



Universität Stuttgart

Was schwingt denn da?

Phänomene rund
um Pendel und
Schwingungen

Spiel^{der}Kräfte

Inhalt



Liebe Besucherinnen und Besucher!	4
Grundlagenforschung zum Anfassen	5

Experimentierstationen

Seismograph.....	6
Harmonograph	7
Pendelwelle.....	8
Chaospendel	9
Wasserspringschale.....	10
Chladnische Klangfiguren	11
Schallplattenspieler	12
Polarisationstisch.....	13
Polarisationsdreher	14

Selber ausprobieren

Für Zuhause - Figuren im Sand.....	15
Für Zuhause - Gekoppelte Pendel	16
Für Zuhause - Pendelstab.....	17
Für Zuhause - Lichtkunst	18
Für Zuhause - Mit der Stimme malen	19
Fundgrube Physik	20
Impressum	21
Platz für Notizen.....	22



ALBERT EINSTEIN

*„Spiel ist die höchste Form der
Forschung“*

Schwingungen und Wellen sind allgegenwärtige Phänomene. In der Wissenschaft sprechen wir immer davon, wenn sich etwas in regelmäßigen zeitlichen oder räumlichen Abständen wiederholt. Beispiele kennst du aus dem Alltag – Pendel, Wasserwellen, Schall oder aber auch Licht.

Schwingungen und Wellen nutzen wir, wenn wir ein Instrument spielen oder wenn wir in der Medizin mit Ultraschall das innere des Körpers sichtbar machen. Manchmal wollen wir ihre Entstehung und Ausbreitung auch verhindern. Beim Auto- oder Bahnfahren soll es z. B. möglichst leise sein. Das gelingt uns nicht immer und manchmal zeigt uns die Natur, dass wir nicht alles beherrschen können: Bei Erdbeben wackelt alles. Der Boden bebt und kann Häuser zum Einsturz bringen. Diese Schwingungen können wir mit einem Seismometer messen und so Informationen über das Erdinnere gewinnen. Bebt die Erde auf der anderen Erdhalbkugel, können wir die Wellen sogar noch bei uns in Stuttgart nachweisen.

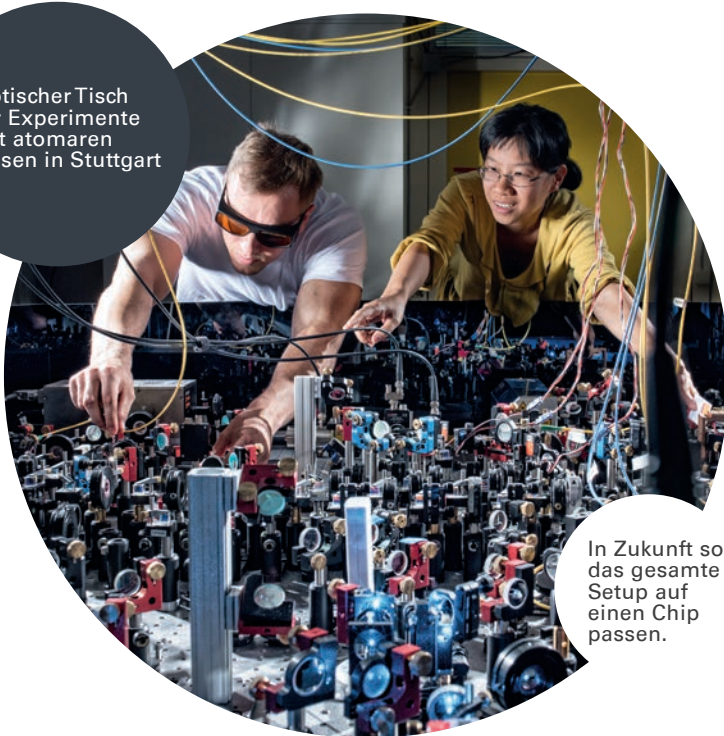
Periodische Vorgänge – egal ob Schwingungen oder Wellen – sind einfach überall, mal winzig klein oder riesig groß. Die Ausstellung heute gibt dir einen kleinen Einblick in diese Welt und Anregungen, wie du zuhause selbst Schwingungen und Wellen entdecken kannst.

Viel Spaß beim Experimentieren!

Ihr Team vom
Schülerlabor „Spiel der Kräfte“ und der
Abteilung Physik und ihre Didaktik

Wissenschaft begreifen mit allen Sinnen

Optischer Tisch
für Experimente
mit atomaren
Gasen in Stuttgart



In Zukunft soll
das gesamte
Setup auf
einen Chip
passen.

