


第5回講義の復習

ガウスの法則により導出される電界

電荷の次元	誘電率 ϵ の媒質中、 r だけ離れた点での電界強度
零次元 点 電荷 Q	$\frac{Q}{4\pi\epsilon r^2}$
一次元 無限に長い線 単位長さ当たりの電荷 q	$\frac{q}{2\pi\epsilon r}$
二次元 無限に広い面 単位面積当たりの電荷 σ	$\frac{\sigma}{2\epsilon}$

 名古屋大学

2010年11月15日(月) 13:00-14:30 S2Y

平成22年度 工V系(社会環境工学科) 第6回 電磁気学 I
天野 浩

項目

電位の定義、静電ポテンシャルエネルギー

* 力の場合には、ポテンシャルが定義できます。ここでは、クーロン力の働く場の静電エネルギー、電位及び静電エネルギーを定義します。

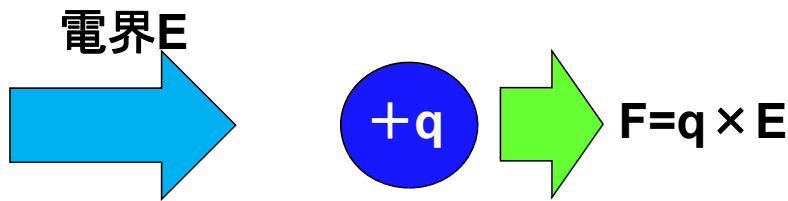
* 関数電卓を持参すること。

本日の計算に必要な物理量

真空の誘電率: $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} [\text{F/m}]$

電子の素電荷: $q = 1.602 \times 10^{-19} [\text{C}]$

電位(または電圧)について



力の加わる場では、位置のエネルギー
(ポテンシャルエネルギー, 静電ポテンシャル)が定義できる。

エネルギーの単位はジュール(Joule)

* 1ニュートンの力が、その力の方向に物体を1m動かす時にする仕事、1ジュール。 $N \cdot m = J$

Q6-1 JをSI基本単位系(m,kg,s,A,cal,mol,K)のみで表せ。

単位の確認 SI基本単位は以下の7つ

量	単位の名称	単位記号	備考
長さ	メートル	m	定義: 1秒の1/299,792,458に光が真空中を進む距離。
質量	キログラム	kg	定義: 国際キログラム原器の質量に等しい。
時間	秒	s	定義: セシウム133の原子の基底状態の2つの超微細準位の間遷移に対応する放射の9,192,631,770周期の継続時間。
電流	アンペア	A	定義: 真空中に1mの間隔で平行に置かれた無限に小さい円形断面を有する無限に長い2本の直線状導体のそれぞれを流れ、これらの導体の長さ1メートルごとに 2×10^{-7} ニュートンの力を及ぼしあう一定の電流。
温度	ケルビン	K	定義: 水の3重点の熱力学温度の1/273.16。
物質質量	モル	mol	定義: 0.012kgの炭素12の中に存在する原子の数と等しい数の要素粒子または要素粒子の集合体(組成が明確にされたものに限る)で構成された系の物質質量。
光度	カンデラ	cd	定義: 周波数 540×10^{12} Hzの単色放射を放出し、所定の方向の放射強度が1/683W/srである光源の、その方向における光度。

<http://homepage3.nifty.com/such/shumi/shumi3/si.html>

大きさに関する接頭語と記号

値(大)	接頭語と記号	値(小)	接頭語と記号
10	da (デカ)	10 ⁻¹	d (デシ)
10 ²	h (ヘクト)	10 ⁻²	c (センチ)
10 ³	k (キロ)	10 ⁻³	m (ミリ)
10 ⁶	M (メガ)	10 ⁻⁶	μ (マイクロ)
10 ⁹	G (ギガ)	10 ⁻⁹	n (ナノ)
10 ¹²	T (テラ)	10 ⁻¹²	p (ピコ)
10 ¹⁵	P (ペタ)	10 ⁻¹⁵	f (フェムト)
10 ¹⁸	E (エクサ)	10 ⁻¹⁸	a (アト)
10 ²¹	Z (ゼタ)	10 ⁻²¹	z (zepto)
10 ²⁴	Y (ヨタ)	10 ⁻²⁴	y (ヨクト)

<http://homepage3.nifty.com/such/shumi/shumi3/si.html>

電気に関する組立単位(基本単位系をもとに組み合わせで作られている単位)の確認

周波数	ヘルツ	s ⁻¹	Hz	1秒間の間に繰り返される周期運動の回数
仕事/熱量/エネルギー	ジュール	N・m	J	1ニュートンの力が、その力の方向に物体を1m動かす時にする仕事、1ジュール。基本単位のみで表すと、kg・m ² /s ² 。ジュールは仕事量の単位であるほかに、熱量、エネルギーの単位としても共通に用いられる。
仕事率/電力	ワット	J/s	W	1秒間に1ジュールの仕事をする割合が、1ワット。SI基本単位のみで表せばkg・m ² /s ³ 。電力の単位としても用いられる。
電気量	クーロン	A・s	C	1アンペアの電流によって1秒間運ばれる電気量が1クーロン。
電圧/起電力	ボルト	W/A	V	1アンペアの電流が流れている導体の中のある2点間で消費される電力が1ワットであるとき、この2点間に存在する電位差を1ボルト。
電気抵抗	オーム	V/A	Ω	電圧差1ボルトの2点間を1アンペアの電流が流れているとき、その2点間の電気抵抗が1オーム。

<http://homepage3.nifty.com/such/shumi/shumi3/si.html>

電位(または電圧)について

ポテンシャルエネルギー

電界Eの向き

$F = q \times E$

$W = q \times E \cdot d$
 $= q \times V \text{ [J]}$

電界E[N/C]の場で、+q[C]の電荷の粒子を電界に逆らって距離d[m]だけ運ぶと、電荷qの粒子のエネルギーは $qE \times d$ だけ増える。

→ 位置エネルギー(ポテンシャルエネルギー)が $q \times Ed = q \times V$ 増える。

電位(または電圧)について

A点とB点の電位差の定義

前頁より $q \times V = \text{エネルギー}$
 $\Rightarrow [C \times V] = [J]$

$$V_{AB} = - \int_A^B \vec{E}(r) \cdot d\vec{r} [V]$$

単位について エネルギーの単位 [J]=[N·m]
電圧の単位[V]=[J/C]=[N·m/C]

電界の単位[N/C]=

Q6-2 電界の単位を電圧Vを用いて表すと?

