Kraftstoß, Energie- und Impulserhaltung

Erwin Kunesch, Gmund

© 6381380/iStock/Getty Images Plus

Es ist immer wieder faszinierend, den Start einer Weltraumrakete zu beobachten. Tausende von Zuschauern lassen sich dieses Ereignis nicht entgehen, um es als Augenzeugen oder auf den Displays von Computern oder Fernsehbildschirmen zu verfolgen. Aber auch andere Phänomene ziehen das Interesse auf sich. So bewegen sich im Weltraum mit hohen Geschwindigkeiten große Asteroiden, von denen wir hoffen, dass sie an der Erde vorbeifliegen. Der die Erde umgebende Weltraum wird permanent und lückenlos überwacht. Renommierte Wissenschaftler liebäugeln mit der Idee, einen Asteroiden mit schweren Gesteinsbrocken zu beschießen; denn jeder Zusammenstoß mit dem Asteroiden – und seien die stoßenden Massen noch so unterschiedlich groß – überträgt auf diesen einen Impuls, der zu einer – wenn auch minimalen, aber vielleicht doch entscheidenden – Kurskorrektur führt.

VORSCHAU

netzwerk lernen

RAABE
zur Vollversion

Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Physik

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Es ist gemäß § 60b UrhG hergestellt und ausschließlich zur Veranschaulichung des Unterrichts und der Lehre an Bildungseinrichtungen bestimmt. Die Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH erteilt Ihnen für das Werk das einfache, nicht übertragbare Recht zur Nutzung für den persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung. Unter Einhaltung der Nutzungsbedingungen sind Sie berechtigt, das Werk zum persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung in Klassensatzstärke zu vervielfältigen. Jede darüber hinausgehende Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Hinweis zu §§ 60a, 60b UrhG: Das Werk oder Teile hiervon dürfen nicht ohne eine solche Einwilligung an Schulen oder in Unterrichts- und Lehrmedien (§ 60b Abs. 3 UrhG) vervielfältigt, insbesondere kopiert oder eingescannt, verbreitet oder in ein Netzwerk eingestellt oder sonst öffentlich zugänglich gemacht oder wiedergegeben werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Die Aufführung abgedruckter musikalischer Werke ist ggf. GEMA-meldepflichtig.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und ggf. angefragt.

Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH
Ein Unternehmen der Klett Gruppe
Rotebühlstraße 77
70178 Stuttgart
Telefon +49 711 62900-0
Fax +49 711 62900-60
meinRAABE@raabe.de
www.raabe.de

Redaktion: Anna-Greta Wittnebel
Satz: Röser Media GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Bildnachweis Titel: © 6381380/iStock/Getty Images Plus
Korrektorat: Johanna Stotz, Wyhl a. K.; Dr. Stefan Völker, Jena

VORSCHAU

netzwerk lernen

zur Vollversion

Kraftstoß, Energie- und Impulserhaltung

Oberstufe (Niveau)

Erwin Kunesch, Gmund

Hinweise 1

M 1 Überlegungen und Experimente 2

M 2 Einfache Berechnungen 3

M 3 Der Formelapparat 4

M 4 Zentrale Stöße in der Kernphysik 5

M 5 Sammelsurium – Testen Sie Ihr Wissen! 6

© RAABE 2020

VORSCHAU

Die Schüler lernen:

Mit dem ersten Teil **M 1** werden die Schüler an die abstrakt erscheinenden Begriffe Energie und Impuls in Form von Überlegungen, Beobachtungen und einfachen Experimenten ohne Verwendung von Zahlen herangeführt. Im nächsten Material **M 2** werden dann im Schwierigkeitsgrad steigende Berechnungen durchgeführt, beginnend mit einfachen Auflösungen nach Unbekannten über eine Energiebilanz und Verwendung des Begriffs Kraftstoß bis zur Anwendung von relativistischer Rechnung. Der dritte Teil **M 3** beschäftigt sich mit der allgemeinen Verwendung von Formeln und ihrer Einbettung in einen Gesamtzusammenhang. Im vierten Teil **M 4** werden Stoßprozesse in der Kernphysik behandelt. Der fünfte Teil **M 5** stellt eine allgemeine Zusammenfassung des behandelten Themas dar.

netzwerk lernen

zur Vollversion

Überblick:

Legende der Abkürzungen:
Ab = Arbeitsblatt **LEK** = Lernerfolgskontrolle

Thema	Material	Methode
Überlegungen und Experimente	M1	Ab
Einfache Berechnungen	M2	Ab
Der Formelapparat	M3	Ab
Zentrale Stöße in der Kernphysik	M4	Ab
Sammelsurium – Testen Sie Ihr Wissen!	M5	Ab, LEK

Unterrichtsplanung

Mit diesem Beitrag kann das angesprochene Thema ausführlich behandelt werden. Jedoch lassen sich die einzelnen Kapitel **M 1** bis **M 5** unabhängig voneinander einsetzen. Der Beitrag **M 5** ist sowohl als Zusammenfassung geeignet als auch als Lernzielkontrolle mit oder ohne Bewertung und kann auch als Wiederholung – ggf. auch in Form einer Hausaufgabe – eines bereits behandelten Themas angesehen werden.

