

Excelを用いて 電磁気学の現象を グラフから理解する。

実践例：理系コースの高校生向けの物理の授業にて…
(コンデンサとコイルの過渡現象)

神奈川県 森村学園中等部高等部
理科教諭(物理・地学) 三枝 優輝

過渡現象とは？

I. スイッチ S_1 を閉じた直後(充電開始)

コンデンサーには、まだ電荷が蓄えられていないので、 $Q = 0C$ であり、コンデンサーの両端の電位差 $V[V]$ は、 $V = \frac{Q}{C} = 0V$ である。

①式より、抵抗の両端の電位差は E であり、流れる電流 $I[A]$ は、 $E = RI$ より、

$$I = \frac{E}{R}$$

となる。

II. コンデンサーの電気量が

$Q[C]$ になったとき(充電中)

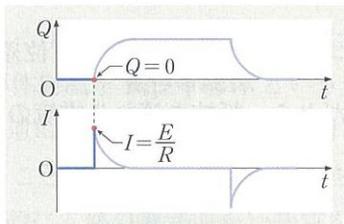
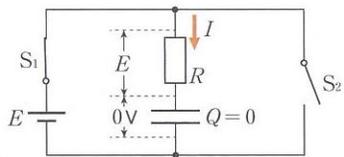
コンデンサーの両端の電位差 V は、 $V = \frac{Q}{C}$ である。①式より、抵抗の両端の電位差は $E - \frac{Q}{C}$ であり、流れる電流 I は、 $E - \frac{Q}{C} = RI$ より、

$$I = \frac{1}{R} \left(E - \frac{Q}{C} \right)$$

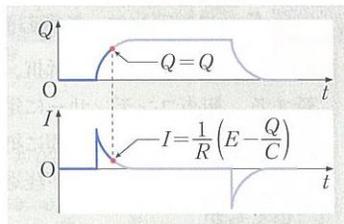
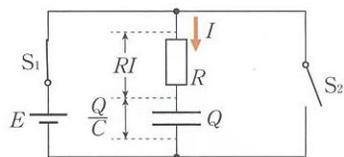
時間経過とともに、充電が進んで Q が大きくなっていくと、コンデンサーの両端の電位差 $V = \frac{Q}{C}$ も大きくなっていく。このとき、①式より、抵抗の両端の電位差は小さくなっていくため、流れる電流は小さくなっていく。

III. 十分に時間が経過したとき(充電完了)

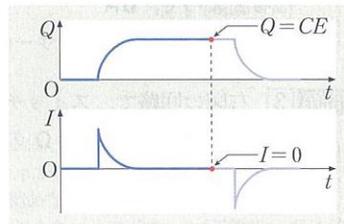
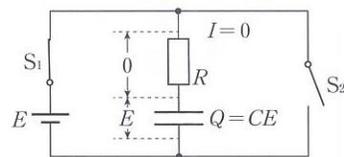
コンデンサーの両端の電位差が E に達すると(電気量 $Q = CE$)、①式より、抵抗の両端の電位差が 0 になり、電流が流れなくなる ($I = 0A$)。これより、充電が完了する。



▲図 15 コンデンサーの充電(過程 I)



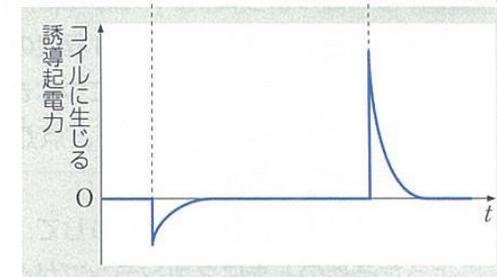
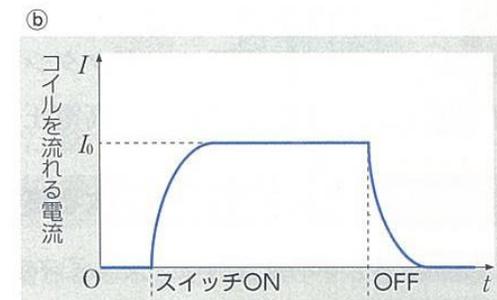
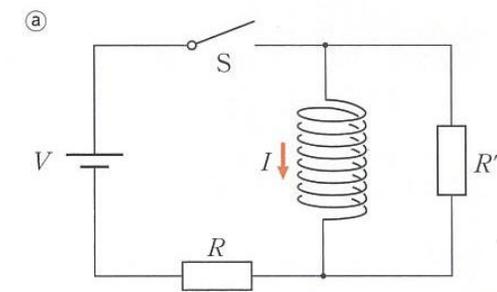
▲図 16 コンデンサーの充電(過程 II)