„SPIEL DER KRÄFTE“
AUSSTELLUNG UND
SCHÜLERLABOR

PHYSIK UND IHRE
DIDAKTIK

Seit 2003 entwickeln wir Experimentierstationen zu physikalischen Phänomenen, die auch für die Grundlagenforschung in unseren Labs relevant sind. Schüler*innen und interessierte Besucher*innen sind eingeladen, selber zu experimentieren, mit Wissenschaftler*innen ins Gespräch zu kommen und Forschung hautnah zu erleben.

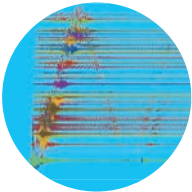
Seit 2016 sind die neu gegründete Abteilung Physik und ihre Didaktik und das Schülerlabor in das MINT-Cluster des Verbundprojekts „Lehrerbildung PLUS“ der lehrerbildenden Hochschulen in der Region Stuttgart eingebunden und bieten zukünftigen Lehrer*innen eine einzigartige Lern- und Lehrplattform. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert PLUS im Rahmen der „Qualitäts-offensive Lehrerbildung“.

Seismograph

Lass die Erde durch Hüpfen oder sanftes Rütteln am Tisch beben.



Der Seismograph zeichnet die Schwingung auf, die du beim Hüpfen ausgelöst hast.



Das große Seebeben vom 26.12.2004 in der Nähe von Sumatra wurde von verschiedenen Seismographen auf der Welt aufgezeichnet.

Wie funktioniert's

Das Herzstück eines Seismographen ist die sogenannte seismische Masse. Sie ist möglichst frei gelagert, damit sie sich bei Erschütterungen nicht mitbewegt und wird gründlich vor Störeinflüssen wie Temperaturschwankungen, Strahlung oder magnetischen Feldern geschützt. Auf diese Weise lassen sich die Schwingungen der Erde als relative Bewegungen zur seismischen Masse messen und aufzeichnen. Obwohl es so aussieht als würde sich die Masse bewegen, ist es tatsächlich die Umgebung, die hin- und herschwingt.

Unser Aufbau überträgt Erschütterungen über einen Stift auf Papier. Die meisten modernen Apparate werten Signale aber elektrisch aus. Die Signale, die ein Seismograph aufzeichnet, haben zwei wesentliche Merkmale: Zum einen die Frequenz – also wie schnell sich der Stift hin und her bewegt – und zum anderen die Amplitude – also die maximale Auslenkung des Stifts aus der Mitte. Moderne Seismographen können Frequenzen von 10 Schwingungen pro Sekunde bis hin zu ungefähr einer Schwingung pro Stunde messen.

Im Alltag

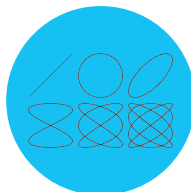
Seismographen werden für unterschiedlichste Zwecke eingesetzt. Sie registrieren Erdbeben und sind wichtiger Bestandteil von Katastrophenwarnsystemen weltweit. Sie liefern Wissenschaftler*innen Informationen über die Prozesse im Inneren der Erde oder geben Aufschluss über durchschnittliche Erschütterungen eines bestimmten Standorts. Gute Seismographen können sogar die Gezeitenbewegungen der Weltmeere überall auf der Erde messen.

Harmonograph

Setze beide Pendel in Bewegung und der Stift zeichnet Dir schöne Muster.



Die interessantesten Bilder entstehen, wenn du die Bewegungsrichtung der Pendel nach der ersten Auslenkung mit einem Schubs änderst.



Lissajous-Figuren sind das Ergebnis von zwei rechtwinklig aufeinander-treffenden Sinuskurven.

Wie funktioniert's

Die Platte und der Stift sind an Pendeln befestigt, die sich unabhängig voneinander in Schwingung versetzen lassen. Lenkt man beide Pendel aus und lässt sie los, schwingt jedes von ihnen nur entlang einer Linie. Da die beiden Pendel mit unterschiedlichen Frequenzen schwingen, überlagern sich die Bewegungen des Stiftes und der Platte. Es entstehen so genannte Lissajous-Figuren, benannt nach dem französischen Physiker Jules Antoine Lissajous (1822-1880).

Die Reibung zwischen Stift und Papier dämpft die Bewegung, die vom Stift gezeichnete Figur wird mit der Zeit immer kleiner.

Lissajous-Figuren lassen sich nicht nur mit Stift und Papier, sondern auch mit einfachen Laserpointern und rotierenden Spiegeln erzeugen.

In der Forschung

Einige der Muster, die du mit dem Harmonograph erstellt hast, könnten auch auf einem Oszilloskop erscheinen. Ein Oszilloskop ist ein Laborgerät, das elektronische Signale analysiert und in Wellenform darstellt. Die Position eines Punkts auf dem Display kann durch zwei Signale beeinflusst werden. Eines führt zu einer vertikalen Bewegung, das andere zu einer horizontalen Bewegung. Das Oszilloskop visualisiert die Beziehung zwischen zwei Wellenformen. Die Einspeisung der Signale in die X- und Y-Treiber des Oszilloskops ergibt eine Lissajous-Figur. Das Verhältnis von einer Achse der Ellipse zur anderen gibt die relative Amplitude der beiden Signale an. Bei Schallsignalen z.B. wird sichtbar, welches lauter ist.

