

Wolfgang Bechmann | Joachim Schmidt

Einstieg in die Physikalische Chemie für Nebenfächler

Herausgegeben von

Prof. Dr. rer. nat. Christoph Elschenbroich, Marburg

Prof. Dr. rer. nat. Dr. h.c. Friedrich Hensel, Marburg

Prof. Dr. phil. Henning Hopf, Braunschweig

Die Studienbücher der Reihe Chemie sollen in Form einzelner Bausteine grundlegende und weiterführende Themen aus allen Gebieten der Chemie umfassen. Sie streben nicht die Breite eines Lehrbuchs oder einer umfangreichen Monographie an, sondern sollen den Studierenden der Chemie – aber auch den bereits im Berufsleben stehenden Chemiker – kompetent in aktuelle und sich in rascher Entwicklung befindende Gebiete der Chemie einführen. Die Bücher sind zum Gebrauch neben der Vorlesung, aber auch anstelle von Vorlesungen geeignet. Es wird angestrebt, im Laufe der Zeit alle Bereiche der Chemie in derartigen Lehrbüchern vorzustellen. Die Reihe richtet sich auch an Studierende anderer Naturwissenschaften, die an einer exemplarischen Darstellung der Chemie interessiert sind.

Wolfgang Bechmann | Joachim Schmidt

# Einstieg in die Physikalische Chemie für Nebenfächler

3., überarbeitete und erweiterte Auflage

STUDIUM



**VIEWEG+**  
**TEUBNER**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bechmann**

Geboren 1948 in Neuhaus am Rennweg/Thüringen. Studium der Chemie und Mathematik an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena für das Lehramt an der gymnasialen Oberstufe. 1975 Promotion bei E. Uhlemann über Fragen der Flüssig-Flüssig-Extraktion von Bleikomplexen. 1986 Habilitation zur Koordinationschemie des Vanadiums, beides an der Pädagogischen Hochschule Potsdam. Hochschuldozent für Umweltchemie an der Universität Potsdam. Seit Dezember 1998 apl. Professor am Institut für Chemie/Physikalische Chemie und Theoretische Chemie der Universität Potsdam.

**Dr. rer. nat. Joachim Schmidt**

Geboren 1933 in Frankfurt (Oder). Chemiestudium für das höhere Lehramt an der Pädagogischen Hochschule Potsdam. 1966 Promotion bei H. Gehlen über die Kinetik der Hydrolyse von Triazolonen und Oxadiazolonen. Bis 1998 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Physikalische Chemie und Theoretische Chemie der Universität Potsdam.

1. Auflage 2001
2. Auflage 2005
- 3., überarbeitete und erweiterte Auflage 2009

Alle Rechte vorbehalten

© Vieweg+Teubner | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2009

Lektorat: Ulrich Sandten | Kerstin Hoffmann

Vieweg+Teubner ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

[www.viewegteubner.de](http://www.viewegteubner.de)



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Druck und buchbinderische Verarbeitung: MercedesDruck, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

ISBN 978-3-8348-0607-9

## Vorwort

Während der Entwicklung der Wissenschaftsdisziplin Physikalische Chemie haben sich die Schwerpunkte der aktuellen Forschung ständig verändert. Wie in jeder anderen Wissenschaft führte die Lösung der Probleme sofort wieder zu neuen Fragestellungen. Oft warf die Weiterentwicklung angrenzender Naturwissenschaften Fragen auf, deren Beantwortung auch physikalisch-chemische Grundlagenforschung erforderte.

Gegenwärtig werden Techniken entwickelt, die es gestatten, den Weg von isolierten Spezies hin zur kondensierten Phase zu verfolgen. Cluster werden als Bindeglied zwischen den isolierten Spezies und der kondensierten Phase verstanden und in vielfältiger Form, vor allem mit spektroskopischen Methoden, untersucht.

