

31. Karlsruher Didaktik-Workshop 17. Juni 2022, KIT Karlsruhe

Relativität und andere Themen

gefördert von der Eduard-Job-Stiftung für Thermo- und Stoffdynamik

Ort: KIT Karlsruhe, Campus Süd, kleiner Hörsaal A oder B
Gebäude 30.22, neben dem Physikhochhaus in der Engesserstraße
www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de

Organisation: F. Herrmann, M. Pohlig, P. Schmälzle

Die Sitzungen finden dieses Mal nur am Freitag statt. Sie sind auch willkommen, wenn Sie nur zu einem Teil der Sitzungen kommen. Eine Anmeldung ist nicht erforderlich. Der Workshop wird „kostenneutral“ organisiert, d.h. kein Tagungsbeitrag, aber auch kein Vortragshonorar.

Es ist reichlich Zeit für Diskussionen vorgesehen. Gelegentlich ändern wir den zeitlichen Ablauf des Programms noch während des Workshops.

Vortragende:

Michael Daam, Karlsruher Institut für Technologie

Manfred Euler, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik

Friedrich Herrmann, Karlsruher Institut für Technologie

Karl-Heinz Lotze, Universität Jena

Werner Maurer, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Michael Pohlig, Karlsruher Institut für Technologie/WHG-Durmersheim

Heiner Schwarze, Institut für Qualitätsentwicklung an Schulen, Schleswig-Holstein

Programm

Donnerstag 16. Juni

abends ab etwa 19:00 h

zwangloses Treffen im Caminetto (Kronenstraße)

Freitag 17. Juni

Vormittag, Beginn 9:30 h

9:00	Herrmann	Begrüßung
9:30	Maurer	Energietransport als relativistisches Phänomen
10:30	Kaffee-Pause	
11:00	Euler	Synchronisierte Uhren, Selbstorganisation und Emergenz: Experimente und Modelle universeller Phänomene
12:00 - 12:45	Herrmann/Pohlig	Ist die Masse ein Maß für die Trägheit?

Nachmittag, Beginn 14:30 h

14:30	Schwarze	Physikbücher werden besser und schlechter. Warum, und wer hat die Schuld? – am Beispiel Metzler Physik
15:30 bis 16:00		Kaffee-Pause
16:00	Daam	Analogieexperiment zur Gravitationswellendetektion
17:00	Lotze	Wissenschaftsdidaktische Variationen über die Lichtablenkung im Schwerfeld
18:00	Herrmann/Pohlig	Ein neues relativistisches Paradoxon

Abstracts

Euler

Synchronisierte Uhren, Selbstorganisation und Emergenz: Experimente und Modelle universeller Phänomene

Selbsterregte Oszillatoren und deren Wechselwirkung stellen einfache Modellsysteme für Prozesse der Selbstorganisation sowie für das Entstehen neuer Systemeigenschaften (Emergenz) dar. Von besonderer Bedeutung sind dabei Synchronisationseffekte. Abhängig von Kopplungsparametern können sich verschiedene Oszillatoren auf einen gemeinsamen Rhythmus verständigen. Anders als etwa bei der Resonanz wird hier die Dynamik nicht extern vorgegeben, sondern sie entsteht aus dem Zusammenwirken der einzelnen Komponenten. Obwohl dieses universelle Phänomen in vielen Bereichen der belebten und unbelebten Natur sowie der Technik bedeutsam ist, spielt es in der Ausbildung nur eine eher untergeordnete Rolle. Ausgehend von einfachen Experimenten mit synchronisierten Uhren und anderen selbsterregten Systemen präsentiert der Vortrag ein Basismodell der dynamischen Prozesse, das auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen die Wechselwirkungsprodukte sowohl anschaulich als auch formal beschreiben kann. Obwohl dieses intuitive klassische Modell extrem reduziert ist, vermittelt es einen tragfähigen Zugang zur Vielfalt von Selbstorganisationsprozessen, die sowohl biologische als auch Quantenkohärenz orchestrieren.

Maurer

Energietransport als relativistisches Phänomen

Im Physik-Unterricht wird der Energietransport wenig thematisiert. Wen wundert's, dass sogar Studierende beim elektrischen Stromkreis mit der kinetischen Energie der Elektronen oder in der Hydraulik mit der elastischen Energie des Öls argumentieren. Dieses ziemlich naive Erklärungsmuster versagt spätestens bei der Fahrradkette, wo die Energie gegen die Masse fließt. Für die Elektrodynamik liefert die Feldtheorie in Form des Poynting-Vektors eine befriedigende Beschreibung der Energiestromdichte. Leider lässt sich dieses aus zwei Feldstärken gebildete Vektorprodukt nicht auf die Mechanik übertragen. Erst wenn man den Poynting-Vektor als Teil des Energie-Impuls-Tensor sieht, kann der mechanische Energietransport entsprechend beschrieben werden. Diese Energiestromdichte erscheint aber anders als beim elektromagnetischen Feld nur als kleiner Beitrag in der ersten Zeile des Energie-Impuls-Tensors, also quasi als relativistische Störgröße.