▲図 17 コンデンサーの充電(過程 III)

コンデンサやコイルを電池につなぐと、電圧や電流は時間的には一様ならず、変化していく。

この様子をグラフに起こしてみる。



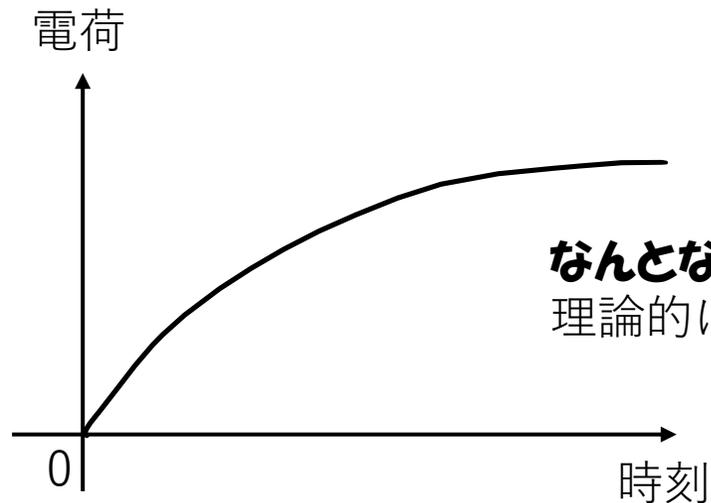
▲図 10 自己誘導

コイルの過渡現象 (自己誘導)

コンデンサの過渡現象 (充電)

この授業のねらい

- 教科書に載ってあるグラフを、Excelを用いることで、生徒自身で正確に描き、正しく物理現象を理解する。
- なかなか実験しづらい内容だからこそ、モデルを使うことで物理現象を理解することができる。(シミュレーションのようなもの?)



なんとなくこんな感じでしょ?…ではなく、
理論的に正確なグラフを描いてみよう!