Mit dem Begriff der Femtochemie umreißt man die zeitaufgelöste Verfolgung chemischer Prozesse auf einer ultrakurzen Zeitskala bzw. die Steuerung molekularer Prozesse durch maßgeschneiderte optische Impulse z.B. mittels Ultrakurzzeit-Lasertechnologie. Dabei wird bereits ein Zeitbereich der Anregungsimpulse in der Größenordnung von Femtosekunden erreicht. Dynamische Prozesse in Flüssigkeiten, Bildung und Lösen chemischer Bindungen, Elektronen- bzw. Protonenübertragungsprozesse werden zeitlich aufgelöst verfolgbar oder bewusst durch optische Anregungen initiiert.

Mittels moderner Nanotechnologie nimmt die Physikalische Chemie Einfluss auf die Mikrostrukturierung von Materialien und Oberflächen. Die sogenannte Rastersondentechnik erlaubt nicht nur die räumliche Abbildung von Strukturen und Oberflächen mit nahezu atomarer Auflösung, sondern auch die gezielte Manipulierung einzelner Atomgruppen.

Diese aktuellen Trends haben sich vor allem aus materialwissenschaftlichen und biophysikalischen Problemstellungen entwickelt. Ihre Behandlung setzt sichere und solide Grundkenntnisse in Physikalischer Chemie voraus. Gleichzeitig wird deutlich, dass Inhalte der Physikalischen Chemie wichtig für eine Reihe angrenzender Wissenschaftsdisziplinen sind und gegenwärtig die Bedeutung der physikalisch-chemischen Forschung vor allem für die Life-Sciences, die Materialwissenschaften und die Instrumentalanalytik weiter wächst.

Im vorliegenden Lehrmaterial legen wir den Schwerpunkt nicht auf die Behandlung der aktuellen Trends der physikalisch-chemischen Forschung. Ebenso wenig ist es unser Ziel, die physikalische Chemie in ihrer vollen Breite zu umreißen. Für beide Aufgaben

gibt es zahlreiche spezielle Monografien bzw. ausgezeichnete und umfangreiche Lehrbücher. Mit einer ausgewogenen Stoffauswahl aus den traditionellen Teilgebieten Chemische Thermodynamik, Reaktionskinetik und Elektrochemie wollen wir den Leser an das Studium der Physikalischen Chemie heranführen. Dabei wenden wir uns hauptsächlich an den Nebenfachstudenten, der solide Grundkenntnisse in Physikalischer Chemie benötigt, um den Anforderungen seines speziellen Faches gerecht zu werden.

Wir sind davon überzeugt, dass sich die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung am Besten im bewussten Experimentieren umsetzen lässt und dass das Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge dort erreicht ist, wo der Student experimentelle Daten richtig interpretieren und auswerten kann. Deshalb geben wir mit dem vorliegenden Buch dem Studenten Anregungen für ausgewählte Experimente zu traditionellen Teilgebieten der Physikalischen Chemie, mit denen sich ein Grundverständnis physikalisch-chemischer Zusammenhänge entwickeln lässt. Den Versuchsideen wird jeweils die theoretische Behandlung des Sachverhalts vorangestellt. Zur konkreten Versuchsdurchführung müssen Konzentrations- und Masseangaben in verfügbaren Praktikumbüchern nachgeschlagen bzw. den Internet-Seiten der Universität Potsdam entnommen werden ([www.chem.uni-potsdam.de/pc/](http://www.chem.uni-potsdam.de/pc/)). Das Verständnis der Theorie wird durch zahlreiche Aufgabenstellungen und die Angabe ihrer Lösungswege erleichtert. Ferner enthält jedes Kapitel eine Zusammenstellung weiterer Rechenaufgaben, deren Lösungen im Lösungsteil nachgeschlagen werden können. Mit der stofflichen Beschränkung greifen wir Arbeitsfelder der Physikalischen Chemie heraus, die geeignet sind, das Grundverständnis für diese chemische Teildisziplin zu entwickeln und tragen gleichzeitig dem begrenzten Zeitvolumen der Nebenfächler Rechnung.

