

**Modulabschlussklausur
B06/ChemBSc-7
(BSc Chemie)**

Termin: Montag, 25.02.2019, 08:30 – 11:30 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) Ich studiere nach der BPO BSc Chemie 2018/19 und möchte mir die in der Studienleistung im Modul ChemBSc-07 erreichte Punktzahl bei der Klausur anrechnen lassen: **JA** ☐ **NEIN** ☐

(e) Notieren Sie sich die PIN-Nummer Ihrer Klausur: **PIN=**

Ihr Klausurergebnis (PIN, Punkte, Note) wird unter <http://www.pci.tu-bs.de/aghohm/lehre/B0625022019.html> veröffentlicht.

(f) 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	Optional: Punkte in Studienleistung	Σ
Punkte maximal	30	8	6	16	8	12	10	6	90 + 6
Punkte erreicht									

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	$6,6261\cdot 10^{-34}$	$\text{J}\cdot\text{s}$
Avogadro-Konstante N_A	$6,0221\cdot 10^{23}$	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 abgeschlossenes (=isoliertes) 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 Enthalpie H
 - ☐ ist eine intensive Größe.
 - ☐ hat die gleiche Einheit wie der Druck p .
 - ☐ ändert sich prinzipiell nicht, wenn ein System aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand überführt wird.
 - ☐ ist immer eine Zustandsfunktion.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 3) Verläuft die Zustandsänderung eines Systems isochor,
 - ☐ so verläuft sie immer und ausnahmslos auch isotherm.
 - ☐ so ist das Volumen eine Konstante.
 - ☐ so ist das System auf jeden Fall ein Feststoff.
 - ☐ so ist der Druck auf jeden Fall größer als ein bar.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 4) Der Kompressibilitätskoeffizient Z
 - ☐ ist niemals negativ.
 - ☐ ist immer gleich der isothermen Kompressibilität κ .
 - ☐ besitzt die Dimension eines reziproken Drucks.
 - ☐ ist für ein ideales Gas gleich eins.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 5) Bei einer Temperatur von 1000 K besitzt das ideale Gas einen Volumenausdehnungskoeffizienten α von
 - ☐ $0,001 \text{ Pa}^{-1}$.
 - ☐ $0,001 \text{ K}^{-1}$.
 - ☐ $0,001 \text{ J}^{-1}$.
 - ☐ $0,001 \text{ mol}^{-1}$.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.

- 6) Erhitzt man ein aus Atomen bestehendes ideales Gas von 200 K auf 400 K,
☐ so verdoppelt sich unter isochoren Bedingungen sein Druck.
☐ so verdoppelt sich unter isobaren Bedingungen sein Volumen.
☐ so erhöht sich seine innere Energie U .
☐ so erhöht sich seine Enthalpie H .
☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 7) Die Standardbildungsenthalpie $\Delta_f H^\ominus$
☐ kann sowohl positiv wie auch negativ sein.
☐ hat die Dimension „Energie pro Stoffmenge“
☐ ist definiert bei einem Druck von 1 bar.
☐ ist für alle Elemente in ihren stabilsten Konfigurationen immer gleich null.
☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 8) Die Entropie S
☐ ist immer eine Zustandsfunktion.
☐ wird im zweiten Hauptsatz der Thermodynamik definiert.
☐ hat die gleiche Einheit wie die Boltzmann-Konstante k .
☐ kann nach Boltzmann über $S=k \ln W$ statistisch interpretiert werden.
☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 9) Die Entropie eines offenen Systems
☐ kann zunehmen.
☐ kann abnehmen.
☐ kann konstant sein.
☐ ist eine Zustandsfunktion.
☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 10) Die freie Standardreaktionsenthalpie $\Delta_r G^\ominus$ einer beliebigen chemischen Reaktion
☐ ist immer null, wenn sich das Reaktionssystem im Gleichgewichtszustand befindet.
☐ ist immer eine dimensionslose Größe.
☐ ist für Gasphasenreaktionen immer und ausnahmslos positiv.
☐ ist direkt proportional zur Aktivierungsenergie E_A der Hinreaktion.
☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 11) 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.
- 12) Verdampft man bei einem Druck von einem bar 50 g Wasser am Siedepunkt,
☐ so stellt man eine sprunghafte Zunahme der Entropie fest.
☐ so beträgt die Temperatur ca. 100 Grad Celsius.
☐ so spricht man von einem Phasenübergang erster Ordnung.
☐ so nimmt nach vollständiger Verdampfung das gasförmige Wasser ein Volumen von mehr als einem Liter ein.
☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 13) 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 dem Satz von Hess beschrieben werden.
☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 14) Die Trennung durch Destillation
☐ gelingt auf Grund des unterschiedlichen Dampfdrucks der Komponenten eines Gemischs.
☐ kann bei azeotropen Gemischen nicht vollständig in die reinen Komponenten erfolgen.
☐ ist ein technisch wichtiger Prozess.
☐ ist prinzipiell die einzige Möglichkeit, ein flüssiges Substanzgemisch aufzutrennen.
☐ Nichts von alledem ist richtig.

