

**Modulabschlussklausur B06  
(BSc Chemie)**

Termin: Freitag, 10.08.2018, 08:00 – 11:00 Uhr  
Ort: Halle BI der TU Braunschweig

**Institut für Physikalische  
und Theoretische Chemie**

**apl. Prof. Dr. Uwe Hohm**  
Gaußstr. 17  
D-38106 Braunschweig

phone + 49 (0) 531-391-5350  
u.hohm@tu-braunschweig.de

1. Zu den Aufgaben 31) bis 36) ist der Lösungsweg kurz, aber verständlich anzugeben. Fertigen Sie Grafiken groß und deutlich erkennbar an. Unleserliches wird nicht bewertet.
2. Als Hilfsmittel ist ein Taschenrechner sowie zwei handschriftlich auf Vorder- und Rückseite beschriebene DIN A4 Notizblätter zur Bearbeitung der Klausur erlaubt.
3. Machen Sie unbedingt die folgenden Angaben (Blockschrift):

(a) Name ..... (b) Vorname .....

(c) Matrikelnummer .....

(d) Zur Mitteilung/Veröffentlichung der Prüfungsergebnisse dieser Klausur werden zwei Möglichkeiten (**A** und **B**) angeboten. Bitte kreuzen Sie die von Ihnen gewählte Variante an.

**A** ☐ Ich bin mit der Veröffentlichung meines Klausurergebnisses unter Nennung meiner Matrikelnummer, der Note und der Anzahl der erreichten Punkte im Internet einverstanden. Mir ist bewusst, dass diese Art der Internetveröffentlichung auf <http://www.pci.tu-bs.de/aghohm/lehre/B0610082018.html> von jedermann gelesen werden kann.

**B** ☐ Ich möchte mein Klausurergebnis ausschließlich persönlich während der Klausureinsicht bzw. im online Prüfungsportal QIS erfahren.

(e) Mir ist die Regelung bezüglich der Wiederholbarkeit von Prüfungen an der TU Braunschweig bekannt (siehe: Allgemeine Prüfungsordnung der TU Braunschweig in Verbindung mit der BPO des zutreffenden Studiengangs). Die An- und Abmeldefristen habe ich eingehalten. Die erforderlichen Voraussetzungen habe ich erfüllt. Mir ist bekannt, dass eine in der Prüfung erbrachte Leistung nicht gewertet wird, falls die Voraussetzungen zur Anmeldung nicht erfüllt sind. Ich versichere, dass ich keine der von mir oben genannten Prüfungen hier oder an einer anderen Universität endgültig nicht bestanden habe.

\_\_\_\_\_  
Unterschrift (Prüfling)

**Vom Prüfer auszufüllen:**

Aufgabe	1 - 30	31	32	33	34	35	36	$\Sigma$
<b>Punkte maximal</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>90</b>
<b>Punkte erreicht</b>								

Note: ..... Datum: .....

Unterschrift: .....

Benutzen Sie, falls erforderlich, die folgenden Werte für die Naturkonstanten.

Naturkonstante	Zahlenwert	Einheit
Allgemeine Gaskonstante $R$	8,3145	$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Elementarladung $e$	$1,6022\cdot 10^{-19}$	C
Faradaykonstante $F$	96485	$\text{C}\cdot\text{mol}^{-1}$
Planck'sches Wirkungsquantum $h$	$6,6261\cdot 10^{-34}$	J·s
Avogadro-Konstante $N_A$	$6,0221\cdot 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
Boltzmann-Konstante $k$	$1,3806\cdot 10^{-23}$	$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$
Permittivität des Vakuums	$8.8542\cdot 10^{-12}$	$\text{C}^2\cdot\text{J}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$
Vakuumlichtgeschwindigkeit $c_0$	$2,9979\cdot 10^8$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

**Multiple-Choice Fragen 1) – 30):** a) Aufgaben, bei denen Ihre Lösungen nicht eindeutig zu erkennen sind, werden mit null Punkten bewertet. b) Es können gleichzeitig mehrere der jeweils ersten vier Antworten richtig sein. Ist keine dieser vier ersten Aussagen zutreffend, ist "Nichts von alledem ist richtig" anzukreuzen. Eine Aufgabe ist korrekt gelöst, wenn alle entsprechenden der insgesamt fünf möglichen Kästchen richtig angekreuzt wurden. Für jede korrekt gelöste Aufgabe gibt es einen Punkt.