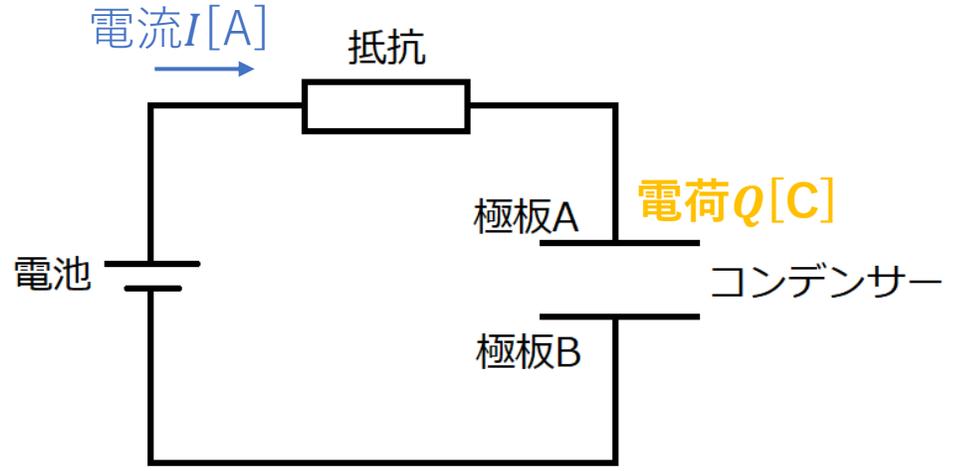
⚡ コンデンサの過渡現象

高3の理系コースに在籍している多くの生徒たちは数学IIIまで履修しているため、微分積分を用いて以下の式を導出する。

電気容量 C [F]のコンデンサを、抵抗値 R [Ω]の抵抗と起電力 V [V]の電池でできた回路につなげる。

時刻 t [s]における、コンデンサに蓄えられる電荷の大きさ Q [C]は…

$$Q = CV \left(1 - e^{-\frac{1}{RC}t} \right)$$



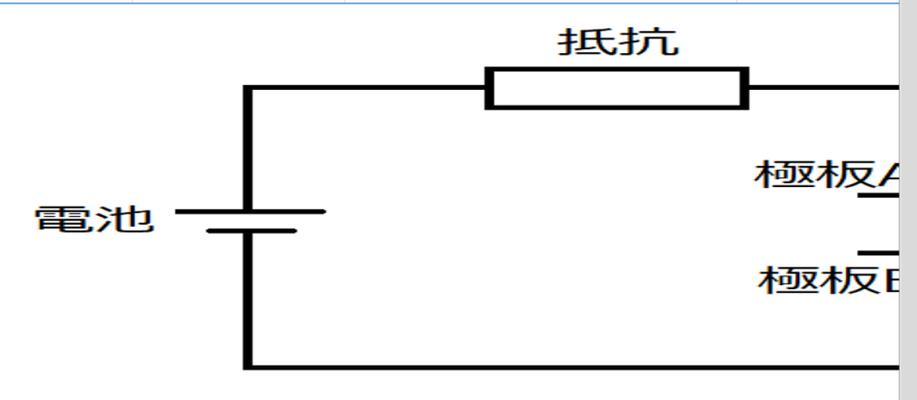
時刻 t [s]における、回路全体を流れる電流の値 I [A]は…

$$I = \frac{V}{R} e^{-\frac{t}{CR}}$$

この設定では、定数は「電池の起電力」、「コンデンサの電気容量」、「抵抗の抵抗値」である。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	E[V]	時間t[s]	極板間電圧V[V]	電荷Q[C]	電流I[A]				
2	100	0	=A\$2*(1-EXP((-B2/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C2	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B2/(\$A\$4*\$A\$6))					
3	C[F]	0.01	=A\$2*(1-EXP((-B3/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C3	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B3/(\$A\$4*\$A\$6))		電圧		(\$A\$2)*(1-EXP((-B2/(\$A\$4*\$A\$6)))	
4	0.01	0.02	=A\$2*(1-EXP((-B4/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C4	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B4/(\$A\$4*\$A\$6))		電流		(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B2/(\$A\$4*\$A\$6))	
5	R[Ω]	0.03	=A\$2*(1-EXP((-B5/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C5	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B5/(\$A\$4*\$A\$6))					
6	100	0.04	=A\$2*(1-EXP((-B6/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C6	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B6/(\$A\$4*\$A\$6))					
7		0.05	=A\$2*(1-EXP((-B7/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C7	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B7/(\$A\$4*\$A\$6))					
8		0.06	=A\$2*(1-EXP((-B8/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C8	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B8/(\$A\$4*\$A\$6))					
9		0.07	=A\$2*(1-EXP((-B9/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C9	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B9/(\$A\$4*\$A\$6))					
10		0.08	=A\$2*(1-EXP((-B10/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C10	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B10/(\$A\$4*\$A\$6))					
11		0.09	=A\$2*(1-EXP((-B11/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C11	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B11/(\$A\$4*\$A\$6))					
12		0.1	=A\$2*(1-EXP((-B12/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C12	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B12/(\$A\$4*\$A\$6))					
13		0.11	=A\$2*(1-EXP((-B13/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C13	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B13/(\$A\$4*\$A\$6))					
14		0.12	=A\$2*(1-EXP((-B14/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C14	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B14/(\$A\$4*\$A\$6))					
15		0.13	=A\$2*(1-EXP((-B15/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C15	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B15/(\$A\$4*\$A\$6))					
16		0.14	=A\$2*(1-EXP((-B16/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C16	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B16/(\$A\$4*\$A\$6))					
17		0.15	=A\$2*(1-EXP((-B17/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C17	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B17/(\$A\$4*\$A\$6))					
18		0.16	=A\$2*(1-EXP((-B18/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C18	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B18/(\$A\$4*\$A\$6))					
19		0.17	=A\$2*(1-EXP((-B19/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C19	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B19/(\$A\$4*\$A\$6))					
