の負極につながつている伝導性テープ上に置いたまま、+端子を導体紙上で動かし、0.75V になる場所（等電位線）を探り、線の形状を調べる。

②一端子が繋がった導電性テープに対し垂直な線を行き、これを x 軸とし原点を導電性テープの内側にとり、 $x_1 = 2.5\text{cm}$ 、 $x_2 = 5.0\text{cm}$ と 2.5cm 刻みに点を取り、各点の電位を測定する。

③ x_1 、 x_2 ・・・の電位と等電位の場所（等電位線）を探る。

3 実験結果

①等電位線は [①] になる。

②実験結果（表）

	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
x	0						
V	0						

③ x 軸上での電位 V と電界 E を表す $V - x$ グラフは右図(ア)のようになる。

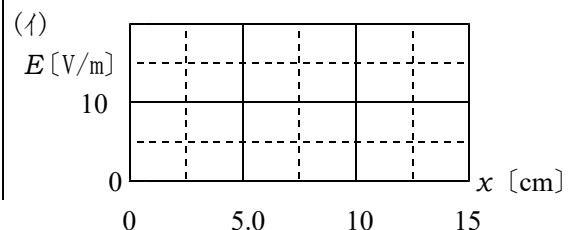
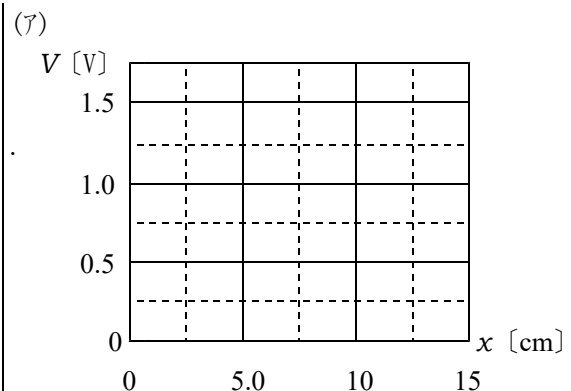
【考察】

① x 軸上での電界 E を表す $E - x$ グラフ、は右図(イ)のようになる。

②平行な極板間の電界は (②) である。

その大きさは、

(③) である



講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C	気圧 () hPa 湿度 () %

【探究】いろいろな電極の場合の電界の様子と電位（実験書）

【目的】電極の形状がつぎのような場合について、電界の様子を調べ、電気力線を書く。

【準備】前項の実験と同じ

【実験】

1 実験装置の製作

つぎのような装置を作る。

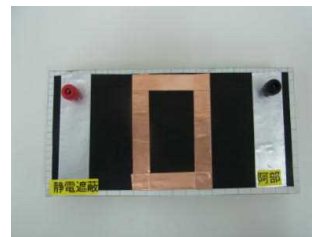
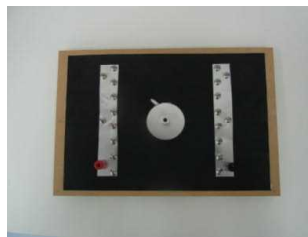
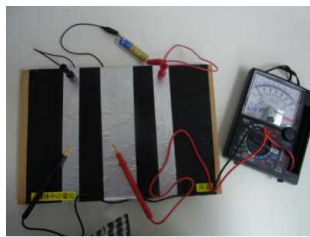
- ①円盤上の導体が導体紙の上にあり、それぞれに+の電極，-電極が繋がっている。（図1）
- ②平行な導体テープの間に、電源に繋がっていない長方形の導体がある。（図2）
- ③平行な導体テープの間に、電源に繋がっていない円形の導体がある。（図3）
- ④平行な導体テープの間に、ロの字型の中空の導体がある。（図4）

①（図1）

②（図2）

③（図3）

④（図4）

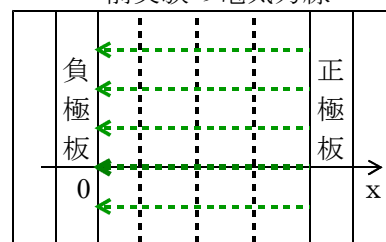


2 実験

(1)理論 電気力線

電気力線は、電界の向きに沿って電位の高い側から低い側に引いたベクトルである。前実験における金属板間の電気力線は、どの位置でも大きさが同じで、方向・向きも同じである。よって図1のように等間隔で等電位線に垂直に書く。等電位線の傾きが急になると電界が大きくなるので電気力線の数も多くなる。

前実験の電気力線



(2)実験方法（例②の場合）

図2のように、正負の電極テープ中の間に 5cm 電極テープを貼り、前実験と同じように測定する。

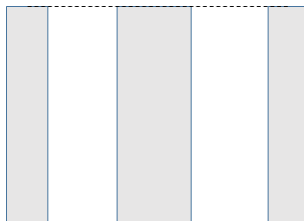
3 実験結果（例）

実験結果（表）

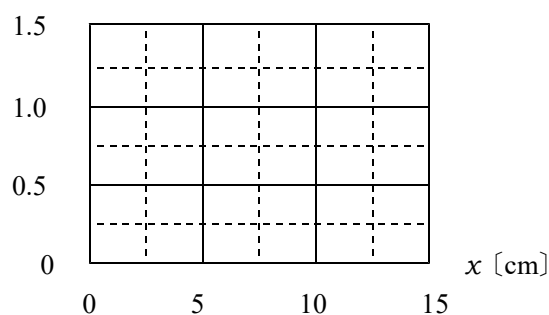
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
x							
V							

【考察】

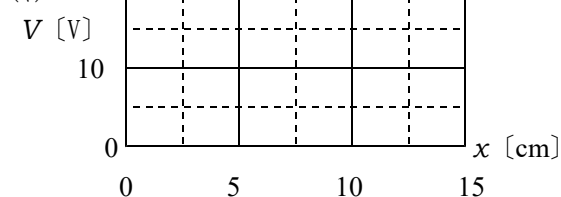
- ① x 軸上での電界 E を表す $E - x$ グラフ，は右図(i)。
- ② 導体の金属板上は電位は一定で，導体内の電界は (②) である。電気力線の概要は次のようになる。
- ③ 電気力線の様子



(ア) V [V]



(イ)



講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C	気圧 () hPa 湿度 () %