



2017
highlights der **physik**

Struktur & Symmetrie

Aufgabenheft zur Ausstellung

Allgemeine Hinweise

Das große Ausstellungszelt ist täglich von 10:00 Uhr bis 18:00 Uhr geöffnet und bietet an über 50 interaktiven Ausstellungsständen spannende Einblicke in die Welt der Strukturen und Symmetrien in der Natur. Gezeigt wird ein breites Spektrum aktueller Forschung – von der Teilchenphysik bis zur Geophysik.

Die Ausstellung gliedert sich in vier Bereiche:

- ▶ **Bereich A:** Strukturen und Symmetrien in der Quantenwelt
- ▶ **Bereich B:** Strukturen und Symmetrien in der Nanowelt
- ▶ **Bereich C:** Strukturen und Symmetrien unseres Lebens
- ▶ **Bereich S:** Strukturen und Symmetrien im Laserlicht

mit einer didaktischen Einführung zu Strukturen und Symmetrien in der Natur.

Beachten Sie die Übersicht der Exponate auf Seite 4 - 5!

Hier kann Ihr/e Lehrer/Lehrerin für Sie wichtige Exponate markieren. Dieses Heft ist nicht als eigenständiges Lehrbuch zu verstehen, sondern es soll zur Auseinandersetzung mit der Thematik am Ausstellungsstand anregen. Erst durch die dort gebotenen Experimente, die Ausstellungstafeln und die Gespräche mit den Standbetreuern ergibt sich ein vollständiges Bild.



INFORMATIONEN

Die Highlights der Physik im Internet:
www.highlights-physik.de

Aufgabenheft (ab sofort) und Lösungen (ab dem 23.9.2017)
als PDF zum Download unter:
www.highlights-physik.de/kids-schule/lehrkraefte

Hinweis für Lehrkräfte

Vorschläge für Rundgänge durch die Ausstellung, um mehrere Exponate zu thematisch stimmigen Runden zu kombinieren. Auf der nächsten Doppelseite können Sie bestimmte Exponate markieren.

1) Symmetrien der Teilchenwelt

A3, A4, A5, A6, A11, S9, (A1, A2)

2) Unendliche Weiten – Symmetrien und Strukturen des Universums

A9, A10, A12, A6, A13

3) Symmetrien der Natur und des Lebens

C9, C10, C11, C12, C13, C14

4) Struktur der Materie

B1, B3a, B3b, B4, B5, B6, B7, B8, B13

5) Von Farbspielen bis zum Laser – Symmetrien und Strukturen des Lichts

(B10), B11, C10, S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S10

6) Was die Welt im Innersten zusammenhält – Strukturen der Erde

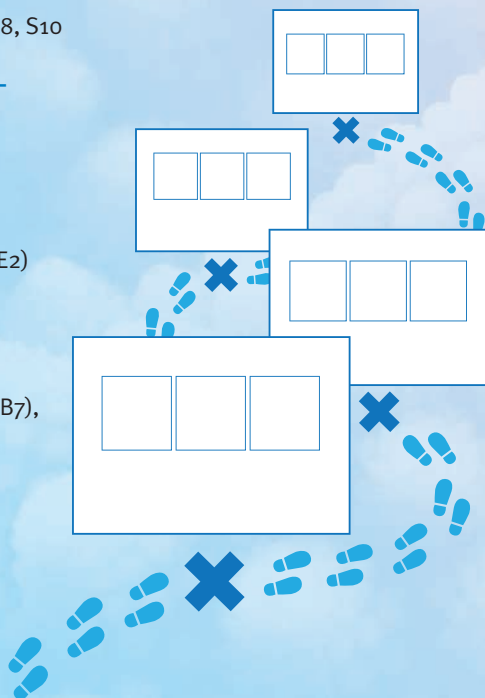
C5, C4, C6, C7, C8, C11, C12

7) Alles so schön bunt hier – Schönheit der Symmetrie

B9, B10, A8, C1, C2, C3, C10, C12, C14, (E1, E2)

8) Vom Kleinen zum Großen – Strukturen und Symmetrien in der Mikro- und in der Makrowelt

(A1, A7), A9, A10, A11, B1, (B3a/B3b/B4/B6/B7),
(C5, C6), C12, S1, S4, S9



Übersicht aller Exponate

Bereich E							
EINFÜHRUNG IN DIE WELT DER STRUKTUREN UND SYMMETRIEN							
E	Titel	Seite	☒	E	Titel	Seite	☒
1a	Schönheit der Strukturen	6		2a	Das Streben nach Symmetrie	7	
1b	Schönheit der Strukturen	6		2b	Das Streben nach Symmetrie	7	
Bereich A				Bereich B			
STRUKTUREN UND SYMMETRIEN IN DER QUANTENWELT				STRUKTUREN UND SYMMETRIEN IN DER NANOWELT			
A	Titel	Seite	☒	B	Titel	Seite	☒
1	Unsere Welt – alles bunter Quark?	8		1	Schön geordnet, oder nicht?	21	
2	Higgs & Co	9		3a	Strukturen mit Elektronen sehen	22	
3	Links oder Rechts?	10		3b	Strukturen mit Elektronen sehen	23	
4	Teilchen und Antiteilchen	11		4	Röntgenaugen für Strukturen	24	
5	Verwandlungskünstler Neutrino	12		5	Kohlenstoff: facettenreiche Schönheit	25	
6	Überall vorhanden	13		6	Strukturen oberflächlich betrachtet	26	
7	Symmetriekünstler	14		7	Tanz der Moleküle	27	
8	Größen, die die Welt regieren	15		8	Ich sehe was, was Du nicht siehst	28	
9	Strukturen am Himmel	16		9	Die Schönheit der Katastrophe	29	
10	... und die einen stehen im Dunklen	17		10	Ganz schön bunt hier	30	
11	Struktur der Materie	18		11	Strukturen aus Licht	31	
12	Quantengravitation	19		12	Faszination Physik im Experiment	32	
13	AstroMedia – Bastelspaß der Wissen schafft	20		13	Vom Silizium zum Chip	33	

Bereich C STRUKTUREN UND SYMMETRIEN UNSERES LEBENS				Bereich S STRUKTUREN UND SYMMETRIEN IM LASERLICHT			
C	Titel	Seite	☒	S	Titel	Seite	☒
1	Goldener Schnitt und die Welt der Zahlen	34		1	Einstein Symmetrie	48	
2	Alles fraktal oder was?	35		2	Laser - Ping - Pong	49	
3	Der Tanz der schwarzen Stacheln	36		3	2 × Rot = Grün	50	
4	Ganz schön attraktiv	37		4	Teilchen fangen mit Licht	51	
5	Harte Schale – magnetischer Kern	38		5	Zugeschaut und Mitgebaut	52	
6	Alles fließt	39		6	Zum Greifen nahe	53	
7	Die Erde bebt	40		7	Beobachtende Augen	54	
8	„...und hält trotzdem“	41		8	Es werde Licht	55	
9	Alles im Gleichtakt	42		9	The Big Bell Test	56	
10	Licht- und Wasserspiele	43		10	Sounds & Lasers	57	
11	Chaos oder vorhersagbar?	44					
12	Leise rieselt der Sand	45					
13	Ausgetrickst	46					
14	Mimikry, Zebrastrreifen und Co.	47					



Hat ein Thema Sie besonders interessiert?
Für diesen Fall ist auf jedem Poster ein QR-Code abgebildet, mit dessen Hilfe Sie die Ausstellungstafel als pdf-Datei herunterladen kannst.

Viel Spaß in der Ausstellung!

Schönheit der Strukturen

Selbstorganisation und Strukturbildung in der Natur

Wie entsteht Chaos und was ist der Unterschied zu Ordnung? Können wir die Entstehung von Chaos sehen? Wie bildet die Natur Strukturen? Was haben Tierfelle, Blütenblätter und Meeresstrand gemeinsam? Was ist das besondere an Spiralen?



Wie nennt man ein nichtlineares System, dem ständig Energie zugeführt wird?



Dissipatives System

Warum bezeichnet man das dynamische Verhalten eines chaotischen Systems auch als „Schmetterlingseffekt“?



Weil kleinste Änderungen in den Anfangsbedingungen ein anderes Verhalten erzeugen; wie z.B. der Flügelschlag eines Schmetterlings

Welches fraktale Objekt ist in der Physik und Mathematik besonders bekannt



Mandelbrotmenge, Apfelmännchen

Eine der verbreitetsten komplexen Strukturen ist die Spirale. Sie kommt in der Natur sehr oft vor. In welche Richtung dreht sich meist eine Schneckenhaus-Spirale ?



rechtsdrehend

Die Sonnenblume zeigt eine Überlagerung von rechts- und linksdrehenden Spiralen, ebenso viele Blüten, der Tannenzapfen oder die Ananas. Wie viele Spiralen in eine Richtung gibt es in der Sonnenblumenblüte?



Größenabhängig, aber immer eine Fibonacci-Zahl, meist 34 und 55



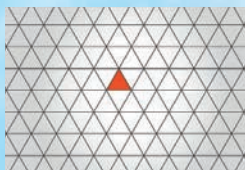
Das Streben nach Symmetrie

Regelmäßigkeiten der Natur

Wie symmetrisch ist die Natur? Wo tritt der Goldene Schnitt überall in der Natur auf – und warum? Was ist das Besondere an Kristallen mit fünfzähliger Symmetrie? In diesem einführenden Poster werden Symmetrien und deren Bedeutung im Kontext der Ausstellung beleuchtet.



Welche Symmetrien hat dieses Parkettmuster?

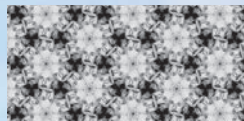


- Translationssymmetrie
- Rotationssymmetrie um 60°
- Symmetrie unter Punktspiegelung
- Spiegelsymmetrie mit drei Spiegelebenen



Warum ist das hier gezeigte Bild kein Fraktal?

Das Bild ist nicht selbstähnlich, d.h., die Strukturen tauchen in verkleinerter Form nicht wieder auf.



Wie ergibt sich der Goldene Schnitt mit Hilfe der Fibonacci-Reihe?

Der Quotient von zwei aufeinanderfolgenden Zahlen ($3/2=1,5$, $5/3=1,67$, $8/5=1,60$, ...) der Fibonacci-Reihe nähert sich schnell dem Goldenen Schnitt $g=0,5(1 + \sqrt{5}) = 1,618\dots$ an

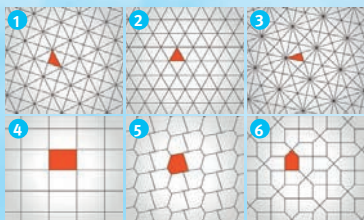


Wieso bezeichnet man den Winkel von $137,5$ Grad als „Goldener Winkel“?