Das Lehrmaterial wurde in der Ausbildung von Diplombiochemikern, Diplombiologen, Diplomernährungswissenschaftlern, Diplomgeökölogen und Lehramtsstudenten als Begleitmaterial für Vorlesung, Seminar und Praktikum erfolgreich eingesetzt. Den dabei mitwirkenden Kolleginnen und Kollegen der Professur für Physikalische Chemie der Universität Potsdam danken wir für eine Vielzahl von Anregungen und Hinweisen, die in die vorliegende Form des Lehrmaterials bereits Eingang gefunden haben.

Dem Leser und Nutzer des Buches danken wir im Voraus für Hinweise auf Fehler, die sich leider doch eingeschlichen haben könnten und für Anstöße zur Verbesserung in der Darstellung des Lehrstoffes.

Potsdam, September 2001

Wolfgang Bechmann

Joachim Schmidt

## Vorwort zur 3. Auflage

Nach nur drei Jahren erhalten wir die Gelegenheit, das Manuskript unseres Lehrbuchs für die nunmehr dritte Auflage zu überarbeiten. Für uns ist es die Bestätigung dafür, dass unser „Einstieg in die Physikalische Chemie für Nebenfächler“ sowohl von Studenten, als auch von einer wachsenden Zahl von Dozenten für den Start zur Auseinandersetzung für unser interessantes Wissenschaftsgebiet angenommen wird. Wir ziehen daraus auch die Schlussfolgerung, dass es uns gelungen ist, die wertvollen Hinweise und Anregungen zahlreicher Kollegen, die uns bereits im Vorfeld der zweiten Auflage erreichten, weitgehend umzusetzen. Wir möchten auch an dieser Stelle allen Gutachtern und Lesern nochmals ausdrücklich danken, die uns Anregungen und kritische Bemerkungen zugänglich gemacht haben. Wir wiederholen unseren besonderen Dank an:

Prof. K.-F. Arndt TU Dresden, Dr. D. Brawarzik Univ. Halle, Prof. M. Bredol FH Münster, Prof. H. K. Cammenga TU Braunschweig, Prof. T. Debaerdemaeker Univ. Ulm, Prof. J. Dietrichs Hochsch. Wismar, Prof. R. Dorn FH Bingen, Prof. U.-W. Grummt Univ. Jena, Dr. M. Hermes Univ. Greifswald, Prof. J. Koch FH Gießen-Friedberg, Prof. J. Kresse Univ. Halle, Prof. R. Mann FH Gießen-Friedberg, Prof. U. Messow Univ. Halle, Prof. F. Richter Hochsch. Mittweida, Prof. K.-H. Schimmel FH Lippe-Höxter, Prof. L. Strohmeier HAW Hamburg und Prof. J. H. Wendorff Univ. Marburg.

Der Aufbau des Buches mit der Abfolge Grundlagen, Übungsaufgaben, Praktikumsversuche hat sich bewährt und wurde auch in der neuen Auflage beibehalten. Gleiches gilt für die Beschränkung des Inhalts auf die Gebiete der Physikalischen Chemie: Heterogene Gleichgewichte, Chemische Thermodynamik, Reaktionskinetik und Elektrochemie. Einige Passagen wurden umformuliert, teils um den Inhalt noch verständlicher zu gestalten, bzw. um an anderen Stellen – wo es möglich schien – die Ausführungen zu straffen. Im Gegensatz zur zweiten Auflage wurden keine weiteren fachlichen Aspekte aufgenommen. Dort, wo neue Beispiele und Anwendungen hinzugefügt wurden, haben wir überholte Bezüge entfernt. Unser Ziel bestand darin, den Umfang des Buches nicht weiter zu erhöhen. Eine geringe Anzahl zusätzlicher Seiten ergeben sich allerdings aus der Überarbeitung des Sachwortverzeichnisses. Damit entsprechen wir dem Wunsch verschiedener Leser, das Verzeichnis zu einem besseren Arbeitsinstrument bei der Erschließung von fachlichem Inhalt und Querverbindungen weiterzuentwickeln. Zu diesem Zweck wurde die Anwendung von Fett- und Kursivdruck im Text noch stärker eingesetzt.