Pendelwelle

Erzeuge faszinierende Wellenmuster mit Pendeln unterschiedlicher Länge.



Kurz nach dem du die Pendelreihe in Schwung versetzt hast, wird aus der geraden Pendellinie eine Pendelwelle.



Pendelwelle-Variation: Die Pendelreihe erscheint auf den ersten Blick ähnlich, verhält sich aber völlig anders.

Wie funktioniert's

Lenke die Kugelpendel mit Hilfe des Brettes gleichmäßig aus. Lasse sie dann los und frei schwingen. Sei geduldig und beobachte die Pendelschwingungen ohne einzugreifen. Schwingen alle Pendel gleich? Wie entwickeln sich die Schwingungen der verschiedenen Pendel mit der Zeit? Kannst du Bewegungsmuster entdecken?

Die Schwingungsdauer eines Pendels wird von seiner Länge bestimmt. Da die hier in einer Reihe aufgehängten Pendel unterschiedliche Längen haben, haben sie unterschiedliche Schwingungsdauern. Wenn du diese Pendel zusammen auslenkst und gleichzeitig loslässt, schwingen sie zwar anfangs in einer geraden Reihe, aber ihre Bewegungen laufen wegen der unterschiedlichen Schwingungsdauern rasch auseinander. Die Pendellängen sind so aufeinander abgestimmt, dass sich immer wieder gut erkennbare Muster ergeben. Sind die Pendel noch nah beieinander, siehst du eine Wellenbewegung, später erscheinen die Bewegungen ungeordnet und scheinbar chaotisch oder sie ergeben ein neues Muster, bis sie dann nach einiger Zeit den Tanz von vorne beginnen. In Wirklichkeit ist die Bewegung eines jeden Pendels allein durch die erste Auslenkung bestimmt und ab diesem Zeitpunkt mit einer einfachen Formel zu berechnen. Auch bewegt sich jedes Pendel unabhängig von den anderen.

Stellt man den Pendelfäden ein treppenförmiges Brett in den Weg, verändert sich die Schwingung für jede einzelne Kugel. Beobachte, was passiert. Wie wurden die Treppenstufen aufeinander abgestimmt?

Chaospendel

Kannst du die Pendelbewegungen vorhersagen?



Verändere die Startposition, an der du den Pendelarm los lässt. Kannst du den Bewegungsablauf der Pendelarme vorhersagen?



Die Abbildung zeigt die Simulation einer möglichen Spur des Pendelarms unseres Chaospendels. Bei der kleinsten Änderung der Startposition würde das Muster völlig anders aussehen.

Wie funktioniert's

Lenke das Pendel zunächst nur leicht aus und lasse es los.

Theoretisch lässt sich die Bewegung eines Doppelpendels bei bekanntem Startpunkt mit zwei einfachen Gleichungen beschreiben, jeweils eine Gleichung pro beweglichem Teil. Unser Doppelpendel besitzt zwei sogenannte Freiheitsgrade, nämlich die »frei wählbaren« Auslenkungswinkel der beiden Pendelarme. Mit diesen beiden Winkeln kann man jede beliebige Position, in der sich das Doppelpendel befinden kann, exakt beschreiben.

Sobald du das Pendel in Schwingung versetzt, kann ein Pendelarm seine Bewegungsenergie auf den anderen Pendelarm übertragen und umgekehrt, da die Arme miteinander verbunden (gekoppelt) sind. Bereits minimale Abweichungen in den Startbedingungen können in einem gekoppelten System wie dem Doppelpendel zu vollkommen unterschiedlichen Bewegungsabläufen führen.

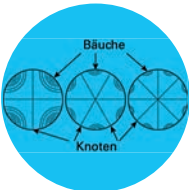
Dies ist ein Beispiel dafür, wie sich das Verhalten eines physikalischen Systems zwar prinzipiell (durch die zwei Gleichungen bei bekannten Startwerten) exakt vorhersagen lässt, dies aber in der Praxis nicht möglich ist, weil die Bewegung des Doppelpendels extrem empfindlich von den Details des Startzustandes abhängt. Dies nennt man deterministisches Chaos: Zwar ist die Bewegung eigentlich vorherbestimmt (»determiniert«), aber da man die Startbedingungen nicht exakt kennt bzw. einstellen kann, ist die sich ergebende Bewegung nicht vorhersagbar, sondern chaotisch. Der sogenannte Schmetterlingseffekt, nach dem der Flügelschlag eines Schmetterlings in Brasilien einen Tornado in Texas »verursachen« kann, beruht ebenfalls auf deterministischem Chaos.

