

## 0.1 4. Hausaufgabe

### 0.1.1 Wiederholung der Stunde in eigenen Worten

Gravitationsfelder erstrecken sich ja unendlich weit (11. Klasse), nur nimmt die Feldstärke mit der Entfernung quadratisch ab. Dies gilt auch für elektrische Felder, was auch bedeutet, dass man eine Arbeit  $W_\infty$  berechnen kann, die, wenn man sie in ein Teilchen hineinsteckt, dafür sorgt, dass das Teilchen das Feld „verlässt“, also nie wieder von ihm eingeholt werden kann. Beim Gravitationsfeld der Erde entspricht dies der zweiten kosmischen Geschwindigkeit (ca.  $11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ ).

Leistung ( $P$ ) kann man sich auch als „Energiestromstärke“, also als eine Größe, die Energieflüsse beschreibt, vorstellen. Dies deckt sich mit der Einheit der Leistung –  $\frac{\text{J}}{\text{s}}$  zeigt sehr klar, dass es sich bei Leistung um eine Größe handelt, die den Fluss von Energie pro Sekunde beschreibt. Analog gibt man andere Stromstärken an, z.B. die Stromstärke von elektrischen Strömen in  $\frac{\text{C}}{\text{s}}$  oder die Anzahl vorbeigehender Schüler in  $\frac{1}{\text{s}}$ .

Feldänderungen können nicht instantan erfolgen, nimmt man z.B. eine zuvor aufgeladene Kondensatorplatte „sehr schnell“ weg, so wird das elektrische Feld, welches durch die Ladung des Kondensators erzeugt wurde, sich nicht zeitgleich mit dem Kondensator mitbewegen. Dies kann man durch die Äquivalenz von Masse und Energie,  $E = mc^2$ , erklären – Feldern kann man durchaus eine „Masse“ (siehe Frage weiter unten) zuordnen, womit klar wird, dass auch Felder träge sind.

In der 9. und 11. Klasse stellten wir uns vor, dass einem Körper die beim Hochheben zugeführte potenzielle Energie „irgendwie“ im Körper gespeichert wird, und dass diese Energie beim Herunterfallen in kinetische Energie umgewandelt wird. Erreicht der Körper wieder sein Nullniveau, so „enthält“ der Körper die zuvor zugeführte potenzielle Energie nicht mehr.

Dieses Modell ist allerdings nicht sehr tragfähig: Die zusätzliche potenzielle Energie, die in Körpern „gespeichert“ ist, kann nicht gemessen werden – so nimmt der Körper z.B. nicht an Masse zu,

wird wärmer oder elektrisch aufgeladen. Ferner gibt es das Problem, dass man das Nullniveau der potenziellen Energie ja beliebig festlegen kann – aber Körper können von einer beliebig gewählten Bezugsgröße ja nicht beeinflusst werden. (Änderung an der Definition des Gramms haben keine Massenzu- oder -abnahmen im Universum zur Folge.)

Daher fand man ein tragfähigeres Modell: Beim Hochheben eines Körpers wird nicht Energie im Körper, sondern im Gravitationsfeld gespeichert. Beim Herunterfallen wird die zuvor ins Gravitationsfeld gesteckte Energie dann wieder in kinetische Energie umgewandelt. Dieses Modell hat den Vorteil, dass nicht länger die Frage nach der Speicherungstechnik von Energie in Körpern behandelt werden muss.

Um dieses Modell besser verstehen zu können kann es hilfreich sein, ein mechanisches Analogon zu konstruieren: Befestigt man, in Schwerelosigkeit, einen Körper an einer Feder, und hebt nun den Körper „hoch“, so fließt Energie nicht in den Körper, sondern, in Form von Federenergie, in die Feder. Beim Loslassen des Körpers gibt ebenfalls nicht der Körper, sondern die Feder Energie ab. (Diese Analogie hinkt jedoch im Vergleich mit Gravitationsfeldern oder elektrischen Feldern: Der „Ortsfaktor“ nimmt bei G- und E-Feldern mit zunehmender Entfernung immer weiter ab, bei Federn nimmt er jedoch zu.)

### **0.1.2 Fragen**

Besitzen Körper kinetische Energie (ähnlich wie wir uns früher die Speicherung von potenzieller Energie in Körpern vorgestellt haben)?

Ist die Energie, die in einem (Gravitations-)Feld gespeichert ist, (theoretisch) messbar?

Wie genau wird die Trägheit von Feldern begründet?

Fließt in einem einfachen Stromkreis mit Verbraucher in den Kabeln „nach“ dem Verbraucher immer noch Energie? Oder wandelt der Verbraucher, z.B. ein Lämpchen, die eingehende Energie (fast) vollständig in Licht um? Stimmt dann die Formel  $P = UI$ , die man ja eigentlich auch in dem Teil des Stromkreises, der sich nach dem Verbraucher befindet, anwenden kann, nicht mehr?

(Benötigte Zeit: 63 min)