© RAABE 2020

VORSCHAU

netzwerk lernen

zur Vollversion

Hinweise

Die Beschäftigung mit den Phänomenen der klassischen Mechanik kommt an den Themen Energie, Impuls und Kraftstoß nicht vorbei. Seien es die spektakulären Raketenstarts, seien es Erscheinungen bei Himmelskörpern – wie bereits eingangs erwähnt – oder seien es Vorgänge in unserer näheren durchaus irdischen Umgebung, ohne die oben erwähnten Begriffe ist eine Beschreibung oder Berechnung nicht denkbar. Auch bei einem Sturz eines Kletterers in sein Seil oder beim Bungee Jumping finden diese Gesetzmäßigkeiten Anwendung. Aber auch Stoßprozesse bei Verkehrsunfällen oder Rangiervorgängen bei der Eisenbahn fallen unter die gleiche Kategorie. Entscheidend ist bei all diesen Vorgängen die Beteiligung von Masse und Geschwindigkeit, wie sie sowohl im Rahmen der kinetischen Energie als auch im Rahmen des Impulses auftritt. Diese beiden physikalischen Größen sind die Grundlagen für alle mechanischen Vorgänge, wie unterschiedlich sie auch erscheinen mögen. Die Hinzunahme der Zeit führt dann auf den nicht minder wichtigen Begriff des Kraftstoßes als Impulsänderung, der sich aus dem Produkt aus Kraft und Zeitdauer ergibt.

© RAABE 2020

VORSCHAU

Energie- und Impulserhaltung

Will man Vorgänge in der Physik beschreiben, kommt man um Erhaltungssätze nicht herum. Betrachtet man den Begriff der Energieerhaltung, öffnet sich ein ganzes Feld von Energieformen, die sich alle ineinander überführen lassen. Auch Albert Einstein konnte nach seiner Einführung der Äquivalenz von Masse und Energie die Energieerhaltung nachvollziehen. Bei Ladungen oder Drehimpulsen spielen Erhaltungssätze ebenso eine dominante Rolle. In der Kernphysik wurde auch schon aufgrund von Erhaltungssätzen die Existenz von Elementarteilchen gefordert, die erst später experimentell nachgewiesen werden konnten. Der Impuls ist als Produkt aus Masse mal Geschwindigkeit eine wichtige Erhaltungsgröße, die z. B. bei der Analyse von Stößen zwischen Billardkugeln, Automobilen und subatomaren Teilchen in Kernreaktionen ebenso hilfreich zur Geltung kommt wie bei der Untersuchung von düsengetriebenen Flugzeugen oder Raketen sowie beim Rückstoß eines Gewehres. Entscheidend ist bei der Beobachtung dieser erwähnten Vorgänge, dass sowohl Energie- als auch Impulserhaltungssatz gleichzeitig gelten müssen.

netzwerk lernen
zur Vollversion

M 1 Überlegungen und Experimente

1. Ein Duschkopf hängt beweglich an einem Wasserschlauch.
   a) Beschreiben Sie, wie sich die Position des Duschkopfes beim Aufdrehen des Wassers verändert. Begründen Sie Ihre Beobachtung.
   b) Nun wird bei laufendem Wasserstrahl knapp vor den Duschkopf eine zum Wasserstrahl senkrechte Platte gehalten.
   Erläutern Sie den Einfluss auf den Duschkopf.

Abb. 1; © Antagain/iStock/Getty Images Plus

2. Blasen Sie einen Luftballon auf und lassen Sie ihn anschließend los. Erläutern Sie Ihre Beobachtung.

3. In Spielzeuggeschäften oder Shops für physikalisches Experimentiermaterial sind kleine Raketen erhältlich, die man durch ein Ventil z. B. mit einer Luftpumpe mit Luft befüllen kann, sodass im Inneren ein Überdruck entsteht. Diese Spielzeugrakete ist so fest mit einem Startgestell verbunden, dass zunächst keine Luft austreten kann. Das Gestell wird durch Betätigung eines Mechanismus gelöst, sodass am Boden der Rakete Luft austreten kann. Beschreiben Sie den zu beobachtenden Vorgang.

4. Rakete und Düsenjet
   a) Beschreiben Sie aus der Sicht der Impulserhaltung den Start einer Rakete in das Weltall.
   b) Überlegen Sie, wie sich die Bahn einer Rakete im Weltall verändern lässt.
   c) Beschreiben Sie aus der Sicht der Impulserhaltung, wie sich ein Düsenjet in der Luft fortbewegt.
   d) Begründen Sie, weshalb sich ein Düsenjet nicht im Weltall fortbewegen kann.