- 1) Ein geschlossenes System
  - ☐ ist immer würfelförmig.
  - ☐ kann Energie mit der Umgebung austauschen.
  - ☐ kann Masse mit der Umgebung austauschen.
  - ☐ ist immer ein Gas.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 2) Die Energie  $E$ 
  - ☐ ist eine extensive Größe.
  - ☐ hat die Einheit J (=Joule).
  - ☐ kann niemals im Innern eines Systems produziert werden.
  - ☐ ist immer eine Zustandsfunktion.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 3) Verläuft die Zustandsänderung eines Systems isotherm
  - ☐ so kann sie auch gleichzeitig isobar verlaufen.
  - ☐ so ist das Volumen eine Konstante.
  - ☐ so nimmt die Temperatur niemals zu.
  - ☐ so hat man zwingend immer ein ideales Gas vorliegen.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 4) Das ideale Gasgesetz lautet
  - ☐  $p V = n R T$ .
  - ☐  $R V = p n T$ .
  - ☐  $n T = (p V)/R$ .
  - ☐  $p V_m = R T$ .
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 5) Bei einem Druck von 1 bar besitzt das ideale Gas eine isotherme Kompressibilität  $\kappa$  von
  - ☐  $0,00001 \text{ Pa}^{-1}$ .
  - ☐  $1,0 \text{ bar}^{-1}$ .
  - ☐  $10^{-5} \text{ Pa}^{-1}$ .
  - ☐  $(100000 \text{ Pa})^{-1}$ .
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.

- 6) Erhitzt man ein aus Atomen bestehendes ideales Gas in einem im thermodynamischen Sinn geschlossenem System von 200 K auf 300 K,
- ☐ so muss zwingend auch sein Druck zunehmen.
  - ☐ so muss zwingend auch sein Volumen zunehmen.
  - ☐ so muss zwingend auch seine Stoffmenge zunehmen.
  - ☐ so muss zwingend auch seine innere Energie zunehmen.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 7) Die Standardbildungsenthalpie  $\Delta_f H^\ominus$
- ☐ ist immer positiv.
  - ☐ hat die Dimension „Energie pro Stoffmenge“
  - ☐ ist definiert bei einem Druck von 10 bar.
  - ☐ ist für alle Gase immer gleich null.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 8) Die Entropie  $S$
- ☐ ist nur bei reversiblen Prozessen eine Zustandsfunktion.
  - ☐ wird im ersten Hauptsatz der Thermodynamik definiert.
  - ☐ hat die gleiche Einheit wie die Avogadro-Konstante.
  - ☐ besitzt für reine Substanzen in ihrer stabilsten Modifikation immer den Zahlenwert null.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 9) Die Entropie eines offenen Systems
- ☐ kann zunehmen.
  - ☐ kann abnehmen.
  - ☐ kann konstant sein.
  - ☐ ist nicht definierbar.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 10) Der Satz von Hess
- ☐ ist strenggenommen nur eine Näherung.
  - ☐ beruht auf dem Energieerhaltungssatz.
  - ☐ ist eine thermodynamische Anwendung des aus der Mathematik bekannten Satzes von Schwarz.
  - ☐ beruht auf der Tatsache, dass eine chemische Reaktion formal in Teilreaktionen zerlegbar ist.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 11) Mischt man bei Raumtemperatur 500 ml Wasser und 500 ml Ethanol,
- ☐ so stellt man eine Phasentrennung fest, da beide Substanzen nicht vollständig mischbar sind.
  - ☐ so muss man die Mischungswärme abführen, damit die Temperatur konstant bleibt.
  - ☐ so hat die entstandene Mischung ein Volumen von exakt 1000 ml.
  - ☐ so liegt eine reale Mischung vor.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 12) In idealen Mischungen beobachtet man,
- ☐ dass sich die Gesamtmasse streng additiv aus der Masse der einzelnen Mischungspartner ergibt.
  - ☐ dass sich die Gesamtenthalpie streng additiv aus der Enthalpie der einzelnen Mischungspartner ergibt.
  - ☐ dass sich das Gesamtvolumen streng additiv aus den Volumina der einzelnen Mischungspartner ergibt.
  - ☐ dass sich die Gesamtentropie streng additiv aus der Entropie der einzelnen Mischungspartner ergibt.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 13) Stehen die zwei Phasen (') und (``) miteinander im Gleichgewicht,
- ☐ so haben sie immer auch die gleiche Masse.
  - ☐ so ist die Entropie einer jeden Komponente in beiden Phasen jeweils gleich groß.
  - ☐ so ist das chemische Potential einer jeden Komponente in beiden Phasen jeweils gleich groß.
  - ☐ so ist das Volumen einer jeden Komponente in beiden Phasen jeweils gleich groß.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 14) Die Dampfdruckkurve in einem  $p, T$ -Diagramm einer reinen Substanz
- ☐ hat immer eine positive Steigung.
  - ☐ endet bei der kritischen Temperatur.
  - ☐ zeigt ein für jede Substanz charakteristisches Verhalten.
  - ☐ kann angenähert mit der Clausius-Clapeyron'schen Gleichung beschrieben werden.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.