Wasserspringschale

Reibe die Griffe der Schale bis sich die Wasseroberfläche kräuselt.



Mit feuchten Händen klappt es am besten und du kannst das Wasser bis zu 30 cm hoch springen lassen.



Entlang der Knotenlinien kräuselt sich das Wasser kaum, an den sogenannten Bäuchen kräuselt es sich besonders stark.

Wie funktioniert's

Zuerst ertönt ein dröhnendes tiefes Geräusch und du spürst die entstehenden Schwingungen, die bald als Kräuseln auf der Wasseroberfläche sichtbar sind.

Die Schale wird in Schwingung versetzt, weil die Hände beim Reiben an den Griffen kurz festkleben und dann ein kleines Stück weiter rutschen. Das passiert so schnell und so oft im Wechsel, dass wir es nicht sehen können. Die Schwingungen der Schale werden auf das Wasser übertragen. Die Wellen, die an den Rändern ausgelöst werden, treffen aufeinander und überlagern sich. Trifft ein Wellenberg auf ein Wellental, löschen sie sich aus und das Wasser erscheint glatt (Knoten). Treffen zwei Wellenberge aufeinander, türmen sie sich auf und das Wasser kräuselt sich oder springt in die Höhe (Bauch).

Neben einem tiefen Grundton kannst du der Schale mit etwas Geschick und Übung noch eine Reihe von Obertönen entlocken. Je nachdem wie du reibst, entstehen unterschiedlich viele Knoten und Bäuche. Wenn die Schale langsam schwingt, entstehen vier Bäuche, an denen sich das Wasser kräuselt. Schwingt sie schneller werden sechs oder sogar acht Bäuche sichtbar und der Ton wahrnehmbar höher. Versuche die Griffe mit unterschiedlichen Techniken zu reiben: Mit der ganzen Handfläche (synchron/gegenläufig), nur mit Teilen der Handinnenflächen, mit den Fingerkuppen oder indem du einen Griff reibst und den anderen festhältst und damit dämpfst.

Das Prinzip ist das gleiche wie bei einem gefüllten Weinglas, wenn du mit dem Finger über den Rand streichst.

Chladnische Klangfiguren

Streue Sand auf die Metallplatte und streiche mit dem Bogen über die Kante.



Filigrane Muster erzeugst du, wenn du die Platte mit dem Bogen mit wenig Druck nur ganz zart und gleichmäßig anstreichst.

Wie funktioniert's

Versuche mit dem Bogen möglichst gleichmäßig von oben nach unten, mit leichtem Druck und immer am selben Punkt der Kante zu streichen. Wie viele verschiedene Muster kannst du erzeugen?

Das Anstreichen versetzt die Platte je nach Form in charakteristische Schwingung. Wo sie stark schwingt, hüpfen die Sandkörner und sammeln sich an den Stellen, wo sie in Ruhe ist. Je nach Druck und Position des Bogens wird die Platte mit verschiedenen Frequenzen angeregt und die unterschiedlichsten Muster entstehen. Je höher der Ton, je mehr Knotenlinien bilden sich aus und das Muster wird filigraner. Streichst du die Platte mit mehr Druck an, hörst du tiefere Töne und im Sandmuster zeichnen sich weniger Knotenlinien ab.



Die Abbildung zeigt das Resonanzbild auf dem Gitarrendeckel, wenn es mit 509 Hertz beschallt wird.

Namensgeber der Chladnischen Klangfiguren ist der deutsche Physiker und Astronom Ernst Florens Friedrich Chladni, der 1787 in der Schrift „Entdeckungen über die Theorie des Klanges“ erstmals Klangfiguren darstellt und beschreibt, wie man sie erzeugen kann.

Im Alltag

Beim Bau von Musikinstrumenten, z. B. Gitarren, werden so die auftretenden Schwingungen sichtbar gemacht und optimiert.

Schwingungsmuster werden aber nicht nur im Sand sichtbar wie der Versuch „Wasserspringschale“ in der Ausstellung zeigt.

Schallplattenspieler

Kannst du Rillen in der Schallplatte hörbar machen?



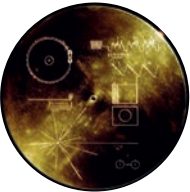
Mit einfachen Mitteln, zum Beispiel einem Blatt Papier, kannst du das Prinzip eines Grammophons nachahmen.

Wie funktioniert's

Die Schallplatte ist mit einem Wellenmuster beschrieben. Wenn du eine Papierspitze vorsichtig auf eine Rille der Schallplatte setzt, fährt sie dieses Muster ab. Das Papier wird durch das Wellenmuster in Schwingung versetzt und wirkt als Resonator. Du kannst das Muster hören. Probiere auch die anderen „Tonabnehmer“ aus. Welcher erzeugt die beste Tonqualität?