5. Erklären Sie, welche physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei der Beurteilung der Reißfestigkeit eines Bergseils zum Tragen kommen. Verwenden Sie in Ihrer Antwort den Begriff des Kraftstoßes.

VORSCHAU

© RAABE 2020

netzwerk lernen
zur Vollversion

M 2 Einfache Berechnungen

1. Aus einem Gewehr der Masse 6,0 kg wird eine Kugel der Masse 12 g mit einer Geschwindigkeit von 900 $\frac{m}{s}$ abgefeuert.
   a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Gewehrs durch den Rückstoß.
   b) Der Rückstoß wird mit einer Gegenkraft von 90 N abgebremst. Berechnen Sie die dazu nötige Zeit.
   c) Berechnen Sie den dafür nötigen Weg.

2. Ein leerer Güterwaggon der Masse 16 t rollt auf einem horizontal liegenden Gleis mit der konstanten Geschwindigkeit von 7,0 $\frac{m}{s}$. Von einem über dem Waggon befindlichen Füllhorn fallen 6,0 t Sand mit hoher Geschwindigkeit in den Waggon.
   a) Geben Sie an, um welche Art von Stoß es sich handelt.
   b) Ermitteln Sie die Geschwindigkeit des Waggons nach dem Befüllen.
   c) Berechnen Sie auf der horizontalen Strecke den Unterschied der kinetischen Energien vor und nach dem Stoß.

3. Aus einem Boot der Masse 180 kg springt ein junger Mann der Masse 80 kg mit einem flachen Startsprung ins Wasser, wobei das Boot eine Rückstoßgeschwindigkeit von 0,80 $\frac{m}{s}$ erhält. Die Absprungdauer beträgt 0,30 s.
   a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des abspringenden Mannes.
   b) Ermitteln Sie die mittlere Kraft, mit der der Absprung erfolgte.
   c) Geben Sie den Kraftstoß auf das Boot beim Absprung an.

4. Berechnen Sie kinetische Energie und Impuls
   a) eines Protons, das mit der Spannung $U = 100\ V$ beschleunigt wurde.
   b) eines Elektrons, das mit der Spannung $U = 10^6\ V$ beschleunigt wurde.

   Hinweis: Elementarladung $e = 1{,}6022 \cdot 10^{-19}\ C$
   Ruhemasse des Protons $m_p = 1{,}67262 \cdot 10^{-27}\ kg$
   Ruhemasse des Elektrons $m_e = 9{,}1094 \cdot 10^{-31}\ kg$

© RAABE 2020

VORSCHAU

netzwerk lernen
zur Vollversion

M 3 Der Formelapparat

1. Zeigen Sie anhand des zugehörigen Formelapparates, dass die Formulierungen, wie sie aus der klassischen Physik bekannt sind, in den folgenden Teilaufgaben jeweils gleichwertig sind:
   a) Das 2. Newton'sche Gesetz lässt sich auf zweierlei Arten formulieren:
   „Kraft ist Masse mal Beschleunigung" oder
   „Kraft ist Impulsänderung im Verlauf der Zeit".
   b) Ein Kraftstoß ist gleich der Impulsänderung.

2. Zwei Kugeln mit den Massen m_1 und m_2, die die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 besitzen, stoßen zentral aufeinander. Im Folgenden werden nur nichtrelativistische Berechnungen betrachtet.
   a) Leiten Sie mithilfe des Impulserhaltungssatzes eine Formel für die Geschwindigkeit u nach einem völlig unelastischen Stoß her.
   b) Leiten Sie mithilfe von Impuls- und Energieerhaltung Formeln für die Geschwindigkeiten u_1 und u_2 nach einem völlig elastischen zentralen Stoß her.

3. In der nebenstehenden Abbildung werden links zwei Kugeln gleichzeitig ausgelenkt und anschließend losgelassen. Nach dem Aufprall mit der Geschwindigkeit v auf die zunächst ruhenden Kugeln werden rechts zwei Kugeln mit der Geschwindigkeit v abgestoßen.
   Begründen Sie durch Rechnung, dass es nicht möglich ist, dass auf der rechten Seite nur eine Kugel mit doppelter Geschwindigkeit 2 v abgestoßen werden kann.

   Hinweis:
   Alle Kugeln haben die gleiche Masse m.

Abb. 2; © Atomic Imagery/DigitalVision/Getty Images Plus

4. Beim Tennis schlägt ein Ball mit der Geschwindigkeit v auf den Schläger und kommt mit der Geschwindigkeit –v zurück.
   Bestimmen Sie die Impulsänderung.

© RAABE 2020

VORSCHAU

netzwerk lernen
zur Vollversion