20		0.18	=A\$2*(1-EXP((-B20/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C20	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B20/(\$A\$4*\$A\$6))					
21		0.19	=A\$2*(1-EXP((-B21/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C21	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B21/(\$A\$4*\$A\$6))					
22		0.2	=A\$2*(1-EXP((-B22/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C22	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B22/(\$A\$4*\$A\$6))					
23		0.21	=A\$2*(1-EXP((-B23/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C23	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B23/(\$A\$4*\$A\$6))					
24		0.22	=A\$2*(1-EXP((-B24/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C24	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B24/(\$A\$4*\$A\$6))					
25		0.23	=A\$2*(1-EXP((-B25/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C25	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B25/(\$A\$4*\$A\$6))					
26		0.24	=A\$2*(1-EXP((-B26/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C26	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B26/(\$A\$4*\$A\$6))					
27		0.25	=A\$2*(1-EXP((-B27/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C27	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B27/(\$A\$4*\$A\$6))					
28		0.26	=A\$2*(1-EXP((-B28/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C28	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B28/(\$A\$4*\$A\$6))					
29		0.27	=A\$2*(1-EXP((-B29/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C29	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B29/(\$A\$4*\$A\$6))					
30		0.28	=A\$2*(1-EXP((-B30/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C30	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B30/(\$A\$4*\$A\$6))					
31		0.29	=A\$2*(1-EXP((-B31/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C31	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B31/(\$A\$4*\$A\$6))					
32		0.3	=A\$2*(1-EXP((-B32/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C32	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B32/(\$A\$4*\$A\$6))					
33		0.31	=A\$2*(1-EXP((-B33/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C33	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B33/(\$A\$4*\$A\$6))					
34		0.32	=A\$2*(1-EXP((-B34/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C34	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B34/(\$A\$4*\$A\$6))					
35		0.33	=A\$2*(1-EXP((-B35/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C35	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B35/(\$A\$4*\$A\$6))					
36		0.34	=A\$2*(1-EXP((-B36/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C36	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B36/(\$A\$4*\$A\$6))					
37		0.35	=A\$2*(1-EXP((-B37/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C37	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B37/(\$A\$4*\$A\$6))					
38		0.36	=A\$2*(1-EXP((-B38/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C38	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B38/(\$A\$4*\$A\$6))					
39		0.37	=A\$2*(1-EXP((-B39/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C39	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B39/(\$A\$4*\$A\$6))					
40		0.38	=A\$2*(1-EXP((-B40/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C40	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B40/(\$A\$4*\$A\$6))					
41		0.39	=A\$2*(1-EXP((-B41/(\$A\$4*\$A\$6)))=\$A\$4*C41	=(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B41/(\$A\$4*\$A\$6))					

