

Planungsblatt Physik für die 8B

Woche 10 (von 07.11 bis 11.11)

Hausaufgaben ¹

Bis Freitag 11.11:

Lerne die Notizen von Dienstag!

Bis Dienstag 15.11:

Lerne die Notizen von Woche 10! Aber schlafe dich auch gut aus!

Kernbegriffe dieser Woche:

Zeitdilatation, Längenkontraktion, Lorentztransformationen, Lorentzkraft, ART, Abbiegen von Licht in Gravitationsfeld, Schwarze Löcher, Gravitationswellen, Verschiebung des Perihelions von Merkur, Gravitational Red Shift, Gravitational Lensing

Ungefähre Wochenplanung

Schulübungen.

- (a) **Dienstag** (3.Std): (i) HÜ-Bespr. und evt. mSWH, (ii) Lorentzkraft und Relativität; und dann die Hammerfrage: What is real? Space/Time, Particle/Wave, Electric Field/Magnetic Field. Überall gibt es Dualitäten!, (iii) Back to Basics: Warum empfinden wir Zeit und Raum als getrennt? Warum sind die Effekte von SRT so unbekannt? Warum sind diese Effekte gegenintuitiv? Hinweis: Evolutionstheorie und $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \approx 1 + \frac{1}{2}\beta^2$ falls $\beta \ll 1$ und $\gamma^{-1} \approx 1 - \frac{1}{2}\beta^2$ falls $\beta \ll 1$.
- (b) **Freitag** (5.Std): (i) HÜ-Bespr. und evt. mSWH, (ii) ART: Das Äquivalenzprinzip (Gravitation \equiv lokale Beschleunigung im Beobachtersinne), (iii) Anwendungen: Abbiegen von Licht in Gravitationsfeld, Schwarze Löcher, Gravitationswellen, Verschiebung des Perihelions von Merkur, Gravitational Red Shift, Gravitational Lensing

Unterlagen auf www.mat.univie.ac.at/~westra/edu.html

¹Für manche Aufgaben wird auf Rückseite/Anhang/Buch/Arbeitsblatt verwiesen.

Zur Lorentzkraft und SRT

In einigen Schritten möchte ich kurz erklären, was die Lorentzkraft zwischen zwei parallelen, stromdurchflossenen Leitern mit der Relativitätstheorie zu tun hat.

(1) Mittels Formel $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$ kommt man auf die Tatsache, dass sich zwei parallele, stromdurchflossene Leiter anziehen, wenn die Stromrichtungen in beiden gleich ist. Wir haben dabei die Auswirkung des magnetischen Feldes des einen Leiters auf die Elektronen des anderen Leiters betrachtet. Diese Betrachtung ist vom Laborsystem aus, in dem die Atomrümpfe (positiv) keine Geschwindigkeit haben. Wir haben die Kraft auf die Elektronen betrachtet. Wenn diese in eine bestimmte Richtung gezogen werden, werden die Atomrümpfe wohl mitgehen müssen, da sie durch die elektrische Kraft mit den Elektronen mitgezogen werden.

(2) Betrachten wir jetzt die Geschichte aus Perspektive der Elektronen. Wir betrachten also das Koordinatensystem, das sich mit den Elektronen mitbewegt. Dann stehen die Elektronen still. Dann ist aber die magnetische Komponente der Lorentzkraft Null! Um die Kraft, die auf die Elektronen ausgeübt wird, zu betrachten, wird es jetzt interessant, wenn wir die Lorentzkontraktion ins Spiel bringen. Die Elektronen im einen Leiter sehen, dass das Gitter der Atomrümpfe zusammengeschrumpft ist, denn dies bewegt sich relativ zu den Elektronen. Somit ist für die Elektronen im einen Leiter die Ladungsdichte der positiven Ladungen größer als die der negativen Ladungen. Somit ergibt sich wieder eine anziehende Kraft.

(3) Betrachten wir jetzt im Laborsystem die positiven Ladungen, die Atomrümpfe. Diese sehen, dass sich die Dichte der negativen Ladungen erhöht hat, wie auch bei (2), nur dann halt mit den Ladungen umgekehrt. Somit ergibt sich hier wieder eine anziehende Kraft.

(4) Die Elektronen wieder sehen einen Strom von Protonen. Die Richtung des magnetischen Feldes ist gleich: sowohl die Richtung als auch die Ladungen haben sich umgedreht, also bleibt die Richtung des magnetischen Feldes gleich. Für die Richtung der Lorentzkraft auf die Atomrümpfe geht es ähnlich: \vec{v} muss für die Atomrümpfe durch $-\vec{v}$ ersetzt werden, aber die Ladung q ist auch umgedreht, also bleibt auch die Richtung der Lorentzkraft gleich: somit ergibt sich eine anziehende Kraft.

(*5) Die Verwirrung entsteht, wenn man den einen Effekt benutzt, um die Kraft auf andere Objekte zu betrachten - schön kryptisch, oder? Aus Sicht der Elektronen erhöht sich die Dichte der positiven Ladungen, also stoßen die Atomrümpfe sich ab? Nein, weil man dies dann aus Sicht der Atomrümpfe betrachten sollte! Schwierig ist natürlich, dass die Elektronen im Leiter mit den Atomrümpfen verbunden sind. Um dieses Gedankenexperiment sauber durchzuziehen, sollte man sich einen Strahl aus Elektronen im magnetischen Feld eines stromdurchflossenen Leiters betrachten. Das wird aber etwas abstrakt, und dann sieht man die tolle Tatsache der Anziehung/Abstoßung zwischen zwei stromdurchflossenen Leitern nicht.

(*6) Im System, das sich mit den Elektronen mitbewegt, sieht man, dass die Leiter eine erhöhte positive Ladungsdichte haben. Dann würde man gerne schließen, dass sich die Leiter abstoßen. Aber, welche Kraft betrachtet man dann? Die Kraft zwischen den Atomrümpfen? Dann muss man das ganze Problem aus Sicht der Atomrümpfe betrachten; man hat Problem schon getrennt in positive und negative Ladungen, und somit sollte man die Kräfte separat betrachten, und tatsächlich erfahren beide Komponenten eine anziehende Kraft - so wie oben skizziert. Die Schein-Abstoßung entsteht, weil man die Ladungen getrennt betrachtet, die Kräfte aber nicht.