Für die Durchführung der Experimente ist es auch weiterhin notwendig, neben den fachlichen Grundlagen in den ausgewiesenen Buchkapiteln, die konkreten Experimentieranleitungen unter [www.chem.uni-potsdam/pc/](http://www.chem.uni-potsdam/pc/) herunterzuladen.

Alle Abbildungen des Buches sind ebenfalls im Internet verfügbar. Sie können über die OnlinePlus-Funktion der Internetseite [www.viewegteubner.de](http://www.viewegteubner.de) erreicht werden. In der OnlinePlus-Funktion für Dozenten fordern wir ausdrücklich zur Diskussion zu speziellen fachlichen Aspekten auf.

Natürlich war die Überarbeitung des Manuskripts auch eine willkommene Gelegenheit, einige Druckfehler der vorhergehenden Auflage zu beseitigen.

Ziel des Buchs bleibt es, dem Studierenden einen einfachen Einstieg in das Fachgebiet zu ermöglichen und ihn zum Weiterlesen in der physikalisch - chemischen Fachliteratur anregen. Dabei wünschen wir allen Nutzern viel Freude und Erfolg.

Hinweise auf Fehler und Anregungen zur Entwicklung des Buches nehmen wir auch weiterhin dankbar entgegen.

Potsdam, September 2008

Wolfgang Bechmann

Joachim Schmidt



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Heterogene Gleichgewichte</b>	<b>15</b>
1.1	Begriffe zur Beschreibung stofflicher Zustände	15
1.2	Ideale und reale Gase	17
1.3	Die Gibbssche Phasenregel	28
1.4	Phasendiagramme von Einkomponentensystemen	31
1.5	Lösungen von Stoffen mit vernachlässigbarem Dampfdruck	35
1.6	Mischungen	37
1.7	Dampfdruckdiagramme von Mischungen unbegrenzt mischbarer Flüssigkeiten	39
1.8	Siedediagramme	42
1.9	Schmelzdiagramme	47
1.10	Heterogene chemische Gleichgewichte	54
1.11	Adsorptionsisotherme	56
1.12	Übungsaufgaben zu Kapitel 1	59
1.13	Versuche zu Phasengleichgewichten	63
1.13.1	Kryoskopie	63
1.13.2	Adsorptionsisotherme einer gelösten Substanz	65
1.13.3	Siedediagramm	67
1.13.4	Schmelzdiagramm mittels mikroskopischer Beobachtung	69
1.13.5	Erstellen des Schmelzdiagramms mittels thermischer Analyse	71
<b>2</b>	<b>Chemische Thermodynamik</b>	<b>72</b>
2.1	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	72
2.2	Volumenarbeit	73
2.3	Innere Energie	78
2.4	Enthalpie	80
2.5	Der Satz von Hess, Enthalpieberechnungen	85
2.6	Kalorische Grundgleichung und Wärmekapazität	89
2.7	Adiabatische Kompression und Expansion eines idealen Gases	93
2.8	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	94
2.8.1	Spontane makroskopische Vorgänge, die Entropie	94
2.8.2	Entropieänderungen in abgeschlossenen Systemen	100
2.8.3	Entropieberechnungen, der dritte Hauptsatz der Thermodynamik	101