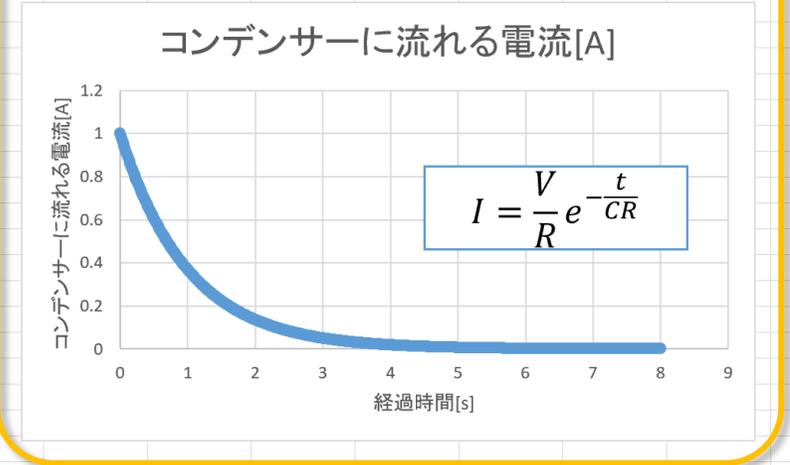
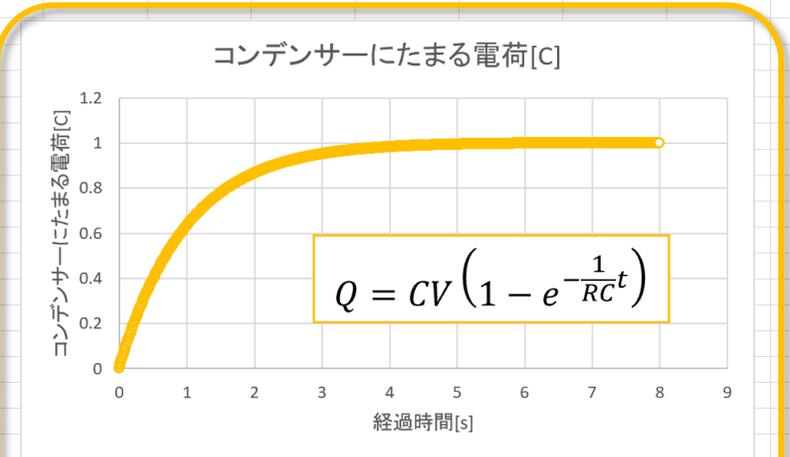
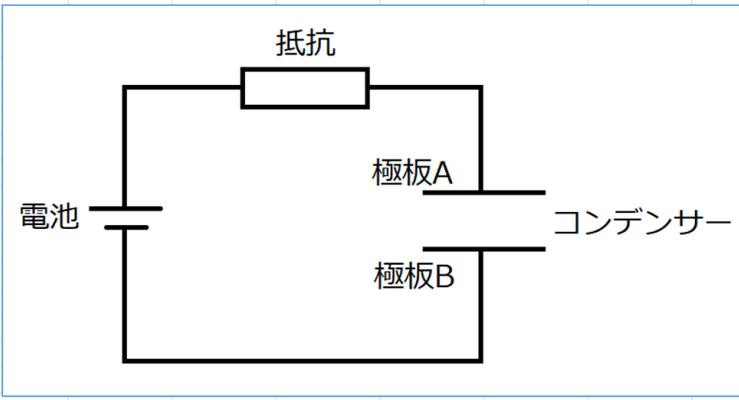
瞬間値を示すセルには、数式を打ち込む。



