

Name

Matrikelnummer

Theorieteil

30 Punkte

Hilfsmittel

Kern	Kernspin Quantenzahl /	Gyromagnetisches Verhältnis γ [MHz/T]	Natürliche Häufigkeit
^1H	1/2	42.6	99.98%
^2D	1	6.5	0.02%
^{10}B	3	4.6	20%
^{11}B	3/2	13.7	80%
^{13}C	1/2	10.7	1%
^{14}N	1	3.1	99.6%
^{15}N	1/2	- 4.3	0.4%
^{19}F	1/2	40.1	100%
^{23}Na	3/2	11.3	100%
^{29}Si	1/2	- 8.5	5%
^{31}P	1/2	17.2	100%

Naturkonstanten

Planck-Konstante/Wirkungsquantum	h	$6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	c_0	$2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Boltzmann-Konstante	k_B	$1.381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

Aufgabe 1: NMR Aktive Kernspins

7 Punkte

1. Wir vergleichen drei Kernspins: ^{15}N , ^{31}P , ^{29}Si .

In welchen Eigenschaften stimmen diese drei Kernspins überein, worin unterscheiden sie sich?

Ordnen Sie diese drei Kernspins nach absteigender Sensitivität der NMR-Messung.

4 Punkte

2. Skizzieren Sie das Energielevel-Diagramm von ^{23}Na . Zeichnen Sie die erlaubten Übergänge zwischen den Spin-Zuständen ein. Wie viele Frequenzen erwarten Sie im Spektrum von elementarem Natrium in der Gasphase?

3 Punkte

Aufgabe 2: NMR-Experimente

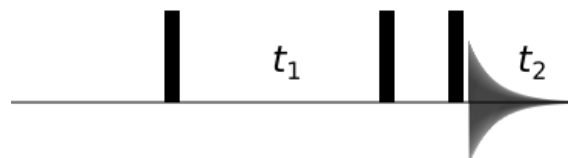
10 Punkte

1. Aus welchen vier Elementen bestehen die meisten zweidimensionalen NMR-Experimente? Benennen Sie kurz die Funktion von jedem der vier Elemente.

4 Punkte

2. Kennzeichnen Sie diese vier Elemente in der unten gezeigten Pulssequenz.

4 Punkte



3. Welches NMR-Experiment können Sie mit dieser Pulssequenz durchführen? Bitte nennen Sie den vollen Namen und die Abkürzung. Nennen Sie eine Anwendung für dieses Experiment.

2 Punkte

Aufgabe 3: NMR-Spektroskopie an Bor-Verbindungen

13 Punkte

1. Wir betrachten in dieser Aufgabe das Tetrafluoroborat-Ion. Skizzieren Sie die Strukturformel und kennzeichnen Sie die Atome mit NMR-aktiven Isotopen.

2 Punkte

2. Skizzieren Sie das ^{19}F -NMR-Spektrum des Tetrafluoroborat-Ions, bitte mit Erklärung der Kopplungsmuster. Berücksichtigen Sie dabei, dass Bor zwei verschiedene NMR-aktive Isotope hat.

4 Punkte

3. Nun wollen Sie das zugehörige Bor-Spektrum messen. Welches der stabilen Isotope des Bors bevorzugen Sie für diese Messung und warum?

1 Punkt

4. Skizzieren Sie das Bor-Spektrum mit Erklärung des Kopplungsmusters.

3 Punkte

5. Bei der Aufnahme von Kernspins wie Bor mit $I \geq 1$ gibt es oft Probleme mit breiten Linien.
Woran liegt das?

Wieso ist die NMR-Messung des Tetrafluoroborat-Ions von diesem Effekt weniger betroffen?

3 Punkte