2.8.4	Triebkraft spontaner Vorgänge in geschlossenen Systemen, die Freie Enthalpie	104
2.9	Thermodynamik chemischer Gleichgewichte	109
2.9.1	Die van't Hoff'sche Reaktionsisotherme	109
2.9.2	Die van't Hoff'sche Reaktionsisobare	115
2.10	Die Beschreibung realer Systeme mit partiellen Größen, das chemische Potenzial	117
2.11	Übungsaufgaben zu Kapitel 2	120
2.12	Kalorimetrische Versuche zur chemischen Thermodynamik	126
2.12.1	Neutralisationsenthalpie	127
2.12.2	Verdampfungsenthalpie	129
2.12.3	Verbrennungsenthalpie	130
2.13	Bestimmung weiterer thermodynamischer Konstanten	132
2.13.1	Die EDA-Verbindung aus Naphthalin und Chloranil	132
2.13.2	Säurekonstante von p-Nitrophenol	135
<b>3</b>	<b>Reaktionskinetik</b>	<b>137</b>
3.1	Reaktionsgeschwindigkeit	138
3.2	Molekularität von Elementarreaktionen, Reaktionsordnung von Geschwindigkeitsansätzen	140
3.3	Geschwindigkeitsgesetze	142
3.3.1	Geschwindigkeitsgesetz für Reaktionen 1. Ordnung	143
3.3.2	Geschwindigkeitsgesetz für Reaktionen 2. Ordnung	146
3.3.3	Geschwindigkeitsgesetze für Reaktionen 0. und 3. Ordnung	151
3.3.4	Weitere Reaktionsordnungen	153
3.3.5	Herabsetzung der Reaktionsordnung durch Komponentenüberschuss	153
3.3.6	Zusammenfassung zu den integrierten Geschwindigkeitsgesetzen	155
3.3.7	Weitere Methoden zur Bestimmung der Reaktionsordnung	157
3.4	Experimentelle Bestimmung kinetischer Daten	159
3.5	Die Arrhenius'sche Gleichung	163
3.6	Komplexe Reaktionen	174
3.6.1	Gleichgewichtsreaktionen	174
3.6.2	Parallel- oder Nebenreaktionen	178
3.6.3	Folgereaktionen	180
3.7	Reaktionsmechanismen ausgewählter Reaktionen	183
3.7.1	Die Langmuir'sche Adsorptionsisotherme	184
3.7.2	Oxidation von Stickstoffmonoxid	185

3.7.3	Thermodynamische Ableitung der Arrheniusschen Gleichung	186
3.7.4	Diffusions- und aktivierungskontrollierte Reaktionen	187
3.7.5	Bildung von HBr in einer Kettenreaktion	188
3.7.6	Der Mechanismus unimolekularer Reaktionen	191
3.8	Katalyse	193
3.8.1	Säure-Base-Katalyse	195
3.8.2	Enzymkatalysierte Reaktionen, Michaelis-Menten-Kinetik	196
3.8.3	Katalytischer Ozonabbau	199
3.9	Übungsaufgaben zu Kapitel 3	201
3.10	Versuche zur Reaktionskinetik	207
3.10.1	Zerfallsgeschwindigkeit des Trioxalatomanganat(III)-Ions	207
3.10.2	Inversionsgeschwindigkeit von Saccharose (Rohrzucker)	208
3.10.3	Esterhydrolyse	210
3.10.4	Iodierung von Aceton	211
<b>4</b>	<b>Elektrochemie</b>	<b>215</b>
4.1	Zur Geschichte der Elektrochemie	215
4.2	Elektrolyte und deren Wechselwirkung mit Lösungsmitteln	217
4.3	Elektrolytische Leitfähigkeit	223
4.3.1	Spezifische und molare Leitfähigkeit	225
4.3.2	Ionenwanderungsgeschwindigkeit und Ionenbeweglichkeit	233
4.3.3	Bestimmung von Ionenleitfähigkeiten	234
4.3.4	Analytische Anwendung von Leitfähigkeitsmessungen (Konduktometrie)	239
4.4	Elektrochemische Potenziale	242
4.4.1	Elektrochemische Doppelschicht und elektrochemische Spannungsreihe	242
4.4.2	Die Nernstsche Gleichung/Einzelpotenziale und Ionenaktivitäten	248
4.4.3	Einteilung von Elektroden in Anoden und Katoden/ Elektrodentypen	251
4.4.4	Diffusions- und Membranpotenziale	255
4.5	Zellspannung	258
4.5.1	Galvanische Ketten, EMK	258
4.5.2	Aktivitätsbestimmung aus Potenzialmessungen	261
4.5.3	Potentiometrische Bestimmung des Löslichkeitsproduktes eines schwerlöslichen Salzes	264
4.5.4	Thermodynamische Betrachtung der Nernstschen Gleichung	266
4.6	Elektrolyse	267
4.6.1	Zersetzungsspannung, Polarisierung von Elektroden	267
4.6.2	Überspannung	269
4.6.3	Anwendungsbeispiele für elektrolytische Verfahren	270