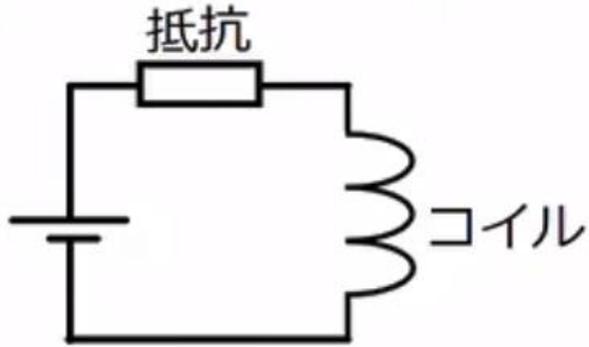
3つの定数の値を変えることで、
 グラフの概形が変わる様子を簡単に確認することができる。
 (物理量をどのように変えると、電荷がたまりやすいか…?)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	E[V]	時間 [s]	極板間電圧V[V]	電荷Q[C]	電流I[A]																
2	100	0	0	0	0																
3	C[F]	0.01	0.995016625	0.00995	0.99005	電圧		(\$A\$2)*(1-EXP(-B2/(\$A\$4*\$A\$6)))													
4	0.01	0.02	1.980132669	0.019801	0.980199	電流		(\$A\$2/\$A\$6)*EXP(-B2/(\$A\$4*\$A\$6))													
5	R[Ω]	0.03	2.955446645	0.029554	0.970446																
6	100	0.04	3.921056085	0.039211	0.960789																
7		0.05	4.87705755	0.048771	0.951229																
8		0.06	5.823546642	0.058235	0.941765																
9		0.07	6.760618009	0.067606	0.932394																
10		0.08	7.688365361	0.076884	0.923116																
11		0.09	8.606881473	0.086069	0.913931																
12		0.1	9.516258196	0.095163	0.904837																
13		0.11	10.41658647	0.104166	0.895834																
14		0.12	11.30795633	0.11308	0.88692																
15		0.13	12.19045691	0.121905	0.878095																
16		0.14	13.06417646	0.130642	0.869358																
17		0.15	13.92920236	0.139292	0.860708																
18		0.16	14.7856211	0.147856	0.852144																
19		0.17	15.63351834	0.156335	0.843665																
20		0.18	16.47297886	0.16473	0.83527																
21		0.19	17.30408661	0.173041	0.826959																
22		0.2	18.12692469	0.181269	0.818731																
23		0.21	18.9415754	0.189416	0.810584																
24		0.22	19.7481202	0.197481	0.802519																
25		0.23	20.54663975	0.205466	0.794534																
26		0.24	21.33721389	0.213372	0.786628																
27		0.25	22.11992169	0.221199	0.778801																
28		0.26	22.89484142	0.228948	0.771052																
29		0.27	23.66205057	0.236621	0.763379																
30		0.28	24.42162585	0.244216	0.755784																
31		0.29	25.17364324	0.251736	0.748264																
32		0.3	25.91817793	0.259182	0.740818																
33		0.31	26.65530438	0.266553	0.733447																
34		0.32	27.38509629	0.273851	0.726149																
35		0.33	28.10762666	0.281076	0.718924																
36		0.34	28.82296772	0.28823	0.71177																
37		0.35	29.53119103	0.295312	0.704688																
38		0.36	30.23236739	0.302324	0.697676																
39		0.37	30.92656694	0.309266	0.690734																
40		0.38	31.61385908	0.316139	0.683861																
41		0.39	32.29431255	0.322943	0.677057																

数式に従って
 計算された値を
 グラフに表す。



コイルの過渡現象



自己インダクタンス L [H]のコイルを、
抵抗値 R [Ω]の抵抗と
起電力 E [V]の電池でできた回路につなげる。

$$I = \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right) \frac{E}{R}$$

時刻 t [s]における、コイルに流れる電流の値 I [A]

$$V = E e^{-\frac{R}{L}t}$$

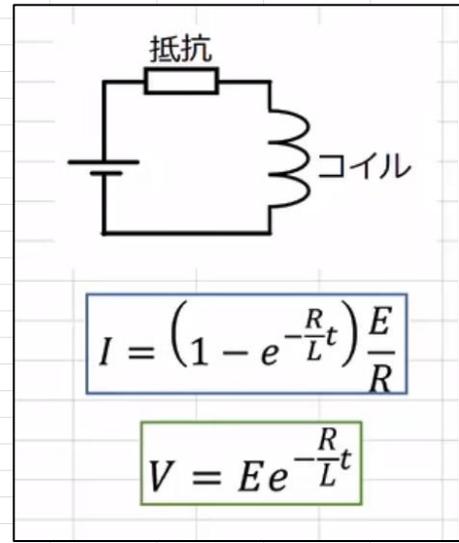
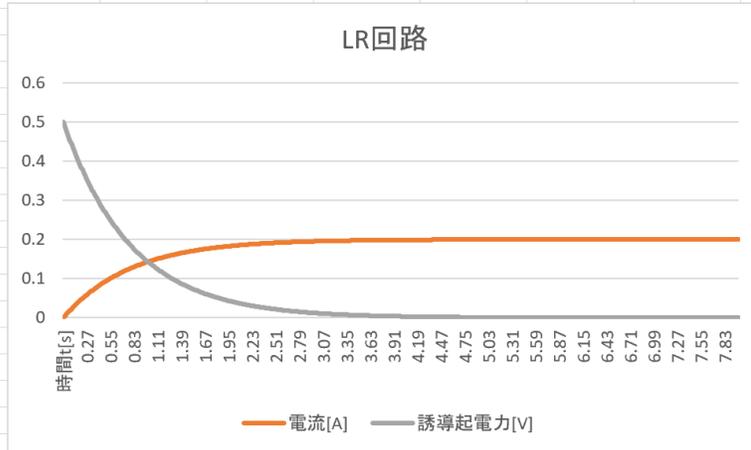
時刻 t [s]における、コイル生じる誘導起電力 V [V]