- 15) Die Trennung durch Destillation
- ☐ gelingt auf Grund des unterschiedlichen Dampfdrucks der Komponenten eines Gemischs.
  - ☐ kann bei azeotropen Gemischen nicht vollständig erfolgen.
  - ☐ ist ein technisch wichtiger Prozess.
  - ☐ ist prinzipiell die einzige Möglichkeit, ein flüssiges Substanzgemisch aufzutrennen.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 16) Für die Reaktion  $A + B \rightleftharpoons C$  findet man im Gleichgewichtsfall die folgenden Aktivitäten:  $a(A)=0,9$ ,  $a(B)=a(C)=0,8$ .
- ☐ Die Gleichgewichtskonstante  $K$  ist somit kleiner als eins.
  - ☐ Die Reaktion kann somit nicht vollständig in der Gasphase ablaufen.
  - ☐ Die freie Standardreaktionsenthalpie der Hinreaktion  $\Delta_r G^\ominus$  ist dann auf jeden Fall negativ.
  - ☐ Somit ist ausgeschlossen, dass die Substanzen A und B identisch sind.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 17) Der Betrag der zwischen einem  $\text{Ca}^{2+}$  und einem  $\text{SO}_4^{2-}$ -Ion im Abstand von 200 pm wirkenden Kraft im Vakuum
- ☐ beträgt ca.  $2,31 \cdot 10^{-8}$  N.
  - ☐ beträgt ca.  $5,78 \cdot 10^{-9}$  N.
  - ☐ beträgt ca.  $1,44 \cdot 10^{-9}$  N.
  - ☐ beträgt ca.  $9,24 \cdot 10^{-8}$  N.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 18) Ein Akkumulator
- ☐ kann z.B. verdünnte Schwefelsäure als Elektrolyt benutzen.
  - ☐ ist z.B. die „Starterbatterie“ im Auto.
  - ☐ besitzt eine Energiedichte von bis zu 100 MJ/kg.
  - ☐ ist lediglich ein Synonym für „Brennstoffzelle“.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 19) Eine Brennstoffzelle
- ☐ erzeugt Energie ausschließlich durch die Verbrennung einer Substanz.
  - ☐ verwandelt kontinuierlich zugeführte chemische Energie in elektrische Energie.
  - ☐ ist vor ca. 30 Jahren erstmalig in Betrieb genommen worden.
  - ☐ kann auch durch den kontrollierten Ablauf der Knallgasreaktion betrieben werden.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 20) Die Nernst'sche Gleichung
- ☐ kann aus der van't Hoff'schen Reaktionsisothermen hergeleitet werden.
  - ☐ verknüpft die elektromotorische Kraft  $E$  mit dem Reaktionsquotienten der Zellreaktion.
  - ☐ ist eine rein empirische Gleichung.
  - ☐ enthält ausschließlich nicht-messbare und somit nur rein theoretisch ermittelbare Größen.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 21) Die mittlere Geschwindigkeit  $\langle v \rangle$  der Teilchen in gasförmigem Argon
- ☐ ist immer kleiner als die quadratisch gemittelte Geschwindigkeit  $v_{\text{rms}}$ .
  - ☐ ist immer kleiner als die wahrscheinlichste Geschwindigkeit  $v_m$ .
  - ☐ liegt bei Raumtemperatur im Bereich von einigen hundert Metern pro Sekunde.
  - ☐ liegt bei Raumtemperatur im Bereich der Schallgeschwindigkeit.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 22) Die Viskosität
- ☐ beschreibt den Transport von Impuls.
  - ☐ äußert sich phänomenologisch in der Zähigkeit eines Mediums.
  - ☐ nimmt für Gase immer und ausnahmslos mit steigender Temperatur ab.
  - ☐ wird immer mit einem Kalorimeter gemessen.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 23) Die Reaktionsordnung einer chemischen Reaktion
- ☐ ist immer eine natürliche Zahl.
  - ☐ ist gleich der Ordnung der DGL, die das differentielle Geschwindigkeitsgesetz darstellt.
  - ☐ ist immer eine Funktion der Konzentration der Reaktionsteilnehmer.
  - ☐ hat die Einheit „1/s“.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.