Der Winkel $360^\circ/g = 360^\circ/1,618 = 222,5^\circ$ teilt den Kreis genau im Goldenen Schnitt. Genau wie der Goldene Schnitt ist der Goldene Winkel der irrationalste von allen Winkeln: Vielfache des Goldenen Winkels sind am weitesten von Wiederholungen bzw. Periodizitäten entfernt.



Welche der hier gezeigten symmetrischen Muster finden sich auf folgenden Postern wieder?



A1 Unsere Welt – alles Quark? Muster Nr. 2 ist die zugrundeliegende Symmetrie der Quarks

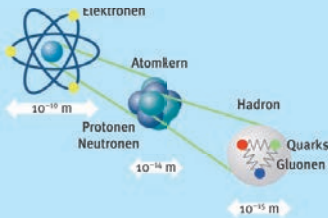
A7 Symmetriekünstler – Atome im Periodensystem Muster Nr. 4 ist die zugrundeliegende Symmetrie des Periodensystems

A12 Quantengravitation Muster Nr. 3 ist ein kleiner Ausschnitt aus der Symmetriegruppe E_{10}

Unsere Welt – alles bunter Quark?

Das Standardmodell und die „Farben“ der Elementarteilchenamant

Der Ausstellungsstand illustriert das Standardmodell der Elementarteilchenphysik und greift als anschauliches Beispiel den Aufbau des Protons aus „farbigen“ Quarks heraus.



Warum verwendet man die Farben Rot, Grün und Blau?

Könnte man auch andere Farben wählen?

Diese drei Farben ergeben in der additiven Farbmischung die Farbe weiß. Alternativ könnte man aber auch drei andere Farben wählen, die in der additiven Mischung weiß ergeben.

Welche Farbe hat ein Elektron?

Ein Elektron besteht nicht aus Quarks und ist daher farblos im Sinne der Quantenchromodynamik. Auch im klassischen Sinne ist es nicht bunt.

Könnte es Teilchen aus zwei Quarks bzw. aus zwei Antiquarks geben? Oder könnte es ein freies Quark-Elektron-System geben?

Nein, denn diese Systeme wären nicht farblos und sind daher in unserer Theorie nicht erlaubt.

Auf dem Poster wird gezeigt, dass blau und gelb zusammen weiß ergibt. Beim Farbmischen im Malkasten ergeben blau und gelb aber grün. Ist das ein Widerspruch, oder wie kann man das verstehen?

Bei den Quarks nutzt man wie beim Farbbildschirm die „additive“ Farbmischung aus. Beim Malkasten dagegen kommt die „subtraktive“ Farbmischung zum Tragen.

Beim Exponat werden jeweils zwischen zwei Kugeln, den Quarks, zeitgleich zwei Farben ausgetauscht. Wie lässt sich das erklären?

Die Quarks tauschen ein einzelnes Gluon aus, welches eine Farbe und eine Antifarbe trägt. Anschaulich bedeutet dies gerade den zu beobachtenden Farbwechsel.

Higgs & Co

– oder was ist eigentlich Masse?

Materie hat Masse, die sich durch das Gewicht der Atome erklären lässt. Aber wie ist der Zusammenhang zwischen dieser Masse und den elementaren Teilchen (Quarks und Elektronen)? Der Higgs-Mechanismus gibt den elementaren Teilchen ihre Masse, erklärt aber nur etwa 1% der Masse der Materie. Für die restlichen 99% müssen die Naturkräfte berücksichtigt werden.



Wie groß ist das Gewicht eines Liters Wasser auf der Erde? 1 kg

Das Wasser wird zu einem Eisblock gefroren. Wie groß ist dessen Gewichtskraft, wenn er auf der Erde liegt und wenn er schwerelos im Weltall um die Erde kreist?



10N und 0N

Der Eisblock fliegt einmal auf der Erde in der Luft und einmal schwerelos im All mit der Geschwindigkeit 1 m/s. Gibt es einen Unterschied im Impuls ($p = m \cdot v$)?



Nein

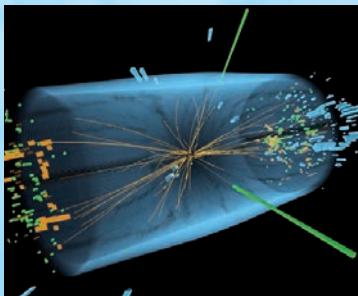


Wie groß ist die Masse des Eisblocks im schwerelosen Raum? 1 kg

Auch ohne Schwerkraft haben Gegenstände Masse und damit auch jedes Molekül, Atom, Elektron und Quark. Der Higgs-Mechanismus ist dabei nur für ein Prozent der Masse von Gegenständen verantwortlich. Wieviel Masse in kg wäre das für den Eisblock?



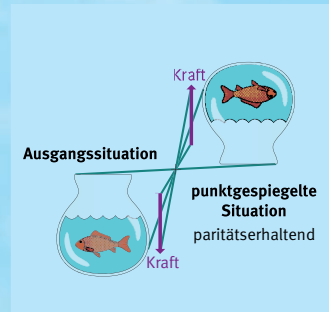
1 kg · 1% = 0.01 kg = 10 g Quarks und Elektronen



Links oder Rechts?

Parität und Paritätsverletzung

Die Parität ist eine grundlegende Symmetrie in der Physik. Auf mikroskopischer Ebene zeigt sich, dass diese Parität verletzt ist. Am Stand lässt sich die eigene Spiegelsymmetrie testen, und man kann herausfinden, wie die Paritätsverletzung Gegenstand moderner Forschung ist.



Betrachte einen Korkenzieher. Hat ein paritätstransformierter – also punktgespiegelter – Korkenzieher den gleichen Drehsinn oder einen anderen?



gleicher Drehsinn

Was versteht man unter einer Punktspiegelung?



Jedem Punkt P eines Objekts wird ein Punkt P' zugeordnet, so dass die Verbindungsstrecke PP' vom Spiegelpunkt halbiert wird

Gibt es weitere diskrete Symmetrien in der Physik?



C (Ladung) und T (Zeit)



Teste Deine eigene Symmetrie (Foto)!

Teilchen und Antiteilchen

Kosmische Strahlung

Mehr als nur Licht aus dem All: Wie macht man Teilchen aus dem Kosmos sichtbar? Mit einfachen Detektoren konnten die schweren Geschwister der Elektronen und ihre Antiteilchen in der kosmischen Strahlung entdeckt werden.



Wie unterscheiden sich die Spuren schwerer und leichter Teilchen in der Nebelkammer?



Schwere Teilchen haben dickere Spuren

Wie viele Myonen treffen in einer Sekunde auf 1 m² der Erdoberfläche?



Etwa 100

Wie erzeugt man 5000 V Spannung in einer Funkenkammer?

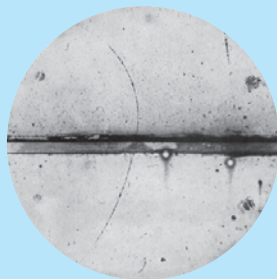
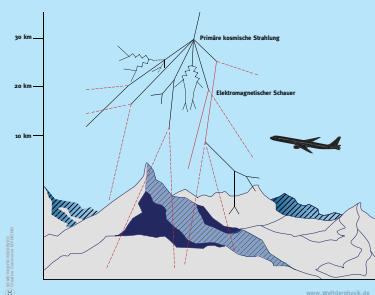


Mit einer Auto-Zündspule

Woraus besteht der Dampf in einer Nebelkammer?



Aus Alkohol



Verwandlungskünstler Neutrino

Neutrinooszillationen

Neutrinos sind neben den Lichtteilchen (Photonen) die häufigsten Teilchen im Universum. Wie die anderen Materieteilchen kommen sie in 3 Generationen bzw. Familien vor. Vor noch nicht einmal 20 Jahren wurde entdeckt, dass sich Neutrinos einer Generation im Flug in eine andere umwandeln. So wandeln sich Elektronneutrinos aus der Sonne auf ihrem Weg zur Erde größtenteils in Myon- oder Tauneutrinos um. Damit müssen Neutrinos – entgegen vorheriger Annahmen – eine kleine Masse besitzen, die eine wichtige astrophysikalische und kosmologische Bedeutung hat. Der Quanteneffekt der Neutrinooszillation wird mittels polarisierter Photonen an einem interaktiven Live-Experiment illustriert.



Wie viele Sorten Neutrinos gibt es ?



3 (Elektronneutrino ν_e , Myonneutrino ν_μ , Tauneutrino ν_τ). Entweder man unterscheidet sie aufgrund ihrer Wechselwirkung bzw. Streuung (s. oben) oder aufgrund ihrer Masse (ν_1, ν_2, ν_3)

Wo bzw. wobei entstehen Neutrinos?



Z. B. beim Betazerfall von Atomkernen oder bei der Kernfusion in Sternen wie der Sonne. Neutrinos kommen u. A. aus der Sonne oder entstehen aufgrund der Wechselwirkung von kosmischer Strahlung mit der Atmosphäre.

Mit welchen Teilchen wird hier der Quanteneffekt der Neutrinooszillation demonstriert?



Licht besteht auch aus Teilchen, den Photonen, die hier zur Demonstration der Oszillationen dienen.

Wie nennt man den Effekt, dass Licht in Kristallen mehrere verschiedene Brechungsindizes je nach Polarisationsrichtung hat?

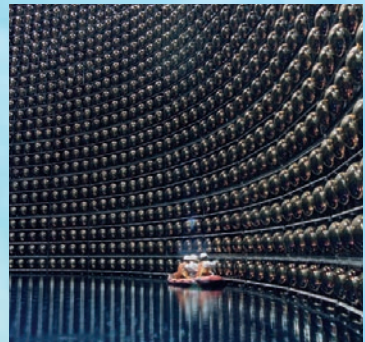


Doppelbrechung

Was sind die entscheidenden Neutrinoeigenschaften, damit es zur Neutrinoumwandlung bzw. zur Neutrinooszillation kommt?



Neutrino Mischung (ν_e ist nicht gleich ν_1 , ν_μ ist nicht gleich ν_2 , ν_τ ist nicht gleich ν_3) und Existenz von verschiedenen Neutrinomassen



Überall vorhanden

Kosmische Neutrinos

Mit einem gigantischen Teleskop, das tief im Eis der Antarktis verborgen ist, erforschen Astrophysiker den Kosmos. Ziel ist die Detektion von Neutrinos, die in den Tiefen des Alls an den extremsten Orten wie der Umgebung von schwarzen Löchern und explodierenden Sternen erzeugt werden. Erfahren Sie, wie diese ungewöhnlichen Teleskope funktionieren, und werden Sie mit unserem animierten Detektormodell selbst zum Neutrinoastronomen.