- 15) 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.
- 16) 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.
- 17) Der Betrag $|F|$ der zwischen einem Na^+ und einem SO_4^{2-} -Ion im Abstand von 200 pm wirkenden Kraft im Vakuum
- ☐ ist genauso groß wie derjenige zwischen einem Ca^{2+} und einem Cl^- -Ion bei gleichem Abstand.
 - ☐ beträgt ca. $1,15 \cdot 10^{-8}$ 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 zugefügte 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 Nernstsche Gleichung
- ☐ kann aus der van't Hoffschen Reaktionsisothermen hergeleitet werden.
 - ☐ verknüpft das Zellpotential E mit dem Standardzellpotential E^\ominus .
 - ☐ 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_{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 Energie.
 - ☐ äußert sich phänomenologisch in der Zähigkeit eines Mediums.
 - ☐ nimmt im Rahmen der kinetischen Gastheorie für Gase immer und ausnahmslos mit steigender Temperatur ab.
 - ☐ wird immer mit einem Absorptionsspektrometer gemessen.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.

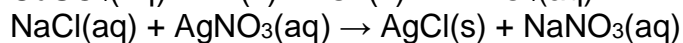
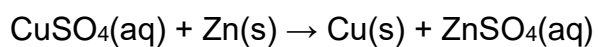
- 23) Der Selbstdiffusionskoeffizient D_{AA} eines Gases ist im Rahmen der kinetischen Gastheorie
- ☐ immer eine dimensionsbehaftete Größe.
 - ☐ umgekehrt proportional zum Stoßquerschnitt des Teilchens A.
 - ☐ von der Temperatur abhängig.
 - ☐ von der Masse des Teilchens A abhängig.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 24) Die Geschwindigkeitskonstante k einer Reaktion erster Ordnung
- ☐ hat für alle bislang bekannten Reaktionen exakt den gleichen Zahlenwert.
 - ☐ ist für Gasphasenreaktionen grundsätzlich höher als für Reaktionen in flüssiger Phase.
 - ☐ kann auch negativ sein.
 - ☐ ist umgekehrt proportional zur Halbwertszeit der Reaktion.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 25) Die Aktivierungsenergie E_A einer chemischen Reaktion
- ☐ ist per definitionem immer positiv.
 - ☐ kann auch negativ sein.
 - ☐ ist ein experimentell zu bestimmender Fitparameter.
 - ☐ liegt für nahezu alle bislang bekannten Reaktionen im Bereich von ca. 100 MJ/mol.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 26) Die von Manfred Eigen entwickelte Relaxationsmethode
- ☐ wird seit mehr als 100 Jahren in der Chemie angewendet.
 - ☐ dient zur Verfolgung sehr schneller chemischer Reaktionen.
 - ☐ wird benutzt, um sehr genaue Absorptionsspektren aufzunehmen.
 - ☐ ist lediglich eine Kuriosität, die in der chemischen Forschung keinerlei Bedeutung mehr hat.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 27) Der infrarote 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 Schwingung 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 von ungleich null besitzen.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 29) Ist ein Molekül chiral,