Im Alltag

Im Jahre 1889 gab es die erste Serienfertigung von Schallplatten. Abgespielt wurden sie auf einem Grammophon. Eine kleine Nadel fährt über das eingeprägte Muster in den Rillen und überträgt dabei die entstehenden Schwingungen an einen Trichter. Dieser verstärkt die Schwingungen, so dass wir sie hören. Moderne Abspielgeräte benutzen elektrische Signalwandlung und haben dadurch deutlich bessere Tonqualität.

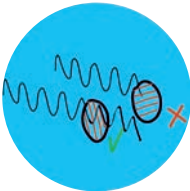


Auf der Goldenen Platte, die sich an Bord der interstellaren Raumsonden Voyager-1 und 2 befinden, werden Bild- und Audiobotschaften der Erdenmenschen ins Weltall geschickt.

Entdecke mit Polarisationsfiltern schöne Farben im Kunststoff.



Polarisationsfilter machen Spannungen in transparentem Plastik sichtbar und erzeugen ein farbenfrohes Muster.



Polarisiertes Licht passiert den Filter nur, wenn die Wellen in der Richtung schwingen, die der Filter zulässt.

Wie funktioniert's

Eine Lichtwelle schwingt senkrecht zu ihrer Ausbreitungsrichtung und bevorzugt dabei keine Richtung (unpolarisiertes Licht). Fällt Licht durch einen Polarisationsfilter, kommt nur der Teil durch, der in der vom Filter vorgegebenen Richtung schwingt (polarisiertes Licht). Zwei gegeneinander verdrehte Filter lassen einmal viel und einmal wenig Licht durch. Wenig Licht heißt, die Filter stehen senkrecht aufeinander.

Im Alltag

Im Handydisplay werden mit dieser Technik helle und dunkle Pixel erzeugt. Was macht nun den transparenten Kunststoff bunt? Materialien, die unter Spannung stehen, können je nach Farbe des Lichts dessen Polarisation mehr oder weniger verdrehen. So erscheinen Plastikteile zwischen gekreuzten Polarisatoren und weißem Licht farbig. Dieser Effekt wird auch in der Materialprüfung genutzt.

Wo finden wir polarisiertes Licht? Sonnenlicht ist unpolarisiert. Auf dem Weg durch die Atmosphäre wird es jedoch an den Molekülen der Luft gestreut und dabei teilweise polarisiert. Fällt Sonnenlicht aufs Wasser, wird es als polarisiertes Licht reflektiert und wir werden geblendet. Fischreier können das polarisierte Licht herausfiltern und blendfrei bis auf den Grund sehen. Wir nutzen Polarisationsfilter daher auch für Sonnenbrillen und überall dort, wo Blendfreiheit gefragt ist.

Polarisationsdreher

Nutze Polarisationsfilter um Licht zu drehen.



Gelingt es dir, die Polarisationsfilter so einzustellen, dass das Licht am Ende wieder durch kommt?

Wie funktioniert's

Eine Lichtwelle schwingt senkrecht zu ihrer Ausbreitungsrichtung und bevorzugt dabei keine Richtung (unpolarisiertes Licht). Fällt Licht durch einen Polarisationsfilter, kommt nur der Teil durch, der in der vom Filter vorgegebenen Richtung schwingt (polarisiertes Licht). Zwei gegeneinander verdrehte Filter lassen einmal viel und einmal wenig Licht durch. Wenn die Filter genau senkrecht zu einander stehen, kommt am wenigsten Licht durch.

Versuche alle Polarisationsfilter so einzustellen, dass trotzdem noch Licht durchkommt, obwohl der erste und der letzte Filter genau senkrecht zu einander ausgerichtet sind.

Trifft polarisiertes Licht auf einen Polarisationsfilter, der nur ein wenig gedreht ist, so lässt er noch relativ viel Licht durch. Dieses Licht hat nach dem Passieren aber eine neue Polarisationsrichtung angenommen, nämlich die des gerade passierten Filters. Das Licht ist also etwas dunkler als vorher, aber auch etwas gedreht. Wiederholen wir diesen Ablauf mehrmals, drehen wir die Polarisationsrichtung des Lichtes Stück für Stück weiter, verlieren aber bei jedem Schritt auch immer etwas Intensität. Sind die Schritte klein genug, so bleibt das Licht aber gut sichtbar und hell genug. Denn die Abnahme der Intensität ist bei kleinen Winkeln klein und nimmt bei größeren Winkeln dann deutlich schneller zu, bis dann bei 90° fast nichts mehr durchkommt.

Lass das Pendel für dich malen.