Warum sind Neutrinos zur Erforschung des Universums so interessant?



Durchdringen sämtliche Objekte praktisch ohne absorbiert zu werden. So kommen sie von weit entfernten Orten zu uns.



Woher kommen kosmische Neutrinos?



Aus dem Innern von Sternen (wie unserer Sonne), aus Schwarzen Löchern, von der Explosion von Sternen (z.B. Supernovae)

Was ist IceCube und wo befindet es sich?



Neutrinodektor tief im Eis der Antarktis

Wie werden Neutrinos in IceCube nachgewiesen?



Neutrinos erzeugen im Eis schnelle Elektronen, Myonen und Tauonen, die im Eis blau leuchtende Tscherenkow-Strahlung hervorrufen, die mit Photomultipliern detektiert wird

Schauen Sie sich das animierte IceCube-Modell an.

Wie viele Arten von „Neutrino-Mustern“ können Sie unterscheiden?



Mindestens 2: Spursignaturen und Schauersignaturen

Symmetriekünstler

Atome im Periodensystem

Welche verborgenen Symmetrien helfen dabei, die Anordnung aller chemischen Elemente unseres Universums im Periodensystem der Elemente zu verstehen? Durch den Vergleich der Elektronen mit schwingenden Saiten und weiteren, komplexeren Schwingungsmustern ergibt sich ein überraschend einfaches und ästhetisches Ordnungsprinzip für die Elektronkonfigurationen der Elemente im Periodensystem.



Welche der hier gezeigten Schwingungsmuster sind rotationssymmetrisch?



nur $l=0$ also die s-Orbitale

Worin unterscheiden sich die Schwingungsmuster vom 2s- ($n=2, l=0$) und 2p-Orbital ($n=2, l=1$) ?



Das 2s-Orbital hat eine rotationssymmetrische Knotenfläche, das 2p-Orbital eine Knotenebene, die im Raum gedreht werden kann

Worin unterscheiden sich die Schwingungsmuster vom 2p- ($n=2, l=1$) und 3p-Orbital ($n=3, l=1$)?



Das 3p-Orbital hat eine rotationssymmetrische Knotenfläche mehr

Welche Elemente des Periodensystems wären Edelgase, wenn das Elektron keinen Spin hätte?



Element Nr. 1, Nr. 4, Nr. 9 ...

Welche magischen Zahlen hätte das Periodensystem, wenn das Elektron im Atom nur in zwei Dimensionen schwingen könnte?



Ähnlich wie bei der Glasscheibe gäbe es dann nur jeweils $n-1$ Orbitale. Die magischen Zahlen wären dann 2, 8, 18, usw.

Größen, die die Welt regieren

Die Naturkonstanten des Universums



Das Bezugssystem, in dem wir „die Welt vermessen“, liegt fest. Wir teilen etwa die Zeit in Sekunden, die Länge in Meter und die Masse in Kilogramm. Das internationale Einheitensystem (SI) wird von nahezu 100 Staaten mitgetragen und ist damit eine globale Erfolgsgeschichte. Jetzt erhält das SI eine grundlegende Auffrischung, so dass es allen wissenschaftlichen und technischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts gelassen entgegensehen kann. Naturkonstanten wie die Lichtgeschwindigkeit oder die Ladung des Elektrons werden den Einheiten die bestmögliche Definitionsgrundlage liefern.

Kennst Du eine Naturkonstante, die die Einheit einer Geschwindigkeit hat? Und vielleicht auch eine mit der Einheit einer Wirkung?



Lichtgeschwindigkeit und Plancksches Wirkungsquantum

Was hat unser heutiges Kilogramm mit dem Umfang der Erde zu tun?



Als der Meter „geboren“ wurde (als der vierzigmillionste Teil vom Umfang der Erde) hat man auch gleich das Kilogramm mit dessen Hilfe definiert: Würfel einer Kantenlänge von einem zehntel Meter, mit Wasser füllen, fertig. Wäre der Meter also z.B. um 10 % länger, dann hätten wir ein Kilogramm, das um 33,1 % schwerer wäre. (wg. $1,1^3 = 1,331$)

Mit welchen Naturkonstanten wird das Kilogramm in Zukunft definiert werden?



Avogadro-Konstante

Was steht auf dem Grabstein von Ludwig Boltzmann auf dem Wiener Zentralfriedhof?

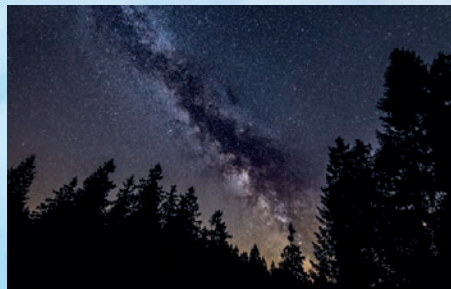


$S = k \cdot \log W$; mikroskopische Gleichung für Entropie, wobei k =Boltzmann-Konstante und W =Anzahl der Mikrozustände

Ist 137 mehr als eine Primzahl?



137,036 ist der Kehrwert der Feinstrukturkonstante; sie gibt die Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkung an.



Strukturen am Himmel

Neue Teleskope für die Gamma-Astronomie



Das Cherenkov Telescope Array CTA ist ein Observatorium für hochenergetische Gammastrahlung. Es wird Astrophysikern die Möglichkeit bieten, die energiereichsten Phänomene im Universum zu verstehen. Geplant sind insgesamt über 100 Teleskope unterschiedlicher Größe. Das Modell am Stand zeigt eines der mittleren Teleskope mit 12 m Durchmesser des Spiegelträgers. Im Jahr 2012 wurde ein Prototyp in Berlin aufgebaut, um die mechanische Struktur und die Antriebssysteme in Originalgröße zu testen.



Wie entsteht Gammastrahlung und wie wird sie nachgewiesen?

Bei der Wechselwirkung schneller Teilchen mit ihrer Umgebung entsteht die ebenso energiereiche Gammastrahlung in Form von Photonen, also Lichtteilchen. Gammastrahlung wird mit Hilfe von speziellen Teleskopen nachgewiesen.



Was ist die Rolle der Atmosphäre bei Gammastrahlen-Teleskopen?

Gammastrahlung erzeugt durch Wechselwirkung mit der Atmosphäre Teilchenschauer, die wiederum bläuliche Tscherenkow-Strahlung erzeugen und von den Teleskopen fotografiert werden.



Welche Ziele verfolgt man mit CTA?

CTA will neue, detaillierte Informationen über die Anzahl und Art sogenannter kosmischer Teilchenbeschleuniger gewinnen. CTA wird mehr als 1000 neue Quellen entdecken und variable Phänomene besonders gut erfassen.



Wo und was sind die Quellen der hochenergetischen Gammastrahlung?

In unserer Milchstraße und in anderen Galaxien: Stoßwellen von explodierten Sternen, Magnetfeldern schnell rotierender Neutronensterne oder in „Jets“ in der Umgebung supermassereicher Schwarzer Löcher



Warum will man zwei Observatorien bauen und wo stellt man sie idealerweise auf?

Um den gesamten Himmel zu beobachten, ist geplant, Arrays auf der Süd- und Nordhalbkugel zu bauen. Man stellt sie auf Bergen mit sehr dunklem und klarem Himmel auf.


... und die einen stehen im Dunklen

Dunkle Materie und dunkle Energie


Zahlreiche astronomische Beobachtungen zeigen, dass dunkle Materie und dunkle Energie im Universum viel bedeutender als alltägliche Materie sind. Gibt es also eine bisher unsichtbare Spiegelwelt? Warum ist sie noch da, und können wir sie vielleicht bald mit dem XENON1T-Experiment im Untergrundlabor LNGS vermessen?




Was bedeutet Supersymmetrie?

 Unabhängigkeit des physikalischen Systems bei Vertauschen von Teilchen mit unterschiedlichem Eigendrehimpuls (Spin).


Wie macht sich Dunkle Materie am LHC bemerkbar?

 Durch fehlende Energie senkrecht zur Strahlrichtung.


Woher wissen wir, dass Dunkle Materie existiert?

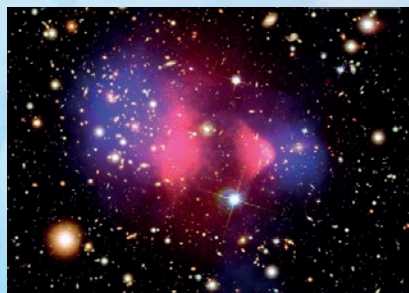
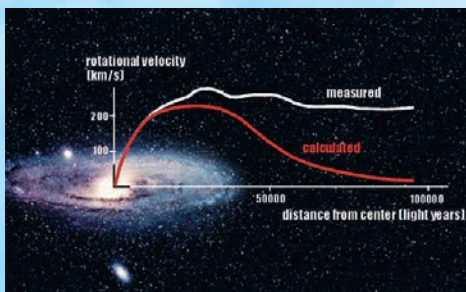
 Weil ferne Sterne genauso schnell um das galaktische Zentrum kreisen wie innere. Dies ist allein mit der uns bekannten sichtbaren Materie nicht zu erklären. Außerdem liefern Gravitationslinsen Hinweise auf Dunkle Materie.

Worin äußert sich die Dunkle Energie?

 In der beschleunigten Expansion des Universums.

Wie versucht man Dunkle Materie auf der Erde nachzuweisen?

 Durch zwei Lichtsignale, die bei ihrer Streuung an schweren Atomkernen (z.B. Xenon) in Untergrundlaboratorien entstehen.



Struktur der Materie

FAIR – das Universum im Labor

Wie man winzigste Teilchen in einem Teilchenbeschleuniger so richtig auf Touren bringt, können Besucher am Linearbeschleuniger-Modell selbst ausprobieren. Was im Modell mechanisch passiert, geschieht in Großanlagen durch elektrische Spannung – und die bringt die Teilchen bis fast auf Lichtgeschwindigkeit. Im neuen Teilchenbeschleuniger FAIR ist der Linearbeschleuniger des GSI Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung die erste Beschleunigungsstufe: Er jagt die Teilchen auf eine Geschwindigkeit von 60.000 Kilometer pro Sekunde.



Wie ist ein Atom aufgebaut, wie ein Nukleon?



Atom: positiver Kern aus Nukleonen, negative Hülle aus Elektronen. Nukleon: Protonen (positiv) und Neutronen (neutral), bestehen jeweils aus 3 Quarks, die von Kraftaustauschteilchen (Gluonen) zusammengehalten werden.

Warum beschleunigt man in einem Teilchenbeschleuniger geladene Atome (=Ionen)?



Elektrisch geladene Teilchen kann man in einem elektrischen Feld beschleunigen, elektrisch neutrale nicht.