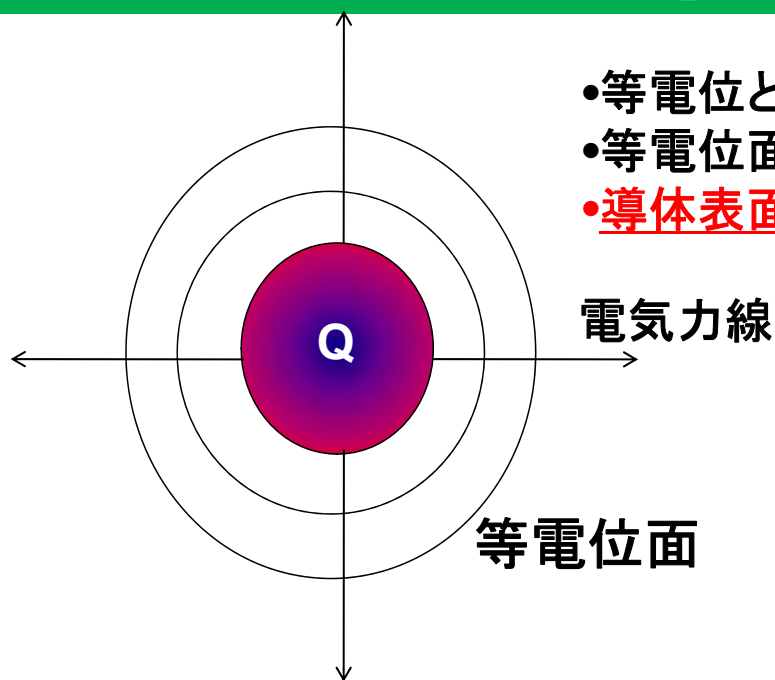
電位と電界

$$V_{AB} = -\int_A^B \vec{E}(r) \cdot d\vec{r} [V]$$

$$\vec{E} = -\nabla V$$

電位はスカラー，電界はベクトル。
電位の基準は自分で決める。

等電位面



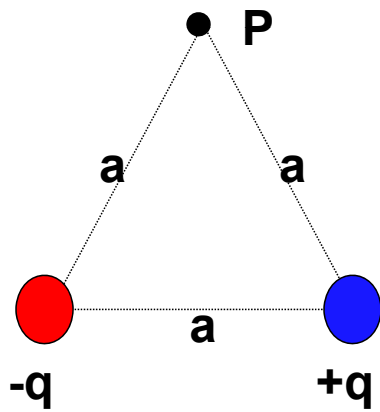
- 等電位と電気力線は直交する。
- 等電位面同士は交わらない。
- 導体表面はすべて同電位である。

* 電位が必要な時は，まず最初にガウスの法則を用いて電界を求め，次にそれを積分する。

Q6-3 電位差1[V]の2点間を電子が移動するとき、電子が電界から得るエネルギーを求めよ。

Q6-4 1[C]の点電荷から1[m]だけ離れている点の電位は何[V]か？

Q6-5 真空中に点電荷+qと-qが下記の図のように配置されている時, 点Pの電位を求めなさい。



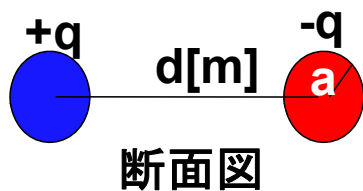
$$V_{AB} = -\int_A^B \vec{E}(r) \cdot d\vec{r} [V]$$

Q6-6 半径a[m]の導体球の表面に一様に電荷+Q[C]が分布している時, 球の外部 および内部の電位を求めなさい。

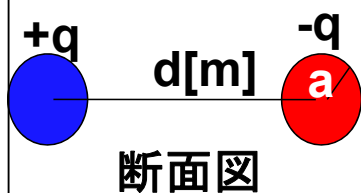
Q6-6 半径 a [m]の導体球の表面に一様に電荷 $+Q$ [C]が分布している時、球の外部 および内部の電位を求めなさい。

Q6-7 電位が $V=3x^2y-yz^2$ で与えられている時、点 $(1, -2, -1)$ における電位、及び x 方向、 y 方向、 z 方向それぞれの電界はいくらになるか？

Q6-8 図のように半径 a の無限に長い導線が間隔 d [m]で平行に配置され、それぞれの導線に単位長さ当たり $+q$ [C/m], $-q$ [C/m]の電荷が与えられている。導線間の電位差を求めなさい。



Q6-8 図のように半径 a の無限に長い導線が間隔 d [m]で平行に配置され、それぞれの導線に単位長さ当たり $+q$ [C/m], $-q$ [C/m]の電荷が与えられている。導線間の電位差を求めなさい。



本日のまとめ

- 8問中, 何問正解したか書きなさい。
- SI単位系の基本7単位を書き出さなさい。
- 電位と電界の関係を, 式で示しなさい。
- 等電位面と電気力線の関係を書きなさい。