Sandpendel

Eine mit Sand gefüllte Flasche raffiniert aufgehängt und angeschubst zaubert tolle Sandmuster auf den Boden.

Du brauchst

1 x PET-Flasche
1 x Cutter oder spitze Schere
1 x Bohrer
Faden oder Schnur
feinen Sand



Besonders raffinierte Muster erhältst du, wenn du das Pendel an zwei Punkten V-förmig aufhängst.

So wird's gemacht

Schneide mit dem Cutter vorsichtig den Boden der PET-Flasche ab. Bohre seitlich drei Löcher in die Plastikwand, so dass du den Faden durchziehen kannst. Die Flasche wird an den Fäden mit dem Deckel nach unten aufgehängt. Bohre mit einem feinen Bohrer ein Loch mit einem Durchmesser von ca. 4 mm in den Deckel, damit der Sand aus der Flasche rieseln kann. Wenn du groben Sand verwendest, dann sollte das Loch

entsprechend etwas größer sein.

Der Sand sollte trocken, fein und gut rieselfähig sein.

Probier's aus und beobachte

Hänge das Flaschenpendel an einem Punkt auf, so dass die Flasche nah über dem Boden schwingen kann und fülle sie mit feinem Sand. Ein Klebestreifen über dem Loch im Deckel verhindert, dass der Sand gleich aus der Flasche rieselt. Nun lässt du die Flasche gleichmäßig schwingen. Der Sand bildet eine Spur und du kannst sehen, welchen Weg die Flasche beim Pendeln genommen hat.

Was steckt dahinter?

Je nach dem ob du die Flasche in einer Linie hin und her (linear) oder kreisförmig schwingen lässt, ergeben sich andere Muster. Da die Reibung in der Luft die Bewegung immer mehr abschwächt, wird die Spur immer enger gezogen bis sie ganz zum Ruhen kommt. Interessante Effekte erhältst du, wenn du dein Pendel nicht nur an einem Punkt aufhängst, sondern an zwei Punkten, so dass sich ein V ergibt, an dessen Spitze die Flasche hängt. Das Pendel schwingt nun in zwei verschiedene Richtungen und mit unterschiedlichen Längen - in der einen Richtung dauert eine Schwingung hin und zurück länger als in der anderen. Die Sandfiguren, sogenannte Lissajous-Figuren, könntest du bereits beim Harmonograph beobachten.

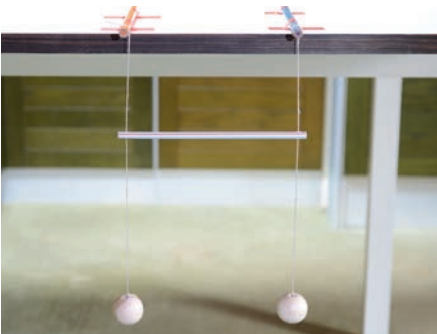
Dem Geheimnis von Resonanz auf der Spur.

Gekoppelte Pendel

Bringe zwei Perlen zum Schwingen, obwohl du nur eine angeschubst hast.

Du brauchst

2 x Holzperlen/-kugeln
dünne Schnur oder Faden
2 x Stifte
Klebeband
1 x Trinkhalm
1 x Schere/Cutter



Nutze die Resonanz und beobachte, wie die beiden Perlen im Wechsel schwingen.

So wird's gemacht

Befestige zwei Stifte mit Klebeband auf dem Tisch, so dass sie leicht über die Kante ragen. Schneide zwei gleich lange Fäden zu (20-30 cm) und binde an die Fadenenden eine Holzkugel. Die anderen Enden befestigst du an den überstehenden Stiften. Platziere die Knoten so, dass beide Kugelpendel am Ende gleich lang sind. Kürze einen Trinkhalm auf circa 15 cm und schnei-

de in die Enden jeweils einen kleinen Schlitz. So kannst du den Trinkhalm als Verbindungselement zwischen den beiden Pendeln in den Fäden klemmen.

Probier's aus und beobachte

Zieh eine der Kugeln etwas zu dir her und lasse sie los. Nach dem sie ein paar mal hin und her gependelt ist, fängt die zweite Kugel an zu schwingen mit der gleichen Frequenz wie die erste Kugel. Bei jedem Schwingen gewinnt die zweite Kugel an Schwung und Höhe bis schließlich beide Kugel im Takt schwingen — in Physiksprache ausgedrückt schwingt das zweite Pendel in Resonanz mit dem ersten Pendel.

Was steckt dahinter?