Wo entstehen die schwersten Elemente?



In Supernova-Explosionen oder in Kollisionen von Neutronensternen: Es werden hohe Energie und viele Neutronen benötigt.

Wie behandelt man Krebs mit schweren Ionen?



Ionenstrahl bremst – abhängig von Energie (Geschwindigkeit) – in bestimmter Gewebetiefe plötzlich ab und setzt dabei lokal Energie frei, die zu DNA-Doppelstrangbrüchen führt, die wiederum Zelltod u.a. von Krebszellen auslösen.

Was passiert mit schwerer, heißer Materie im Inneren von Neutronensternen?



Die Atome sind so stark verdichtet, dass wahrscheinlich ein Quark-Gluon-Plasma entsteht, in dem bei hoher Materiedichte Quarks und Gluonen nicht mehr als Nukleonen gebunden sind.

Quantengravitation

Mit Symmetrie zur Vereinheitlichung der Physik?



Was passierte beim Urknall? Wie sieht es im Innern von Schwarzen Löchern aus? Um diese Phänomene zu verstehen, brauchen wir eine Theorie, die das Verhalten immens großer Massen auf extrem kleinen Abständen beschreiben kann. Nach einer solchen „Theorie für Alles“, mit der die Relativitätstheorie und die Quantentheorie vereint werden kann, wird schon lange gesucht. Vermutlich spielt eine höchstkomplexe Symmetrie dabei eine besondere Rolle.

Was kann Albert Einstein nicht erklären?



Wie die Gravitation mit der Quantenmechanik vereinbar ist.

Was bedeutet „Vereinheitlichte Theorie“?



Die Vereinigung verschiedener Kräfte oder Wechselwirkungen. In diesem Fall ist die Vereinigung der Schwerkraft mit der Quantentheorie zur Quantengravitation gemeint.

Was sind „Strings“?



Strings sind eindimensionale Fäden, die als Alternative zu Elementarteilchen dienen. Hierbei wird eine bestimmte Energie durch eine bestimmte Anregungsfrequenz, wie bei einer Gitarrensaite, erreicht. Je nach Energie repräsentiert der angeregte String ein bestimmtes Elementarteilchen.

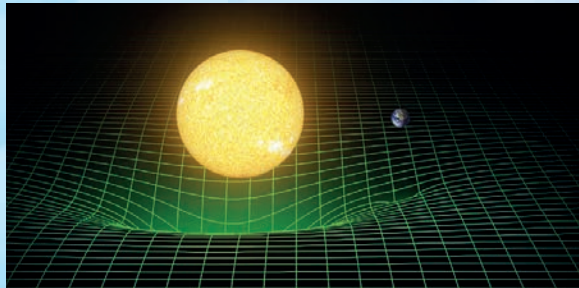
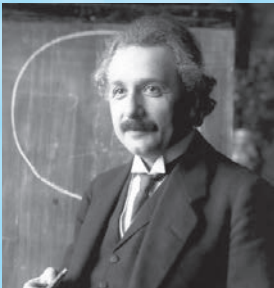
Wie viele Raum-Dimensionen gibt es? 3



Wie viele Raum-Dimensionen hat die Symmetrie E_{10} ?



unendlich viele



AstroMedia – Bastelspaß der Wissen schafft

Mikroskope und Teleskope selbstgebaut

Mit AstroMedia den Sternenhimmel entdecken, verstehen, erklären und beobachten! Kartonmodelle von AstroMedia bieten einzigartige Produkte für Einsteiger, Fortgeschrittene, Schüler und Lehrer: voll funktionstüchtige Instrumente für die Stern- und Sonnenbeobachtung, ausgefallene Sternkarten und interessante Literatur.



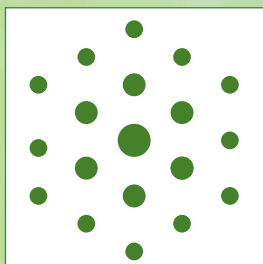
Schön geordnet, oder nicht?

Kristalle, Quasikristalle und Gläser

In vielen Feststoffen haben die einzelnen Atome eine regelmäßige, periodische Anordnung, es bildet sich ein Kristall (Salz, Zucker, Mineralien, Eis, Metalle). Bei einem amorphen Material dagegen sind die Atome ungeordnet (Fensterglas, Kunststoff). Überraschenderweise gibt es dazwischen noch quasikristalline Stoffe, bei denen die Bausteine zwar periodisch, aber dennoch unregelmäßig angeordnet sind. Mit einem großen Magnetpuzzle kann man am Stand selber einen solchen Quasikristall zusammenbauen. Mit bloßem Auge nicht erkennbare kristalline, quasikristalline und amorphe Strukturen kann man durch ein Beugungsexperiment unterscheiden.



Skizzieren Sie das Beugungsbild eines Sechseckgitters



Welche geometrische Form haben Salzkörner?



Würfelförmig

Wie viele verschiedene Teile gibt es beim Quasikristall-Puzzle, und welche Form haben sie?



3 verschiedene, alles Rauten (schmal, mittel, breit)

In welchen der folgenden Materialien sind die Atome nicht in einer regelmäßigen Kristallstruktur angeordnet: Eis, Kochsalz, Fensterglas.



Fensterglas

Wie dick ist ein zweidimensionales Material?



Nur ein Atom dick


Strukturen mit Elektronen sehen

Transmissionselektronenmikroskopie


Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Materie werden durch ihre atomare Zusammensetzung bestimmt. Wie Atome in unterschiedlichsten Materialien (Festkörper, biologische Systeme) angeordnet sind, ist daher eine zentrale Frage. Eine Antwort darauf leistet die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM). Das Exponat bietet faszinierende Einblicke in die atomare Welt der Materie und erläutert in verständlicher Weise die Funktion und Wirkungsweise eines TEMs.




Warum benutzt man Elektronen zur Abbildung im TEM?

 Auflösungsvermögen von Lichtmikroskopen ist begrenzt durch die Wellenlänge des sichtbaren Lichts (Beugungslimit, auch Abbe-Limit genannt). Bei Elektronen kann deren Materiewellenlänge (de-Broglie-Wellenlänge) je nach Energie viel kürzer sein. Deswegen können kleinere Strukturen aufgelöst werden.


Wie werden (freie) Elektronen erzeugt?

 Abdampfung aus Glühkathode


Durch welche Kraft werden Elektronen beschleunigt?

 Elektrische Feldkraft


Durch welche Kraft werden Elektronen abgelenkt?

 Lorentz-Kraft

Was bedeutet Interferenz?

 Überlagerung von Wellen; hier: Überlagerung der Materiewellen der Elektronen. Dies führt zu lokalen Maxima und Minima und entsprechenden Interferenzmustern entsprechend der verstärkenden Überlagerung von Wellenmaxima oder der gegenseitigen Auslöschung von Maxima und Minima.

Welche mikroskopische Information erhält man durch die TEM?

 Man erhält ein Elektronenbeugungs(interferenz)bild, das Rückschlüsse auf die Struktur der Probe zulässt.


Strukturen mit Elektronen sehen

Rasterelektronenmikroskopie




Mit einem feinen Elektronenstrahl, der zeilenweise über eine zu untersuchende Probe gerastert wird, begeben wir uns auf einen Ausflug in die Welt des „ganz Kleinen“. Anders als bei der Transmissionselektronenmikroskopie, mit der man nur sehr dünne, durchstrahlbare Proben untersuchen kann, erlaubt die Rasterelektronenmikroskopie die Untersuchung auch kompakter Probenoberflächen, wovon man sich in der Ausstellung an einem realen Rasterelektronenmikroskop im Betrieb überzeugen kann.


Was ist auf der Bilderserie in der linken Spalte zu sehen? Berechne die Gesamtvergrößerung durch Ausmessen der Längenskala (μ -Strich) mit einem Lineal

 Schmetterlingsflügel. Ausmessen der Skala mit Lineal, Division der gemessenen Länge durch den Wert auf der Skala. Die „30.000-fache“-Vergrößerung ist tatsächlich eine 77.000-fache Vergrößerung.


Warum wird auf den Bildern eine Längenskala (μ -Strich) angegeben? Wieso ist die alleinige Angabe der SEM-Vergrößerung nicht sinnvoll?

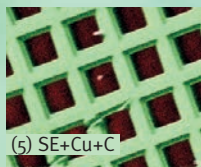
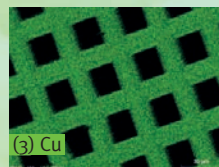
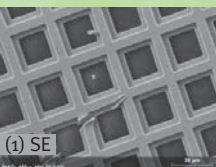
 Die angegebene Vergrößerung bezieht sich auf die Einstellung des Geräts, bei der eine zusätzliche, meist nicht genau bekannte Vergrößerung bei Projektion des Bildes mit Beamer, Verwendung eines größeren Monitors, Abdrucken in Zeitung oder Zeitschrift etc. nicht berücksichtigt ist. Daher auch die Abweichung in der ersten Aufgabe.

Warum erscheint das Kupfernetzchen in den beiden SEM-Bildern so unterschiedlich?

 Zur Darstellung werden unterschiedliche Signale verwendet: Sekundärelektronen (SE), Rückstreuielektronen (BSE), emittierte Röntgenstrahlen.

Wie kann man die Elemente in einer Probe identifizieren?

 Antwort: Durch Aufzeichnung eines Röntgenspektrums. Die Lage der charakteristischen Linien ist elementspezifisch.



Röntgenaugen für Symmetrien

Experimente mit Synchrotronstrahlung an PETRA III

Das hochintensive Röntgenlicht des Teilchenbeschleunigers PETRA III ergibt nicht nur sehr ästhetische, hoch symmetrische Beugungsbilder, es entlockt der Natur auch manches Geheimnis: Wie altert ein Akku beim Laden? Wie genau funktioniert ein Katalysator? Oder wie erzeugt eine Solarzelle Strom? All dies kann mit atomarer Auflösung gemessen werden - Grundlage für Innovationen und neue Verfahren.



Was genau bedeutet „Brillanz“?



Anzahl der Photonen pro Zeit, Fläche, Raumwinkel und Wellenlängenbereich

Welchen Umfang hat der Speicherring „PETRA III“?



2304 m

Wenn die Elektronen praktisch mit Lichtgeschwindigkeit durch den Ring fliegen, wie viele Runden schaffen sie dann pro Sekunde?