Herrmann und Pohlig

Ist die Masse ein Maß für die Trägheit?

Die Masse wird gewöhnlich eingeführt als Maß für die Trägheit eines Körpers. Aber was will man überhaupt unter Trägheit verstehen? Wir führen ein Maß für die Trägheit ein. Es stellt sich heraus, dass für hohe, relativistische Geschwindigkeiten weder die Ruhemasse, noch die relativistische Masse die Anforderungen an ein sinnvoll definiertes Trägheitsmaß erfüllt. Wie wollen wir aber im Physikunterricht über Trägheit sprechen? Wie kann man die Alltagssprache der Schülerinnen und Schüler nutzen und trotzdem zu einer soliden Begriffsbildung gelangen? Auf diese Fragen versuchen wir eine Antwort zu geben.

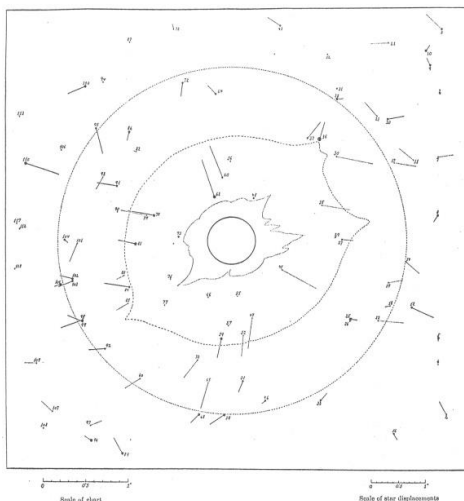
Wissenschaftsdidaktische Variationen über die Lichtablenkung im Schwerfeld

K.-H. Lotze, Wilhelm und Else Heraeus Seniorprofessor, Friedrich-Schiller-Universität, Jena

Im Jahr 2019 beging die wissenschaftliche Gemeinschaft weltweit den 100. Jahrestag der Beobachtung der Lichtablenkung am Sonnenrand. Diese erbrachte eine Bestätigung der Vorhersage, die Albert Einstein auf der Grundlage seiner Allgemeinen Relativitätstheorie machte. Die dieser Vorhersage zugrunde liegende Physik ist die gleiche wie bei anderen Lichtablenkungs-Phänomenen im Universum, die heute als Gravitationslinsen-Effekt bekannt sind. Damit wurde die Lichtablenkung nicht nur in vielen Fällen bestätigt; sie wurde zu einem Werkzeug von Astrophysik und Kosmologie.

Wir vergleichen verschiedene Zugänge zum Phänomen der Lichtablenkung im Schwerfeld, insbesondere in dem der Sonne, um es besser in unser und unserer Schüler und Studenten Vorwissen integrieren zu können. Dazu gehören:

- Die ballistische Lichtablenkung (Newton 1704, Cavendish 1783/84, v. Soldner 1801), derzufolge Licht als Strom klassischer Teilchen aufgefaßt wird, die der Schwerkraft ausgesetzt sind. Dieser Zugang ergibt nur den halben Wert im Vergleich zu Einsteins Vorhersage.
- Die Lichtablenkung wie sie sich aus dem Äquivalenzprinzip ergibt (Einstein 1911) und zu dem gleichen Ergebnis führt wie die ballistische Behandlung des Effekts.
- Die Lichtablenkung in der gekrümmten Raumzeit auf Grundlage der Schwarzschild-Lösung der Einsteinschen Feldgleichungen (Einstein, Schwarzschild 1915/16) mit dem Resultat, das später durch Beobachtungen bestätigt wurde, und das doppelt so groß ist wie vom ballistischen Zugang und mittels Äquivalenzprinzip vorhergesagt.
- Der auf dem Fermatschen Prinzip beruhende Vergleich mit dem Phänomen der Fata Morgana auf der Erde, der zu einer Interpretation der Lichtablenkung Anlaß gibt als ob das Gravitationsfeld ein räumlich inhomogenes optisches Medium wäre.



Desweiteren zeigen wir, wie die Beobachtungen der Sonnenfinsternis vom 21. September 1922 (Campbell und Trumpler, siehe Abbildung) die Vorhersage einer Lichtablenkung am Sonnenrand von 1,75" durch die Allgemeine Relativitätstheorie bestätigen.

Schließlich erklären wir, wie der klassische Effekt der Lichtablenkung durch die Sonne in den allgemeineren Gravitationslinsen-Effekt eingeordnet werden kann.