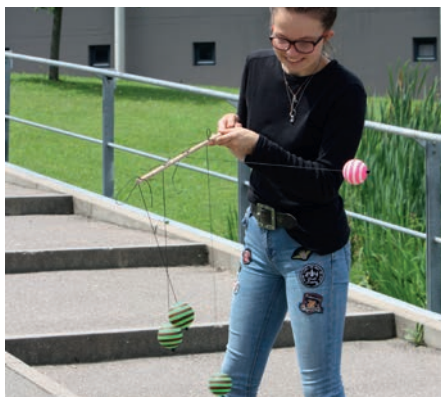
Wenn du eine der Perlen auslenkst und los lässt, schwingen die Perle und der Strohhalm am einen Ende in der gleichen Frequenz hin und her. Bei jedem Hin und Her bekommt die andere Perle einen kleinen Schubs über den Strohhalm. Da beide Perlen gleich lang aufgehängt sind, schubst das eine Pendel das andere im gleichen Rhythmus und in der natürlichen Frequenz des anderen Pendels. Während die andere Kugel immer höher schwingt, verlangsamt sich die andere bis sie zum Stillstand kommt und nur noch die andere schwingt. Das Spiel beginnt von vorne.

*Bau dir ein Geschicklichkeitsspiel.***Die Herausforderung**

Nur ein Ball darf schaukeln, die anderen müssen in Ruhe bleiben, obwohl sie alle an einem Stab hängen.

Du brauchst

4 x Tischtennisbälle
1 x spitze Schere
1 x Stab
Schnur



Nur eine der Kugeln darf schwingen.

sodass die Bälle alle in unterschiedlichen Höhen hängen.

Probier's aus und beobachte

Das Ziel ist es, den Stab so zu schwingen, dass nur ein einziger Ball schaukelt.

Was steckt dahinter?

Das ist gar nicht so einfach! Warum ist das überhaupt möglich? Das liegt daran, dass die Bälle nur dann immer stärker anfangen zu schaukeln, wenn wir den Stab mit der richtigen Frequenz hin und her bewegen. Durch die unterschiedlich langen Schnüre sind diese erforderlichen Frequenzen aber verschieden. Also bekommt nur einer der Bälle im richtigen Moment neuen Schwung.

So wird's gemacht

Schneide oder bohre in die Bälle vorsichtig jeweils zwei kleine Löcher, die sich gegenüberliegen. Das geht zum Beispiel mit einer spitzen Schere oder einem Bohrer. Dann zieh die Schnur durch den Ball und befestige ihn daran. Wenn das Loch ein kleines bisschen größer ist, geht es natürlich deutlich leichter. Befestige die Schnüre in gleichen Abständen von ca. 15 cm am Stab,

Bastle dir ein Kunstobjekt aus Tesafilm und Polarisationsfiltern.

Polarisationsfilter

Mit einer 3D-Brille, wie du im Kino bekommst, kannst du unsichtbare Strukturen im Kunststoff sichtbar machen.

Du brauchst

1 x CD-Hülle
Tesafilm
Bildschirm
3D-Brille

So wird's gemacht

Nimm eine CD-Hülle oder irgendein anderes transparentes Stück Plastik und klebe darauf ein sternförmiges Muster aus Tesastreifen. Schalte den Bildschirm an und suche dir ein möglichst einfarbiges oder weißes Hintergrundbild. Im Idealfall kannst du die CD-Hülle einfach am Bildschirm anlehnen.

Probier's aus und beobachte

Betrachte das Muster einmal durch das linke, einmal durch das rechte Brillenglas. Du wirst merken, dass sich die Farben des Musters verändern.

Teste auch einfarbige Hintergründe, z.B. Rot, Grün, Blau oder Mischfarben. Was stellst du jetzt fest?

Was steckt dahinter?

Licht ist eine elektromagnetische Welle. In dieser schwingen elektrische und magnetische Felder, die eine Ausrichtung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung und senkrecht zueinander haben.

Man nennt dies Polarisation. Der Bildschirm ist mit einer Polarisationsfolie versehen und sendet nur Licht einer Polarisationsrichtung aus. Beim Durchgang durch die CD-Hülle wird die Richtung gedreht. Das geschieht für jede Wellenlänge, also jede Farbe, anders. Die Gläser der 3D-Brille sind ebenfalls Polarisationsfilter. Sie lassen das Licht nur polarisationsabhängig durch und das farbige Muster entsteht.



Teste verschiedene Hintergründe und Tesastreifenmuster für dein Kunstwerk.

Der Tesastreifen ändert die Polarisationsrichtung ein weiteres Mal. Ohne Filter würde man dies aber nicht sehen. Mit Filter jedoch ergeben sich in den Bereichen mit Tesastreifen andere Farbmuster, die sich klar vom Hintergrund der CD-Hülle abheben.

Für Zuhause - Mit der Stimme malen

Mache deine Stimme im Sand sichtbar.

Tonoskop

Mit etwas Geschick und Übung kannst du mit deiner Stimme schöne Muster in den Sand singen.