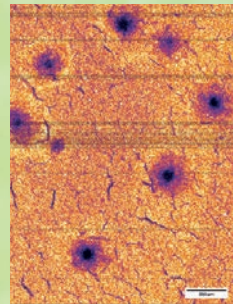
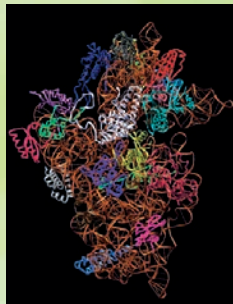
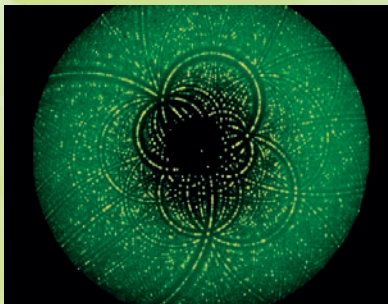


130 000 Runden

Warum kann PETRA III 52 Millionen Lichtblitze erzeugen, also weit mehr als Umläufe pro Sekunde?



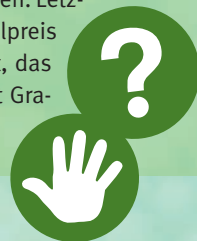
Es befinden sich 400 Elektronenpakete gleichzeitig im Speicherring, jedes einzelne schafft 130 Umläufe pro Sekunde, sodass an jedem Ort 52 Millionen Elektronenpakete pro Sekunde vorbei fliegen.




Kohlenstoff, facettenreiche Schönheit

Diamant, Graphit, Fullerene, Nanoröhren und Graphen


Kohlenstoff kann in einer erstaunlichen Vielfalt auftreten – vom funkelnden Diamanten über Nanoröhrchen und Nanofußbällen zum nur eine Atomlage dicken Graphen. Letzteres wurde erst 2004 zum ersten Mal nachgewiesen, wofür 2010 der Nobelpreis für Physik verliehen wurde. Am Ausstellungsstand hat man die Möglichkeit, das einfache aber spannende Nobelpreisexperiment nachzumachen und selbst Graphen herzustellen.

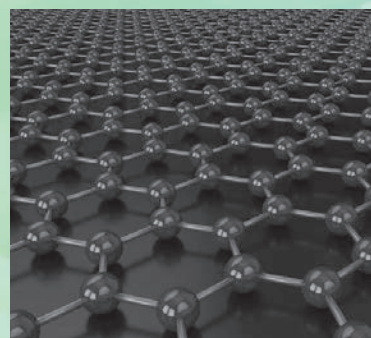
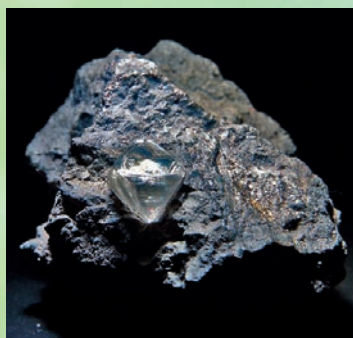



Woraus besteht das dünnste Material der Welt?

 Aus einer einzelnen Schicht von Kohlenstoffatomen, die wabenförmig angeordnet sind, genannt „Graphen“.

Was braucht man, um Graphen, herzustellen?

 Graphit und ein Stück handelsübliches Klebeband



 Am Stand: Herstellung von Graphen (Nobelpreisexperiment von Andre Geim und Konstantin Novoselov)

Strukturen oberflächlich betrachtet

Rastersondenmikroskopie

Einer der markantesten Effekte in der Quantenmechanik ist der in der klassischen Physik verbotene Tunneleffekt. Er erlaubt es Teilchen klassisch verbotene Bereiche im Raum zu durchdringen. Die sich daraus ergebenden Teilchenströme können tatsächlich makroskopisch beobachtet werden und führen zu interessanten Anwendungen der modernen Mikroskopie. Ausgehend vom Prototyp, dem Rastertunnelmikroskop, für das G. Binnig und H. Rohrer 1986 den Nobelpreis für Physik erhielten, wurden in den Jahren darauf zahlreiche Rastersondenverfahren entwickelt, bei denen unterschiedliche Wechselwirkungen zwischen einer Probenoberfläche und einer im atomaren Abstand davor positionierten Spitze ausgenutzt werden, um die Probenoberfläche mikroskopisch zu untersuchen. Ein besonders erfolgreiches Verfahren ist die Rasterkraftmikroskopie, deren Funktionsprinzip am Ausstellungsstand demonstriert wird.



Gib die Größenordnung der Auflösung des Lichtmikroskops an!



Lichtwellenlänge, ca. 500–600 nm

In welchem Maßstab misst das AFM?



1 Nanometer bis 10 Mikrometer

Welche Parameter kann ich bei der AFM Messung variieren? Berechne die Dichte der Datenspeicherung



Abstand Spitze zu Probe, Bildgröße, Position, Winkel, Regelparameter, Geschwindigkeit

Was sind die wichtigsten Bestandteile des AFM?



Federbalken mit Spitze; Piezo-Positionierelemente; Laser; Detektor; Auswertelektronik

Was ist die Auswirkung der Form der Nadel auf das Messergebnis?



Asymmetrische Spitzen können das Messergebnis verfälschen.

Welche Struktur passt zur experimentellen Aufgabe?

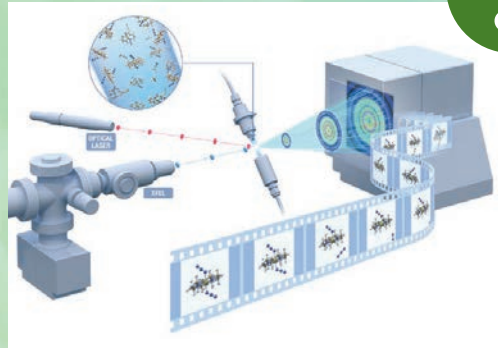


Am Stand ausprobieren

Tanz der Moleküle

Die europäische Röntgenlaseranlage European XFEL

Der European XFEL ist eine einzigartige Forschungsanlage in der Metropolregion Hamburg. Seit Herbst 2017 arbeiten Forscher hier aus der ganzen Welt mit extrem intensiven Röntgenlaserblitzen, um Einblicke in den Nanokosmos zu gewinnen.



Extreme Werte – sammle folgende Eckdaten des European XFEL:

- 1) **Temperatur der Beschleunigerelemente:** $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 2) **Länge der Beschleunigerstrecke:** 1,7 km
- 3) **Maximale Energie der Elektronen:** 17,5 GeV
- 4) **Dauer eines Lichtblitzes:** 10 bis 100 fs
- 5) **Anzahl der Lichtblitze pro Sekunde:** 27.000
- 6) **Investitionskosten:** 1,2 Milliarden Euro
- 7) **Mit wie vielen Bildern pro Sekunde werden Filme in Fernsehen oder Kino aufgenommen?**
50 bzw. 24 (für 3D 48, manchmal 96)

Ich sehe was, was Du nicht siehst

Metamaterialen

Die Tarnkappe: ganz oben auf der Wunschliste von Spionen und Neunklässlern bei der Lateinarbeit – kann man sie technisch tatsächlich realisieren? Am Stand werden die notwendigen physikalischen Grundlagen für eine Tarnkappe anhand von Bildern veranschaulicht. „Wie und was sehen wir (nicht)?“, „Wie breitet sich Licht in streuenden Medien aus?“ und „Wie sieht eine theoretische Bauanleitung einer Tarnkappe aus?“ sind nur drei der vielen Fragen, die beantwortet werden. zusätzlich kann auch eine echte diffuse Tarnkappe inspiziert werden.



Wie viel Prozent vom eingestrahlichten Licht wird durch die Tarnkappe transmittiert?

~7 %

Kann man mit dieser Technologie einen Harry-Potter-Tarnumhang herstellen?

Nein, feste Form und neblige Umgebung sind Grundvoraussetzungen.

Kann man die Tarnkappe doch irgendwie aufdecken?

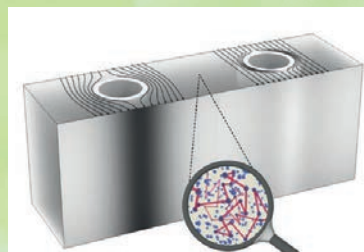
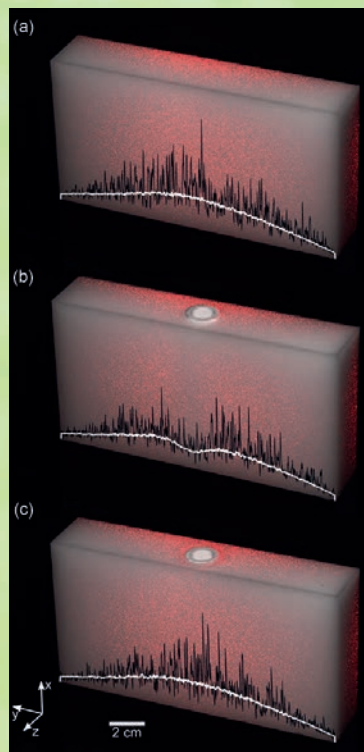
Ja, Laufzeitmessung: ps-Pulse oder Speckles

Gibt es Anwendungen für dieses Prinzip?

Tarnung von OLED-Kontaktfingern

Gegenstände bis zu welcher Größe können versteckt werden?

ungefähr 1 cm x 1 cm x 12 cm



Die Schönheit der Katastrophe

Kaustiken im natürlichen Licht

Was haben Regenbögen und Lichtreflexionen in einer Kaffeetasse gemeinsam? Beide Naturphänomene weisen sog. Kaustiken auf, die oft als Intensitätskatastrophen bezeichnet werden; aber müssen „Katastrophen“ immer etwas Negatives sein? Wir überzeugen Sie vom Gegenteil und zeigen Ihnen am Stand die Schönheit der Katastrophe und wie Kaustiken im Licht inzwischen erfolgreich in der Wissenschaft eingesetzt werden.



Was entspricht beim Spirograph den Lichtstrahlen und der Kaustik?



Jede Linie, die der Spirograph zeichnet, entspricht einem Lichtstrahl. Es gibt bei jedem Muster, das der Spirograph zeichnet auch Bereiche ohne Linien. Wie bei der Lichtausbreitung liegt an der Grenze zwischen diesen beiden Raumbereichen die Kaustik.

Welche unterschiedlichen Strukturen der Kaustiken erkennen Sie, wenn Sie den Laser auf die strukturierten Glasoberflächen halten?



Es gibt Brennlinsen die Rundungen, Spitzen, oder Kombinationen aus Beidem aufweisen, wie z.B. Kaustiken, ähnlich denen in einer Kaffeetasse, die spitz zulaufen oder solchen mit Brennlinsen entlang einer hyperbolischen Bahn.

Wie entsteht die spitze Kaustik in der Kaffeetasse? Wie viele Lichtstrahlen überlagern sich innerhalb der Spitze, wie viele Außerhalb?



Durch Reflexion an der Tassenwand. Nahe der Wand, innerhalb der Spitze, überlagern sich in jedem Raumbereich zwei reflektierte Strahlen, außerhalb sind keine reflektierten Strahlen vorhanden.