- ☐ so kann es auch ein Dipolmoment von ungleich null besitzen.
 - ☐ so kann es nicht aus lediglich drei Atomen bestehen.
 - ☐ so kann es auch ein Schwefelatom beinhalten.
 - ☐ so muss seine Molmasse mehr als zwei Gramm pro Mol betragen.
 - ☐ Nichts von alledem ist richtig.
- 30) Hat ein Molekül ein Dipolmoment von ungleich null,
- ☐ so ist es auf jeden Fall auch chiral.
 - ☐ so kann es sich um das Molekül Ammoniak handeln.
 - ☐ so kann es zur Punktgruppe T_d gehören.
 - ☐ so kann es nicht zur Punktgruppe $D_{\infty h}$ gehören.
 - ☐ 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 mischen zwei Gase A und B. Eines davon ist ein Edelgas, das zweite besteht aus einer homonuklearen zweiatomigen Molekülsorte. Wenn Sie 40 g von Gas A mit 5 g von Gas B bei 300 K in einem Gefäß mit einem Volumen von 8 Litern mischen, so beträgt der Druck dieser Mischung 0,197550 MPa. Fügen Sie unter isochoren und isothermen Bedingungen noch 20,274 g von Gas B hinzu, so verdoppelt sich der Druck. Um welche Gase handelt es sich? Benutzen Sie zur Identifikation die folgenden Massen: $M(\text{He})=4,002 \text{ g/mol}$, $M(\text{Ne})=20,180 \text{ g/mol}$, $M(\text{Ar})=39,948 \text{ g/mol}$, $M(\text{Kr})=83,80 \text{ g/mol}$, $M(\text{Xe})=131,29 \text{ g/mol}$, $M(\text{H})=1,008 \text{ g/mol}$, $M(\text{O})=15,999 \text{ g/mol}$, $M(\text{F})=18,998 \text{ g/mol}$, $M(\text{Cl})=35,453 \text{ g/mol}$,

- 32) Flugzeuge, die sich mit einer Geschwindigkeit nahe der Schallgeschwindigkeit bewegen, erfahren einen hohen Reibungsverlust, der sich in einer Temperaturerhöhung am Rumpf des Flugzeugs bemerkbar macht. Bei der ehemaligen *Concorde* wurde im Flug eine mittlere Rumpftemperatur von 108°C gemessen, am Boden betrug die Temperatur des 62 m langen Flugzeugs 20°C . Der thermische Volumenausdehnungskoeffizient des Rumpfmaterials beträgt $\alpha = 0,000069/\text{K}$.
- (a) Um wie viel Prozent nimmt das Volumen des Rumpfes der *Concorde* im Flug zu?
- (b) Häufig ist man nicht an einer Volumenänderung dV , sondern an der Längenänderung dl eines Objekts der Länge l bei Temperaturänderung interessiert. Hierzu definiert man den linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zu $\alpha_{\text{lin}} = \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right) / l$. Setzen Sie das Volumen zu $V = \beta l^3$ an, und leiten Sie damit die Beziehung $\alpha = 3\alpha_{\text{lin}}$ her.
- (c) Um welchen Betrag ändert sich also die Rumpflänge der *Concorde* bei Reisegeschwindigkeit im Vergleich zur Bodentemperatur von 20°C ?

- 33) (a) Bestimmen Sie die Standardreaktionsenthalpie $\Delta_r H^\ominus$, die freie Standardreaktionsenthalpie $\Delta_r G^\ominus$ sowie die Standardreaktionsentropie $\Delta_r S^\ominus$ der folgenden zwei Reaktionen bei 25°C:



- (b) Bestimmen Sie die Löslichkeit von $\text{AgCl}(\text{s})$ in Wasser bei 25°C.