Du brauchst

1x großen Becher oder Joghurteimer
1x leere Küchenrolle oder Papprohr
Klebestreifen
1x Gummifolie oder Latexhandschuh
Etwas feinen Sand oder Salz

So wird's gemacht

Schneide ein rundes Loch in die Seitenwand des Bechers, so dass die Röhre gerade reinpasst. Mit mehreren Klebestreifen befestigst du ringsherum das Rohr, so dass du gut in den Becher singen kannst, der Rand gut abgedichtet ist und das Rohr stabil sitzt. Jetzt kannst du die Gummifolie oder den Latexhandschuh oben über den Becher stülpen. Gut spannen, so dass sich eine schöne Membran ergibt. Befestige die Gummihaut entweder mit einem Haushaltsgummi oder mit Klebeband am Rand. Noch besser geht es mit dem Becherdeckel, in den du eine kreisrundes Loch mit ungefähr 0,5 cm Abstand zum Rand schneidest.

Probier's aus und beobachte

Streue etwas Sand oder Salz auf die Membran und singe einen Ton in das Rohr. Im Sand bildet sich nach kurzer Zeit ein Muster. Entsteht bei allen Tönen das gleiche oder kannst du unter-

schiedliche Muster erzeugen?

Was steckt dahinter?

Die Schallwellen deiner Stimme bringen die Membran zum Schwingen. An den Stellen, an denen sie besonders stark schwingt, hüpfen die Sandkörner herum. An manchen Stellen, den sogenannten Knoten, schwingt die Membran nicht. Dort sammelt sich der Sand und es wird dadurch eine grobe Linie sichtbar. Das Muster dieser Linien



Versuche Töne zu finden, die ein schönes Muster im Sand bilden. Das Muster wird klarer, wenn es dir gelingt den Ton zu halten.

ist abhängig davon, wie hoch der Ton ist, den du singst. Verschiedene Töne erzeugen auch unterschiedliche Muster. Tiefe Töne erzeugen einfachere und klare Muster. Je höher der Ton, desto interessanter und filigraner sind die Muster, die sich ausbilden.

Anregungen und Hintergrundwissen aus dem WWW.

Deutsche Webseiten

Experimentideen für kleine Forscher*innen

www.haus-der-kleinen-forscher.de
www.physikforkids.de
www.meine-forscherwelt.de/werkstatt/
www.labbe.de/zzebra/

Hintergrundwissen für kleine und große Forscher*innen

www.leifiphysik.de
www.weltderphysik.de
Quanten-Kati, YouTube

Englische Webseiten

Experimentideen, Videos für kleine und große Forscher*innen

www.exploratorium.edu/snacks
www.arvindguptatoys.com/toys.html
www.scienceathome.org/games/
www.kvantebanditter.dk/en/quantum-kate





Testlauf für das Sandpendel auf dem Campus.

Herausgeber

Universität Stuttgart
 „Spiel der Kräfte“
 Karin Otter
 Dr. Robert Löw
 Prof. Dr. Tilman Pfau

Physik und ihre Didaktik
 PD Dr. Holger Cartarius
 Dr. Ronny Nawrodt

Hinter den Kulissen

Malte Kasten, Amelie Katzke,
 Simon Koppenhöfer, Philipp Maurer,
 Benjamin Renz, Luca Schmidt,
 Christian Weller

Schreinerei der Universität |
 Andreas Hauke & Team,
 Mechanikwerkstatt des Fachbereichs
 Physik | Ralf Kamella & Team sowie die
 Vorlesungsvorbereitung des Fachbereichs
 Physik | Ulrich Schneider

Bilder

Frank Eppler (1,2,7,12)
 Uni Stuttgart, PI5 (3,10,11,13,14)
 Wolfram Scheible (5)
 Christian Weller (6,8,17)
 IRIS/USGS Global Seismographic
 Network (6)
 Wikipedia commons (7)
 Amelie Katzke (8,9,15,18,19-21)
 Benjamin Renz (9)
 Grafik- und Fotolabor Uni Stuttgart
 (10)
 Sebastian Schikora (11,16)
 NASA/JPL (12)

Kontakt

Universität Stuttgart

Schülerlabor „Spiel der Kräfte“
c/o 5. Physikalisches Institut
Pfaffenwaldring 57
D-70569 Stuttgart

Kontakt

Prof. Dr. Tilman Pfau
Dr. Robert Löw
Karin Otter
sdk@physik.uni-stuttgart.de

Abteilung Physik und ihre Didaktik
Pfaffenwaldring 57
D-70569 Stuttgart

Priv.-Doz. Dr. Holger Cartarius
Dr. Ronny Nawrodt (Professurvertreter)
didaktik@physik.uni-stuttgart.de

Stand

30. Juni 2018, Tag der Wissenschaft

<http://sdk.physik.uni-stuttgart.de>