Wie kommen die Intensitätslinien am Boden eines Swimmingpools zustande?



Nicht durch Reflexion, sondern durch Überlagerung der durch die gekrümmte, wellige Wasseroberfläche hindurchtretenden parallelen Lichtstrahlen, die infolge des Eintritts ins Wasser gekrümmt werden. Brennlinsen entstehen an Orten wo Intensitätsmaxima auftreten. Da sich die Wasseroberfläche bewegt, verändert sich auch das Netzwerk aus Intensitätslinien am Grund des Pools.

Wie kann man experimentell ein künstliches Lichtfeld erzeugen, das um die Ecke fliegt?



Es wird ein Lichtfeld erzeugt, das aus vielen verschiedenen Lichtstrahlen besteht, die sich alle in verschiedene Richtungen ausbreiten (siehe Die Kaustik als Parabel). Jeder einzelne Lichtstrahl breitet sich immer noch geradlinig aus, aber das Lichtfeld in seiner Gesamtheit beschreibt eine Krümmung während es sich im Raum ausbreitet (siehe Künstlich erzeugtes Licht auf einer gekrümmten Bahn).


Ganz schön bunt hier

Symmetrie komplementärer Spektren


Jedes Kind weiß, wie man mit einem Prisma ein regenbogenfarbiges Spektrum hervorzaubert. Wir zeigen mit einem Experiment zum selber ausprobieren, dass dabei stets auch ein zweites, komplementärfarbiges Spektrum entstehen kann.



Woher kommen die Linien im Linienspektrum?

 Diskrete Absorptions- oder Emissionslinien je nach Art des Spektrums. Bei Emission: erzeugt durch einen Elektronenübergang von höherem zu niedrigerem Elektronenniveau. Dabei wird die Energiedifferenz als diskretes Photon frei.


Weshalb bezeichnet man das Linienspektrum eines chemischen Elements als seinen „Fingerabdruck“?

 Energieniveaus sind bei unterschiedlichen Elementen unterschiedlich. Daher sind die Energien der emittierten Photonen charakteristisch.


Welche Farben bezeichnet man als „komplementär“?

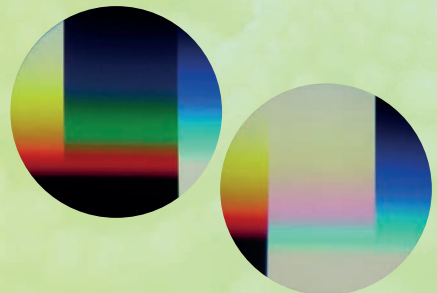
 Solche, die sich bei Mischung zu Weiß ergänzen

Auf welchem Trick beruht die gleichzeitige Erzeugung komplementärer Spektren?


 Durch die Verwendung einer verspiegelten Spaltblende

Unter welcher Bedingung zeigen sich im Blick durchs Prisma Farben?

 Farben zeigen sich in der Form von Kantenspektren beim Blick durchs Prisma auf optische Kontraste, d.h. Hell-Dunkel-Grenzen.



Worauf beruht die Symmetrie komplementärer Spektren?

 Die Symmetrie komplementärer Spektren beruht auf der Energieerhaltung im Spektroskop.

Strukturen aus Licht

Strukturiertes Licht und Beugung



Licht wird abgelenkt, „gebeugt“, wenn es auf Hindernisse trifft. Dies kann zu verblüffenden aber gleichzeitig nützlichen Lichtstrukturen führen. Symmetrien der Hindernisse spiegeln sich dabei in den Symmetrien der Lichtstruktur wider.

Was würde man sehen, wenn die Fäden des Gewebes Dreiecke bilden würden?

Bei gleichseitigen Dreiecken würde man ein Muster sehen, das eine Orientierung senkrecht zu den Kanten der Dreiecke hat. Bei einem Gewebe aus gleichseitigen Dreiecken gibt es drei Kantenrichtungen, also würde das Muster senkrecht zu den drei Kantenrichtungen orientiert sein und damit 60° -Winkel enthalten, wie die Dreiecke selbst auch. Sind die Dreiecke nicht gleichseitig, so ist die Sache komplizierter. Die Dreiecks-kanten des Gewebes enthalten mehr als drei Raumrichtungen, also wird auch das Muster komplizier.



Kann man ein solches Gewebe mit dreieckigen Löchern herstellen?

Sicherlich, man muss nur einen Stoff mit Fäden in drei Richtungen weben. Wenn das webtechnisch schwierig ist, könnte man es immer noch knüpfen, wie bei einem Netz, oder durch laminieren, wie es etwa bei der Segelherstellung geschieht.

Könnte man auch ein regelmäßiges Gewebe mit fünfeckigen Löchern herstellen?

Nein, das geht nicht. Man kann eine ebene Fläche nicht lückenlos mit Fünfecken auslegen. Deshalb gibt es z. B. auch keine fünfeckigen Fliesen, während sich aus dreieckigen, viereckigen und sechseckigen Fliesen lückenlose Muster legen lassen. Da die dünnen Fäden eines Gewebes aber keine Lücken flächig auffüllen können, kann man kein regelmäßiges Gewebe mit fünfeckigen Löchern herstellen.

Statt eines Gewebes könnte man eine Platte mit ausgestanzten Löchern benutzen. Dann kann man beliebig geformte, regelmäßig angeordnete Löcher erzeugen. Wovon hängt dann das Lichtmuster ab?

In diesem Fall könnte man auch fünfeckige Löcher in die Platte stanzen. Aber die Anordnung dieser fünfeckigen Löcher müsste auf einem anderen Raster erfolgen, z. B. einem quadratischen oder dreieckigen. Das Lichtmuster hängt auch von der Anordnung der Löcher ab, nicht nur von der Lochform!

Faszination Physik im Experiment

Experimente zum Staunen und Mitmachen

Besuchen Sie diese Sammlung faszinierender physikalischer Experimente; vom High-Tech Experiment bis zum Alltagsphänomen – lassen Sie Ihre Haare zu Berge stehen und kommen Sie aus dem Staunen nicht mehr heraus. Wenn Sie sich bisher nicht für physikalische Experimente interessiert haben, wird sich das nach Ihrem Besuch an diesem Stand sicher ändern.

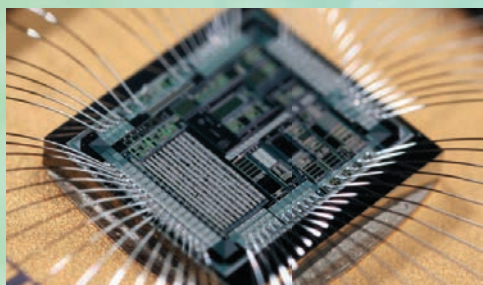


Vom Silizium zum Chip

Halbleiterstrukturen für moderne Anwendungen



Wie werden Halbleiterstrukturen, Transistoren und Speicherelemente hergestellt, die mit den Jahren immer kleiner und leistungsfähiger geworden sind. Am Ausstellungsstand zeigen wir, welche modernen und aufwändigen Methoden heute zur Herstellung von Silizium-Wafern notwendig sind, um aus Siliziumpulver (Sand) ein fertig strukturiertes Endprodukt zu erzeugen.



Wieviele Transistoren befinden sich heute auf einem Chip?



Über 6 Milliarden

Was bedeutet die Chip-Bezeichnung „IGBT“?



Insulated Gate Bipolar Transistor

Was passiert, wenn ein elektrischer Strom durch eine Kupferspule fließt?



Es entsteht ein Magnetfeld.

Warum haben die drei Kammern des IGBT Moduls (HybridPACK™ 2) jeweils auf der einen Seite zwei, auf der anderen Seite einen Schraubanschluss?



Auf der einen Seite schließe ich jeweils den Plus- und den Minus-Pol der Batterie oder der Spannungsquelle an, auf der anderen Seite schließe ich die Stromleitung zum Motor an.

Der sich drehende „Bierfassläufer“ ist jeweils mit einer roten, grünen und blauen Stromleitung verbunden. Was passiert, wenn Sie zwei Stromleitungen miteinander vertauschen?

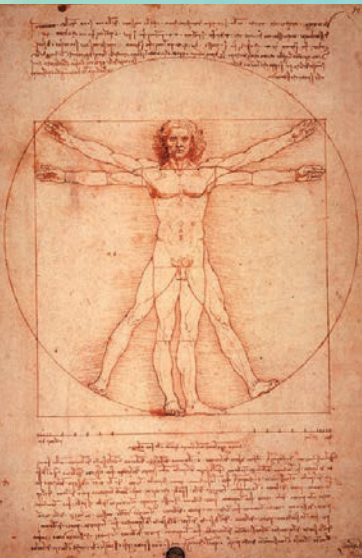


Der „Bierfassläufer“ dreht sich nun rückwärts.

Goldener Schnitt und die Welt der Zahlen

Zahlenreihen, Primzahlen, Fibonacci, Pi, e

Berühmte Zahlen und Zahlenverhältnisse können wir in der Natur und an uns selbst entdecken. An zwei interaktiven Exponaten untersuchen Sie, wo am eigenen Körper der goldene Schnitt zu finden ist, wo die Fibonacci-Folge in der Natur auftaucht und an welcher Stelle von Pi der eigene Geburtstag vorkommt.



Mein Geburtstag in Pi

An welchen Nachkommastellen von Pi stehen die folgenden Zahlen?



a) 111111 255945

b) 333333 710100

c) 999999 762

Finde eine Ziffernfolge, die an einer Nachkommastelle über 2.000.000 beginnt.



Lässt sich durch ausprobieren am Stand beliebig beantworten.

Der goldene Schnitt

An wie vielen Stellen Deiner Hand kannst du den goldenen Schnitt entdecken?



An vielen Stellen, z.B. Mittelfinger zu gesamter Hand, Glieder der Finger.

Die wievielte Fibonacci-Zahl ist größer als



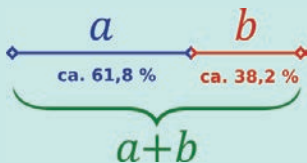
a) 1000 Die 17. (1597)

b) 10000 Die 21. (10946)

Wie viele links- und rechtsdrehende Spiralen hat die Sonnenblume?



meist 34 und 55 (unterschiedlich steil), beides sind Fibonacci-Zahlen



Alles fraktal oder was?

Selbstähnliche Strukturen in Natur und Theorie



Wolken sind keine Kugeln und Berge sind keine Kegel! Da viele in der Natur vorkommende Phänomene eine komplizierte und vielschichtige geometrische Struktur besitzen, müssen zu ihrer Beschreibung neue Konzepte gefunden werden. Dazu gehören sogenannte Fraktale und Eigenschaften der Selbstähnlichkeit, die am Stand erklärt und durch Beispiele illustriert werden.



