電界

[1]目的

　導電紙を用いて一様な電界中に導体を置いた場合の等電位線と電気力線を求め、静電界の様子を直感的に理解する。

[2]原理

　単位電荷をある点まで電界に逆らって運ぶとき、電界に対してする仕事の総和、またはある点を基準にし、その点に置いた単位電荷の位置エネルギーのことを電位という。また、

ある点に単位電荷を置いた時にその単位電荷が受ける力の大きさと向きを電界という。電界(**E**)と電位(φ)の関係は

**E**＝－gradφ

で表される。

　電界の様子は電気力線から直感的に理解しやすい。電気力線は等電位線を垂直に貫くから、等電位線の形状から電界の様子を直感的に理解できる。

[3]方法

3‐1．実験１

　⑴ 導電紙をペークライト板の上に置き、間にクッションを入れ、両端に電極板をクリップで取り付け、電極板に電源を取り付ける。次に、デジタルマルチメーターの測定端子のCOMを電源の－極に、V端子を測定用ブローブに接続する。（実験書のP.40の図1の装置）

⑵ ＋極側の電位を測り、10.00Ｖになるように電源を調節する。

　⑶ 1V,2V,3V,…,9Vの各電位の等電位線を描き、それが電極に平行になるか確認する。

　⑷ －極側からの距離(1㎝,2㎝,3㎝,…,20㎝)とその点の電位の値を計測する。

3‐2．実験２

　⑴ 導電紙の中央に鉛筆で図形を描き、導電ペイントで周を塗る。

　⑵ ドライヤーで導電ペイントを乾かす。

　⑶ ペイント部分の電位を計測する。

　⑷ －極側からの距離(1㎝,2㎝,3㎝,…,20㎝)とその点の電位の値を計測する。

⑸ 1V,2V,3V,…,9Vの各電位の等電位線を描く。

3‐3．実験３

　⑴ ペイント部分をカッターで切り取る。

　⑵ 導電紙を90°回転させる。

　⑶ 1V,2V,3V,…,9Vの各電位の等電位線を描く。

　⑷ トレーシングペーパーに実験２と実験３で描いた等電位線を写す。

[4]結果

　4‐1．実験１(3‐1－⑶)で描いた等電位線は平行になった。

　4‐2．実験１で計測した－極側からの距離とその点の電位の値を表にまとめる。(表1)

　4‐3．実験２で計測した－極側からの距離とその点の電位の値を表にまとめる。(表2)

表1　実験１で計測した－極側からの距離(ℓ₁)とその点の電位(φ₁)の値(4－1)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ℓ₁[㎝] | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |
| φ₁[V] | **0.52** | **1.03** | **1.52** | **1.98** | **2.49** | **2.96** | **3.46** | **3.93** | **4.44** | **4.95** |
| ℓ₁[㎝] | 11.0 | 12.0 | 13,0 | 14.0 | 15.0 | 16.0 | 17.0 | 18.0 | 19.0 | 20.0 |
| φ₁[V] | **5.42** | **5.89** | **6.38** | **6.84** | **7.36** | **7.81** | **8.36** | **8.84** | **9.38** | **9.82** |

表2　実験２で計測した－極側からの距離(ℓ₂)とその点の電位(φ₂)の値(4－2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ℓ₂[㎝] | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |
| φ₂[V] | **0.66** | **1.32** | **1.99** | **2.66** | **3.40** | **4.16** | **4.19** | **4.73** | **4.74** | **4.73** |
| ℓ₂[㎝] | 11.0 | 12.0 | 13,0 | 14.0 | 15.0 | 16.0 | 17.0 | 18.0 | 19.0 | 20.0 |
| φ₂[V] | **4.74** | **4.74** | **4.83** | **5.75** | **6.55** | **7.23** | **7.87** | **8.49** | **9.12** | **9.68** |

4‐4．実験１で計測した－極側からの距離とその点の電位の関係をグラフにまとめる。(図1)

4‐5．実験２で計測した－極側からの距離とその点の電位の関係をグラフにまとめる。(図2)

4‐6．実験２で計測したペイント部分の電位を図に表す。(図3)

　　　　　　　　　　　　　　　　　　 4.69

4.68

　　 4.68

4.70

4.68

4.71

4.68 4.70

4.68

　図3　ペイント部分の電位(単位：V)

4‐7．トレーシングペーパーより、実験3の等電位線が実験2の電気力線になっていることがわかった。

[5]考察

　5‐1．グラフとトレーシングペーパーから考えられること

　　　　　図１のグラフは直線になっていたので、平行に置かれた電極がつくる静電界において、電位は距離に比例することがわかった。よって、距離に対する電位差の割合はどの点でも同じだと考えられ、一様な電界が作られていることが推測できる。電気力線は等電位線に垂直だから、このことは実験１で書いた等電位線が平行になったことからも確認できる。

　　　　　図２のグラフは大雑把に分けると、ℓ₁が0㎝～7㎝の部分では、傾きがほんの少しずつではあるが大きくなっていき、7㎝～13㎝の部分では傾きゼロ、8㎝～20㎝の部分では、傾きがほんの少しずつ小さくなっている。このことからまず0㎝～7㎝の部分では、ℓ₁が大きくなるにつれて電位差が大きくなる、つまり電界が大きくなっていくことがわかる。これは、トレーシングペーパーの等電位線の間隔が徐々に少しずつ狭くなっていることからも確認できる。これとは正反対に、8㎝～20㎝の部分ではℓ₁が大きくなるにつれて電位差が小さくなる、つまり電界が小さくなっていくことがわかる。7㎝～13㎝の部分では等電位であることがわかる。

　　　　　トレーシングペーパーを見ると、等電位線はペイント部分をよけるように描かれている。これは導電ペイントによって、強制的に等電位な部分が作られ、実験１で確認された等間隔に並んだ等電位線のペイント周囲にあるものが追いやられたのだと思う。

　5‐2．ペイント部分とその内部の電位について

　　　　　ペイント部分とその内部の電位は両方とも多少の誤差はあったが前者は約4.69V、後者は約4.74Vで問う電位になった。ペイント部分は導電ペイントが導体と同じ役割を果たす物質でできているため、静電誘導により電界がなくなり、等電位になったと考えられる。ペイント内部は、ペイント部分の静電誘導により内部にも電界がなくなる静遮蔽の状態になったからだと思う。

　　　　　ペイント部分の電位の誤差は、ペイントの厚さや、かき混ぜ具合によるものだと思う。

　5‐3．実験3の等電位線が実験2の電気力線になっている理由

　　　　　実験を時間内に終わらせることが必要だったので、実験３の等電位線は2本しか引けなかったが、この２本から他の等電位線も同様に実験2の等電位線に直交しているとすると、実験3の等電位線が実験2の電気力線になっていることが想像できる。

　　　　　実験２では電流は導体と同じで抵抗のほとんどない図形部分を流れようとして、図形部分に引き寄せられるように流れる。それに対して実験３では、図形を切り取ってしまったので、図形部分は絶縁体と同じになり、電流はそこを避けて流れると考えられる。よって、実験2と実験3では電流のカーブの仕方が逆になり、等電位線や電気力線にも同じことが起こる。したがって実験2の電気力線と実験3の等電位線はカーブの仕方が同じで、90°回転させたのだから、それらは直交する。つまり実験3の等電位線が実験2の電気力線になると考えられるのである。同様に実験２の等電位線が実験３の電気力線になる。