Benutzen Sie die folgenden Zahlenwerte:

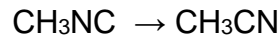
Substanz	$\Delta_f H^\ominus /$ (kJ/mol)	$\Delta_f G^\ominus /$ (kJ/mol)	Substanz	$\Delta_f H^\ominus /$ (kJ/mol)	$\Delta_f G^\ominus /$ (kJ/mol)
$\text{Ag}^+(\text{aq})$	105,58	77,11	$\text{Na}^+(\text{aq})$	-240,12	-261,91
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	64,77	65,49	$\text{NO}_3^-(\text{aq})$	-205,0	-108,71
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$	-153,89	-147,06	$\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$	-909,27	-744,53
$\text{Cl}^-(\text{aq})$	-167,16	-131,23	$\text{AgCl}(\text{s})$	-127,07	-109,79

34) (a) Vervollständigen Sie die folgende Tabelle. Bei der mathematischen Gesetzmäßigkeit sollen nicht triviale Symbole zusätzlich kurz erklärt werden (siehe Beispiel).

Transportphänomen	Transportierte Größe	Mathematische Gesetzmäßigkeit (mit Erklärung der verwendeten Symbole)	Ursache
Elektrischer Strom			Potentialgradient
Viskosität	Impuls		
	Masse		Konzentrationsgradient
	Energie	$J_E = -\lambda \frac{dT}{dx}$ λ : Wärmeleitfähigkeit T: Temperatur	

(b) Sie halten bei einer Außentemperatur von -10°C in Ihrer Wohnung durch Heizen eine konstante Temperatur von 20°C aufrecht. Welche Energiemenge fließt pro Stunde durch ein 2 m^2 großes Energiesparfenster mit Wärmeschutzverglasung mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von $0,5\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$? Wieviel Kilogramm Wasser könnten Sie mit dieser Energiemenge isobar von 20°C auf 100°C erhitzen? Rechnen Sie mit einer konstanten molaren Wärmekapazität des Wassers von $C_p/n=c_p=75,4\text{ J}/(\text{mol K})$.

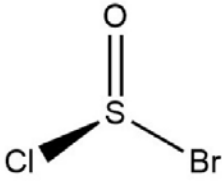
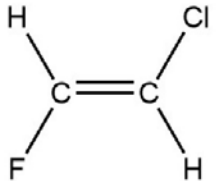
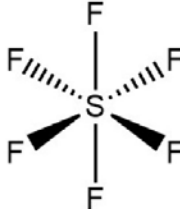
35) Es soll die Umlagerung von Methylisonitril zu Acetonitril betrachtet werden:



Dabei handelt es sich bei den gewählten Bedingungen um eine Reaktion erster Ordnung, deren Geschwindigkeitskonstante bei 200 °C zu $0,03 \text{ min}^{-1}$ bestimmt werden konnte. Es soll ein Reaktor mit einem Kubikmeter Volumen verwendet werden, um 50 Mol Methylisonitril umzusetzen.

- (a) Formulieren Sie das differenzielle und integrierte Geschwindigkeitsgesetz für Edukt und Produkt. Führen Sie die Integration explizit aus, sodass deutlich wird, wie das integrierte Geschwindigkeitsgesetz zu Stande kommt. Skizzieren Sie für Edukt und Produkt die zeitliche Änderung der Konzentration
- (b) Wie groß ist die Acetonitril-Konzentration nach 2 Stunden?
- (c) Wie lange müsste die Reaktion laufen, damit nur noch 5 Mol des Edukts vorliegen?
- (d) Bestimmen Sie die Halbwertszeit $t_{1/2}$.
- (e) Die Aktivierungsenergie dieser Reaktion beträgt 25,0 kJ/mol. Bestimmen Sie den präexponentiellen Faktor A in der Arrheniusgleichung.

36)

A	B	C	D	E
$^1\text{H} - ^2\text{H}$				Ammoniak

- (a) Bestimmen Sie die Punktgruppen der Moleküle A) bis E) mit Hilfe des Fließschemas (s. Ende der Klausur) und dokumentieren Sie Ihren Lösungsweg.
- (b) Ist das Molekül B chiral?
- (c) Bestimmen Sie die Anzahl der Schwingungsfreiheitsgrade für die Moleküle B) bis E).