Welche Beispiele für Fraktale in der Natur gibt es?

Romanesco Brokkoli, Schneeflocken, Flussverläufe, Blutgefäße, ...



Was ist die wichtigste Eigenschaft eines Fraktals?

Sie sind skaleninvariant und selbstähnlich; es besteht also aus immer mehr verkleinerten Kopien seiner selbst.



Warum ist die fraktale Dimension nicht immer ganzzahlig?

Während die uns bekannte euklidische Geometrie nur ganzzahlige Raumdimensionen kennt, ist wie bei der Bestimmung der Länge der Küste von England nur eine Annäherung von 1D nach 2D möglich. Die resultierende mathematische Dimension liegt dazwischen. Sie ist nicht ganzzahlig, also fraktal.



Was ist der wichtigste Unterschied zwischen mathematischen Fraktalen und fraktalen Strukturen in der Natur?

Fraktale Strukturen in der Natur haben nur eine begrenzte Anzahl an Stufen der Selbstähnlichkeit (i.d.R. 3 bis 5), mathematische Fraktale können beliebig vergrößert werden und sind immer wieder selbstähnlich zu finden.



Welche Anwendungen für Fraktale gibt es?


Fraktalantennen, um verschiedene Frequenzbereiche zu empfangen; Erstellung von Computergrafiken; Computersimulationen natürlicher Landschaftsterrains; Seismologische Analysen; Herzratenanalysen; viele Bereiche der Analyse wissenschaftlicher Daten


Der Tanz der schwarzen Stacheln

Musterbildung mit Magneten


Ferrofluide kommen in der Natur nicht vor. Sie werden als Suspension kleinster magnetischer Teilchen hergestellt. Diese schwarzen Flüssigkeiten reagieren auf Magnetfelder, die wiederum mit Mikrofon und Verstärker beeinflusst werden können. Wer erzeugt so das Muster mit der schönsten Symmetrie?




 **Messen Sie (z.B. mit einem Smartphone oder einer Kompassnadel), bei welcher Magnetfeldstärke sich Stacheln bilden. Ist dieses Feld stärker oder schwächer als das Magnetfeld der Erde?**

 Das Feld muss stärker sein als das Magnetfeld der Erde (ca. 50 Mikrottesla), sonst wären die Stacheln ja immer zu sehen, auch ohne das zusätzliche Feld der stromdurchflossenen Spulen.


Verschwenden die Stacheln bei der gleichen Magnetfeldstärke, bei der sie auch entstehen, oder gibt es einen messbaren Unterschied?

 Wenn man die Änderungen des Magnetfeldes hinreichend langsam ausführt, sollte man einen Unterschied beobachten können. Der Zustand der Oberfläche hängt also nicht nur vom angelegten Magnetfeld, sondern auch von der Vorgeschichte ab (Hysterese).


Lassen Sie Magnetkugeln auf dem Tisch rollen. Was fällt auf?

 Die Kugeln rollen ungleichmäßig. Dies liegt am Magnetfeld der Erde. Die Kugeln wollen sich parallel zum Magnetfeld der Erde stellen. Auf dem Weg in eine solche Lage beschleunigen sie, wenn sie sich dagegen aus dieser bevorzugten Lage herausbewegen, werden sie langsamer.


Bauen Sie einen Turm aus Magnetkugeln. Wie viele Kugeln kann man aufeinander türmen, ohne dass der Turm kippt?

 Die Zahl liegt zwischen 5 und 10.

Bauen Sie zwei Türme aus Magnetkugeln nebeneinander auf. Unter welchen Umständen ziehen sie sich gegenseitig an, und wann stoßen sie sich gegenseitig ab?

 Wenn gleichnamige Pole oben liegen, stoßen sie sich ab (dies entspricht den Stacheln der Ferrofluide), andernfalls ziehen sie sich an.

Warum schwebt die „magnetische Schnecke“ auf ihrem Flüssigkeitspolster, und warum läuft sie auf ihrer Spur zurück?

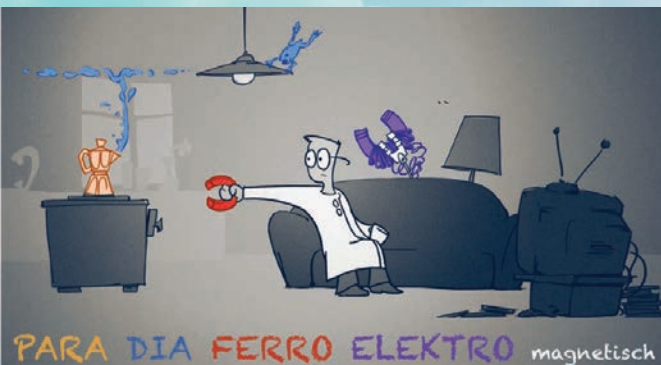
 Der Magnet zieht magnetisierbare Flüssigkeit an seine Pole. Die Kraft ist stärker als die Gravitationskraft, welche die Flüssigkeit unter dem Magneten verdrängen will. Der Magnet schwebt auf diesem Polster. Er läuft in seiner Spur zurück, weil der Magnet auch von der Flüssigkeit angezogen wird.

Ganz schön attraktiv

Alles ist magnetisch!



Einen Kompass oder einen Kühlschrankmagneten verbindet jeder unmittelbar mit Magnetismus! Aber besitzen auch Wasser, Salz oder Glas magnetische Eigenschaften? Erfahren und erleben Sie selbst: Alles ist magnetisch!



Wird ein Apfel von einem Magneten angezogen oder abgestoßen?

Abgestoßen, da der Apfel diamagnetisch ist.

Welche magnetischen Eigenschaften besitzt Wasser?

Diamagnetismus

Sind wir magnetisch?

Ja, diamagnetisch, wegen des hohen Wassergehalts.

Für welche Stoffe spielt die Richtung des Magnetfeldes eine Rolle?

Nur bei Ferromagneten.

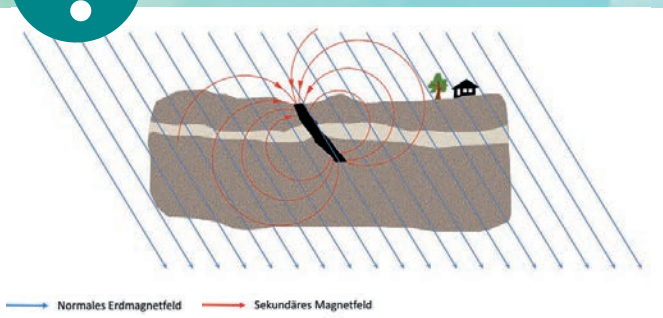
Gibt es unmagnetische Stoffe?

Nein, da bei beliebig hohen Feldstärken immer magnetische Effekte beobachtet werden können.

Harte Schale – magnetischer Kern

Strukturen in der Erdkruste

Durch genaue Messungen des Erdmagnetfeldes werden Strukturen der Erdkruste sichtbar gemacht. Dieses Verfahren wird z.B. bei der Rohstofferkundung und in der Archäologie angewendet und kann am Stand an einem Modell selbst ausprobiert werden.



Wo wird das Erdmagnetfeld erzeugt?



Hauptsächlich im flüssigen äußeren Erdkern

Welche Materialien sind gut magnetisierbar?



Materialien mit großem magnetischem Moment pro Volumen. Je mehr Elementarmagnete das Material pro Volumen beinhaltet, umso höher die Magnetisierung. Besonders geeignet sind auch ferromagnetische Materialien, da sie die Magnetisierung auch nach Entfernen des äußeren Feldes beibehalten.

Wie kann man Erzlagerstätten finden?



Messung in Unterschieden der Stärke des örtlichen Erdmagnetfeldes

Wie stark ist das Erdmagnetfeld?



Am Äquator ist das Magnetfeld ca. 30 Mikrotesla stark an den Polen ca. 60 Mikrotesla.

Womit misst man die Stärke eines Magnetfeldes?

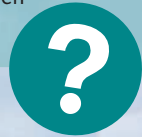


Mit sogenannten Magnetometern, wie z.B. Hall-Sonden

Alles fließt

Konvektionsstrukturen im Erdinneren

Konvektion prägt die Struktur und die Dynamik unseres Lebensraums. Nicht nur die Atmosphäre und die Ozeane weisen konvektive Fließbewegungen auf. Strömungen im Inneren unseres Planeten stellen den Antrieb für die Drift der Kontinente dar.



Warum steigt warmes Material auf und kaltes ab?

Warmes Material hat eine geringere Dichte als kaltes. Dies führt zu thermischer Konvektion.



Nennen Sie drei Bereiche, in denen Konvektion auftritt.

Mantelkonvektion im Erdinnern; Heizungsluft; Erdatmosphäre; Golfstrom; in Sternen; in Kaminen; ...



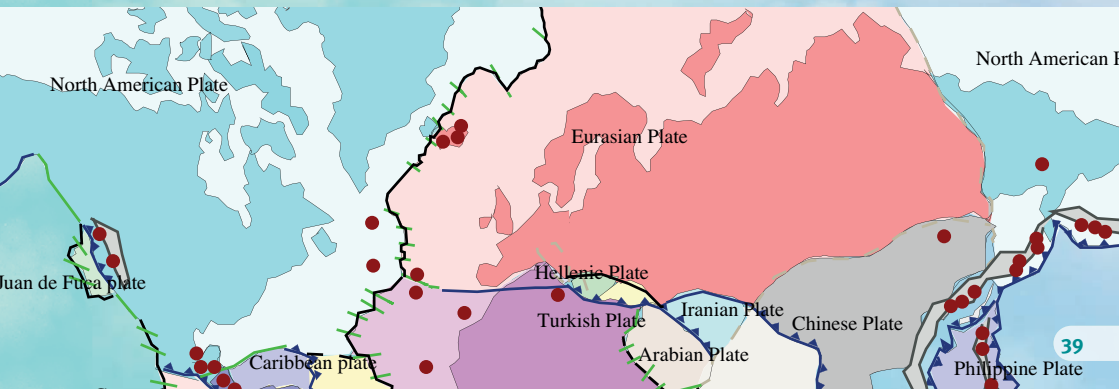
Wie lässt sich die Struktur von Konvektionsströmungen verändern

siehe Experiment



Wodurch bewegen sich die Kontinente?

Durch Konvektionsströmungen im Erdinnern, die durch den Wärmeübergang zwischen Erdkern und Erdmantel hervorgerufen werden.