4.7	Elektrochemische Energiequellen	273
4.7.1	Primärzellen	273
4.7.2	Sekundärzellen	275
4.7.3	Brennstoffzellen	276
4.8	Übungsaufgaben zu Kapitel 4	278
4.9	Versuche zur Elektrochemie	282
4.9.1	Konduktometrische Bestimmung von Säurekonstanten	282
4.9.2	Potenziometrische Bestimmung von $pK_S$ -Werten schwacher Säuren	283
4.9.3	Konzentrationsketten	285
4.9.4	Bestimmung der Überführungszahlen von Salpetersäure nach Hittorf	286
4.9.5	Zersetzungsspannung	287
4.9.6	Konduktometrische Titration	290
<b>5</b>	<b>Lösungen zu den Übungsaufgaben</b>	<b>292</b>
5.1	Lösungen zu Kapitel 1	292
5.2	Lösungen zu Kapitel 2	297
5.3	Lösungen zu Kapitel 3	304
5.4	Lösungen zu Kapitel 4	313
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>318</b>

## Verzeichnis häufig verwendeter Symbole

A	molare Freie Energie	$\rho$	Spezifischer Widerstand
a	Aktivität	S	Molare Entropie
$\alpha$	Dissoziationsgrad	T	Absolute Temperatur
$\alpha$	Drehwinkel	$\vartheta$	Celsius-Temperatur
C	molare Wärmekapazität	t	Zeit
c	Spezifische Wärmekapazität	$t_+, t_-$	Überföhrungszahlen
c	Stoffmengenkonzentration	U	molare Innere Energie
$\delta$	infinitesimal kleines Quantum	U	Elektrodenpotenzial
E	Extinktion	u	Ionenbeweglichkeit
$E_A$	Arrheniussche Aktivierungsenergie	V	molares Volumen
$E_G$	Kryoskopische Konstante	w	Arbeit
$E_S$	Ebullioskopische Konstante	X	Molenbruch
E	Elektromotorische Kraft EMK		
F	Anzahl der Freiheitsgrade	<i>Index unten:</i>	
f	Aktivitätskoeffizient	p	konstanter Druck
$\varphi$	Leitfähigkeitskoeffizient	v	konstantes Volumen
G	molare Freie Enthalpie	C	Verbrennungs-
G	Leitwert	F	Bildungs-
H	molare Enthalpie	Fus.	Schmelz-
I	elektrische Stromstärke	G	Gitter-
I	Ionenstärke	R	Reaktions-
K	Anzahl der Komponenten	Vap.	Verdampfungs-
K	Gleichgewichtskonstante	o	Anfangs-
k	Geschwindigkeitskonstante	$\infty$	Grenz-, unendlich
$k_0$	Frequenzfaktor	<i>Index oben:</i>	
$\kappa$	Spezifische Leitfähigkeit	$\emptyset$	Standardzustand
$\Lambda$	molare Leitfähigkeit		
M	molare Masse		
$^{\circ}m$	Molalität		
n	Stoffmenge	<i>Konstanten:</i>	
v	Stöchiometriezahl (Absolutwert)	allgemeine Gas-K.	$R = 8,3144 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
P	Anzahl der Phasen	Avogadro-K.	$N_A = 6,02205\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
p	Druck	Boltzmann-K.	$k = 1,38066\cdot 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$
q	ausgetauschte Wärme	Faraday-K.	$F = 96485 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$