- 24) Die Dimension der Geschwindigkeitskonstanten  $k$  einer Reaktion erster Ordnung ist
- ☐ immer der Kehrwert der Länge.
  - ☐ immer der Kehrwert der Zeit.
  - ☐ immer die reziproke Energie.
  - ☐ immer von der betrachteten Reaktion abhängig.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 25) Die Aktivierungsenergie  $E_A$  einer chemischen Reaktion
- ☐ ist per definitionem immer positiv.
  - ☐ kann niemals null sein.
  - ☐ kann durch einen Katalysator beeinflusst werden.
  - ☐ liegt für nahezu alle bislang bekannten Reaktionen im Bereich von ca. 100 MJ/mol.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 26) Der radioaktive Zerfall des Kohlenstoffisotops  $^{14}\text{C}$
- ☐ führt letztendlich zur Bildung von  $^{235}\text{U}$ .
  - ☐ kann zur Altersbestimmung organischer Materialien genutzt werden.
  - ☐ wird bei der Radiokarbonmethode ausgenutzt.
  - ☐ folgt einem Geschwindigkeitsgesetz erster Ordnung.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 27) Der sichtbare Spektralbereich
- ☐ liegt in etwa bei Wellenlängen zwischen 400nm und 700nm.
  - ☐ schließt sich an den Bereich der Röntgenstrahlung an.
  - ☐ weist höhere Energien auf, als die Mikrowellenstrahlung.
  - ☐ stellt nur einen kleinen Ausschnitt aus dem gesamten natürlich vorkommenden elektromagnetischen Spektrum dar.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 28) Um ein Teilchen durch Absorption von elektromagnetischer Strahlung zur Rotation anzuregen
- ☐ muss es mindestens aus drei Atomen bestehen.
  - ☐ darf es keine Doppelbindung beinhalten.
  - ☐ muss immer mindestens ein Wasserstoffatom im Teilchen vorhanden sein.
  - ☐ darf es kein Dipolmoment besitzen.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 29) Ein Molekül
- ☐ kann jede beliebige Strahlung absorbieren.
  - ☐ kann nur diskrete Energieportionen aufnehmen.
  - ☐ kann jede beliebige Energiemenge aufnehmen.
  - ☐ kann durch Absorption von infraroter Strahlung schwingungsangeregt werden.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 30) Gehören zwei Moleküle **A** und **B** zur gleichen Symmetriepunktgruppe,
- ☐ so handelt es sich zwingend um Isomere.
  - ☐ so haben sie immer auch die gleiche Masse.
  - ☐ so haben entweder beide ein Dipolmoment, oder beide haben kein Dipolmoment.
  - ☐ so verhalten sie sich auch immer wie Bild und Spiegelbild zueinander.
  - ☐ Nichts von alledem ist richtig.

**Bei den Aufgaben 31) – 36) sind Ihre Lösungen auf dem Aufgabenzettel zu formulieren! Wenn nicht anders angegeben, verhalten sich die Systeme ideal.**

- 31) Sie haben 50 mol eines sich ideal verhaltenden einatomigen Gases bei einem Druck von  $10^6$  Pa in einem Volumen von  $0,1 \text{ m}^3$ . Sie expandieren dieses Gas reversibel auf einen Enddruck von  $10^5$  Pa.
- (a) Berechnen Sie die resultierende Temperatur, wenn Sie das Gas ( $\alpha$ ) isotherm und ( $\beta$ ) adiabatisch expandieren.
  - (b) Wie ändern sich innere Energie  $U$  und Enthalpie  $H$ , wenn Sie das Gas ( $\alpha$ ) isotherm und ( $\beta$ ) adiabatisch expandieren?







- 32) Das Mittelmeer weist einen Salzgehalt von 38 g pro Liter Meerwasser aus, die Dichte beträgt  $\rho = 1,026 \text{ g/cm}^3$  bei  $25^\circ\text{C}$ . Nehmen Sie an, dass es sich bei dem Salz um reines NaCl handelt. Benutzen Sie, wenn erforderlich, die Stoffkonstanten  $M(\text{H}_2\text{O})=18,02 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{NaCl})=58,44 \text{ g/mol}$ ,  $K_f(\text{H}_2\text{O})=1,859 \text{ K kg/mol}$ ,  $K_b(\text{H}_2\text{O})=0,521 \text{ K kg/mol}$ ,  $C_p(\text{H}_2\text{O})/\eta=75,4 \text{ J/(mol K)}$ ,  $C_p(\text{NaCl})/\eta=50,5 \text{ J/(mol K)}$ .
- (a) Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration  $c(\text{NaCl})$ , die Molalität  $b(\text{NaCl})$  sowie den Stoffmengenanteil  $x(\text{NaCl})$ . Welche der drei Konzentrationsmaße hängen von der Temperatur  $T$  ab, welche nicht?
  - (b) Berechnen Sie die Gefrierpunktniedrigung und die Siedepunkterhöhung, die das Meerwasser gegenüber reinem Wasser zeigt.
  - (c) Berechnen Sie den osmotischen Druck des Meerwassers.
  - (d) Um wie viel Prozent ist der Dampfdruck des Mittelmeerwassers im Vergleich zu reinem Wasser verringert?