コンデンサの時と同様に、定数を変えて、グラフの挙動を確認することで、物理現象を比較し、内容を理解することができる。

起電力[V]
0.5
インダクタンス[H]
2
抵抗値[Ω]
2.5

時間t[s]	電流[A]	誘導起電力[V]
0	0	0.5
0.01	0.0025	0.4937889
0.02	0.0049	0.487654956
0.03	0.0074	0.481597209
0.04	0.0098	0.475614712
0.05	0.0121	0.469706531
0.06	0.0145	0.463871743
0.07	0.0168	0.458109436
0.08	0.019	0.452418709
0.09	0.0213	0.446798674
0.1	0.0235	0.441248451
0.11	0.0257	0.435767175
0.12	0.0279	0.430353988
0.13	0.03	0.425008045
0.14	0.0321	0.41972851
0.15	0.0342	0.414514559
0.16	0.0363	0.409365377
0.17	0.0383	0.404280158
0.18	0.0403	0.399258109
0.19	0.0423	0.394298445
0.2	0.0442	0.389400392
0.21	0.0462	0.384563182
0.22	0.0481	0.379786062
0.23	0.05	0.375068283
0.24	0.0518	0.37040911
0.25	0.0537	0.365807814
0.26	0.0555	0.361263677
0.27	0.0573	0.356775987
0.28	0.0591	0.352344045
0.29	0.0608	0.347967157
0.3	0.0625	0.343644639
0.31	0.0642	0.339375817
0.32	0.0659	0.335160023
0.33	0.0676	0.330996598
0.34	0.0692	0.326884893
0.35	0.0709	0.322824263
0.36	0.0725	0.318814076
0.37	0.0741	0.314853704
0.38	0.0756	0.310942528
0.39	0.0772	0.307079938

電流 (A\$2/A\$6)*(1-EXP(-A\$6*C2/A\$4))
起電力 (A\$2)*EXP(-A\$6*C2/A\$4)



キャンセル 適用

"えくせるであそぼ_コンデンサとコイルの過渡現象" を編集しています

ビデオのダウンロード ビデオを置き換える ビデオの削除

詳細

名前
えくせるであそぼ_コンデンサとコイルの過渡現象

説明
ビデオについて説明してください。タイムコード (hh:mm:ss) を含めて、ナビゲーションを容易にするためのチャプターを作成します。例: 00:24 はじめに

動画の言語を設定すると、サポートされている言語の字幕を自動的に生成することができます。 [詳細情報](#)

ビデオの言語
日本語

サムネイル

アクセス許可

社内の全員にこのビデオの閲覧を許可する

共有する相手
ユーザー ユーザーの検索

視聴者 所有者 表示

× 三枝 優輝 (mm410041@)

オプション

コメント
 オフ

ノイズ抑制 [サポートされているビデオの表示](#)
 オフ

キャプション
 キャプションの自動生成
[キャプションファイルのアップロード](#)

字幕
[字幕ファイルのアップロード](#)

[字幕ファイルのアップロード、およびトランスクリプトの詳細](#)

発行済み

実際に、
教員がExcelを使って
グラフを作成する様子を
画面録画し、
Streamで配信。