- 33) Bei der Zink/Luft-Batterie lautet die Gesamtzellreaktion  $2 \text{ Zn(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ ZnO (s)}$ . Bei 298 K beträgt die freie Standardbildungsenthalpie von ZnO (s)  $\Delta_f G^\ominus = -318,30 \text{ kJ/mol}$ , die Standardbildungsenthalpie  $\Delta_f H^\ominus = -348,28 \text{ kJ/mol}$ .
- (a) Berechnen Sie die Standardreaktionsentropie  $\Delta_r S^\ominus$  der Zellreaktion bei 298 K.
  - (b) Berechnen Sie das Standardzellpotential  $E^\ominus$  bei 298 K.
  - (c) Berechnen Sie die Zellspannung bei Betrieb in Luft; hier beträgt der Sauerstoffpartialdruck 20900 Pa.





- 34) Der Wärmeleitfähigkeitskoeffizient  $\lambda$  von Ziegelstein beträgt  $0,63 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ , der Wärmedurchgangskoeffizient  $U$  einer 25 cm dicken Wand aus Porenbeton  $0,8 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Für eine 25 cm dicke Wand aus Massivholz gilt  $U=0,4 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ .
- (a) Welche Energiemenge fließt pro Stunde durch eine  $10 \text{ m}^2$  große Wand, die aus 25 cm dickem Ziegelstein besteht, wenn die Innentemperatur konstant bei  $20^\circ\text{C}$  gehalten wird, und die Außentemperatur  $-10^\circ\text{C}$  beträgt?
  - (b) Welche Energiemenge resultiert, wenn bei den unter (a) angegebenen Bedingungen die Wand aus Porenbeton besteht?
  - (c) Sie erhöhen nun die Wandstärke auf 50 cm, indem Sie 25 cm Massivholz und 25 cm Porenbeton aneinander packen. Welche Energiemenge resultiert nun für die unter (a) angegebenen Bedingungen?



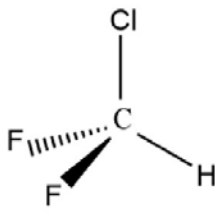
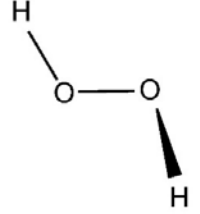


- 35) Wir betrachten die isochore Reaktion Cyclopropan  $\rightarrow$  Propen bei einer Temperatur von 573,15 K. Die Abnahme der Cyclopropankonzentration verläuft nach einem differentiellen Geschwindigkeitsgesetz erster Ordnung mit einer Geschwindigkeitskonstanten von  $k=6,17 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ . Zu Beginn der Reaktion liegen 10 Liter reines Cyclopropan mit einem Druck von  $10^5 \text{ Pa}$  vor. Die Molmasse beträgt  $M(\text{Cyclopropan})=42,08 \text{ g/mol}$ .
- (a) Bestimmen Sie die Halbwertszeit  $t_{1/2}$  des Cyclopropans.
  - (b) Wie viel Prozent des eingesetzten Cyclopropans sind nach einer Minute umgesetzt, wieviel nach einer Stunde?
  - (c) Nach welcher Zeit  $t$  ist die Konzentration des Propens genau doppelt so groß wie die des Cyclopropans?
  - (d) Die Aktivierungsenergie dieser Reaktion beträgt 267,0 kJ/mol. Welchen Wert hat die Geschwindigkeitskonstante bei einer Temperatur von 500 K?







A	B	C	D	E
$H_2$	Ethylenoxid			Benzol

- (a) Bestimmen Sie die Punktgruppen der Moleküle A) bis E) mit Hilfe des Fließschemas (s. Ende der Klausur) und dokumentieren Sie Ihren Lösungsweg.
- (b) Welche der Moleküle A) bis E) sind polar, haben also ein Dipolmoment  $|\vec{\mu}| \neq 0$ ?
- (c) Bestimmen Sie die Anzahl der Schwingungsfreiheitsgrade für die Moleküle A) bis E).