Die Erde bebt

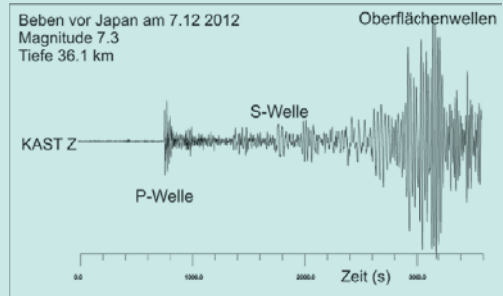
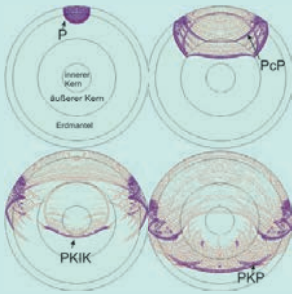
Eigenschwingungen der Erde bei Erdbeben



Geophysiker beobachten die Ausbreitung von Erdbebenwellen in der Erde. Raumwellen, Oberflächenwellen und freie Oszillationen werden genutzt, um die Strukturen in der Erde zu verstehen. Im Exponat werden freie Oszillationen mit einer Rüttelplatte veranschaulicht.

Wo entstehen Erdbeben?

Bei der Verschiebung tektonischer Platten. In geringerem Maße auch bei vulkanischer Aktivität.



Welche Arten von Raumwellen gibt es?

Primär- (longitudinal) und Sekundärwellen (transversal) (S und P)

Welche Erdbebenwellen haben die größte Amplitude?

Oberflächenwellen

Welche Erkenntnisse liefern Eigenschwingungen der Erde?

Gemittelte Struktur der Erde

Von was sind die Strukturen auf der Rüttelplatte abhängig?

Frequenz

... und hält trotzdem

Synchronisation



Erbebenwellen erschüttern Gebäude und können zu deren Einsturz führen. Dieses hängt von der Resonanzfrequenz der Gebäude ab. Bei manchen Frequenzen der Erdbebenwellen können hohe Gebäude stehenbleiben, während niedrige Gebäude einstürzen, bei anderen Frequenzen kann es umgekehrt sein.

Welche Art von Erdbebenwellen ist für ein Gebäude am gefährlichsten?



Oberflächenwellen

Wie nennt man die Frequenz, bei der ein Gebäude am stärksten schwankt?



Resonanzfrequenz

Welche Rolle spielt der Untergrund für die Auswirkung eines Erdbebens?



Weiche Böden verstärken langwellige Erdbebenwelle, harte Böden kurzwellige

Ist es in einem Erdbebengebiet sicherer auf hartem oder weichem Untergrund zu bauen?

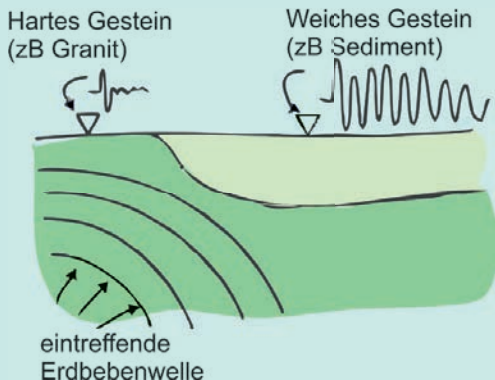
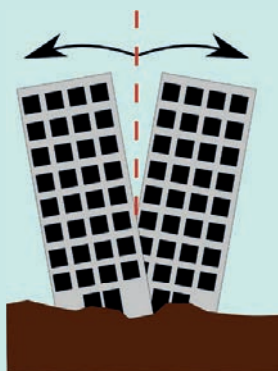


Das hängt von der Höhe des Gebäudes ab.

Sind hohe Gebäude eher für langsame oder schnelle Bodenbewegungen anfällig?



Probiere es am Stand aus



Alles im Gleichtakt

Synchronisation

Was verbindet gemeinsam blinkende Glühwürmchen mit ungewollten Schwingungen der Millenium-Brücke? In beiden Fällen ist Synchronisation am Werk. Anhand eines interaktiven Experimentes werden die universellen Eigenschaften der Synchronisation erklärt, die für verschiedenste Systeme von der Biologie bis zur Technik gelten.



Was für Beispiele für Synchronisation in Natur und Technik gibt es?



Glühwürmchen; Zellzyklen; gekoppelte Metronome/Uhren; Neuronen im Gehirn; Energienetze; applaudierendes Publikum; Biologische Uhr



Welche Eigenschaft muss ein System haben, damit es sich mit anderen synchronisieren kann?



Gleiche Frequenz und Phasenbeziehung

Was ist die Phase eines Oszillators, und warum ist sie wichtig für Synchronisation?



Gibt den Ort eines bestimmten Punktes der Welle relativ zum Nullpunkt an. Um synchron zu sein müssen zwei Wellen mit gleicher Frequenz an denselben Raumpunkten z.B. ihre Maxima und Minima haben.

Wodurch wird die Synchronisation mehrerer Systeme miteinander ermöglicht?



Durch Kopplung



Welche Beispiele für Kopplungen von Systemen gibt es?



siehe Poster

Licht- und Wasserspiele

Regenbögen und andere Naturphänomene

Regenbögen, farbig schimmernde Seifenblasen, tanzende Tropfen auf der Herdplatte und viele andere natürliche Phänomene können wir in unserem Alltag beobachten. Aber wie entstehen eben diese Licht- und Wasserspiele? Lassen Sie sich erklären, was dahinter steckt.



Warum sieht man bei Sonneneinstrahlung auf eine Regenwand einen Regenbogen, und woraus ergeben sich seine Farben?



In einem Regentropfen werden die einzelnen Farbanteile des weißen Lichts in unterschiedlichem Winkel gebrochen. Wie bei einem Prisma erscheinen deswegen die Farben getrennt. Aufgrund der sich insgesamt ergebenden Reflexion sieht man den Regenbogen immer nur mit der Sonne im Rücken. Der Bogen ergibt sich daraus, dass der Regenbogen nur unter einem bestimmten Winkel relativ zu den Regentropfen sichtbar wird.

Warum schimmert eine Seifenblase in Regenbogenfarben?



Die Seifenlauge bildet als sehr dünner Film die Oberfläche der Seifenblase. Am oberen und unteren Ende dieser dünnen Schicht wird dabei das einfallende Licht reflektiert. Aufgrund unterschiedlich langer Laufwege des reflektierten Lichts kommt es zu konstruktiver und destruktiver Interferenz verschiedener Lichtfrequenzen aufgrund der Dispersion. So werden bestimmte Farben ausgelöscht, während andere übrig bleiben.

Warum ist eine Seifenblase für gewöhnlich rund?



Die Oberflächenspannung führt durch Energieminimierung auf eine kugelfunde Form, da eine Kugel die kleinstmögliche Oberfläche aufweist.



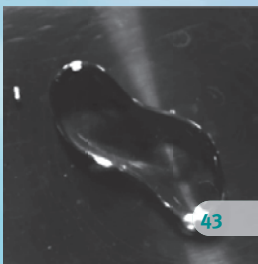
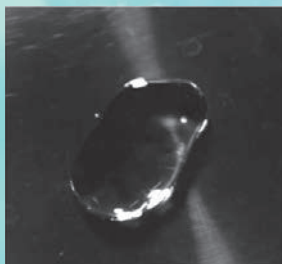
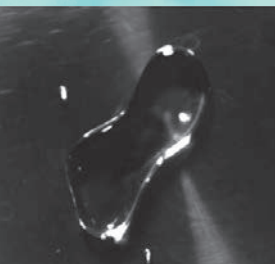
Tauchen Sie das quaderförmige Gestell in die Seifenlauge und schauen sich die Struktur an, die sich im Gestell beim Herausziehen bildet. Wie sieht sie aus und warum entsteht sie?

Die Seifenblasen auf dem Gestell versuchen, die kleinstmögliche Fläche einzunehmen (Minimalfläche). Beim Quader ist diese spektakulär: sie besteht aus vier Dreiecksflächen, vier kleineren Trapezflächen, vier größeren Trapezflächen und einer rechteckigen Fläche in der Mitte.

Warum tanzen Wassertropfen auf sehr heißen Herdplatten und verdampfen nicht einfach?



Bei sehr hoher Temperatur kann der entstehende Wasserdampf nicht sofort entweichen und so schwebt der restliche Tropfen zunächst auf diesem Dampfkissen. Dieser Effekt wird auch Leidenfrosteffekt genannt.



Chaos oder vorhersagbar?

Unser Wetter



Wettervorhersage und Klimaprojektion sind heute überall medial präsent und werden für viele wichtige oder alltägliche Entscheidungen genutzt. Jedoch wie funktioniert es, das wetterliche Chaos vorherzusagen, und wo liegen die Grenzen?



Wie lang ist die zeitliche Grenze der Wettervorhersage?

Wetter kann für höchstens 2 Wochen vorhergesagt werden.



Die Entwicklung welcher drei Faktoren muss für die Klimaprojektion abgeschätzt werden?

Für die Klimaprojektion muss die zukünftige Entwicklung von Sonneneinstrahlung, Vulkanen und Treibhausgasen abgeschätzt werden.



Welche Informationen werden in einem Computermodell des Klimas zwischen dem Ozean und der Atmosphäre ausgetauscht?

Die Ozeanbiochemie tauscht Kohlenstoff und die Ozeanphysik tauscht Energie und Wasser mit der Atmosphäre aus.



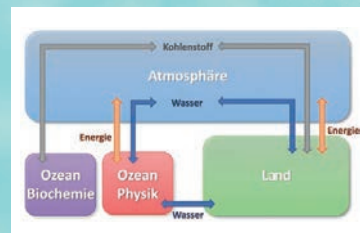
Welches sind „Gedächtnisse“ des Klimasystems?

Ozean, Eis, Vegetation und Boden.



Für welche Zeiträume ist eine Vorhersage möglich, und wie werden diese Vorhersagen jeweils genannt?

bis zu 2 Wochen (Wettervorhersage), im Zeitraum von ein paar Monaten (saisonale Vorhersage) und im Zeitraum von einigen Jahren (dekadische Vorhersagen)




Leise rieselt der Sand

Strukturbildung in granularer Materie


Erstaunlicherweise ist die Physik granularer Materialien wie z.B. Sand nur grob verstanden und Gegenstand aktueller Forschung. Anhand eines Rieselrades und weiterer Experimente wird in das teilweise verbüffende und manchmal gar mysteriös anmutende Verhalten gepackter und strömender granularer Teilchen eingeführt.




Warum gibt es überhaupt stabile Sandhaufen?

 Stapelung des Teilchens beruht auf statischer Reibung und Verdichtung im Innern von Haufen.

Warum nehmen primär Teilchen an der Oberfläche an der Strömung teil?

 Teilchen im Innern der Haufen sind stärker verdichtet als Teilchen auf der Oberfläche.

Warum benutzt man Sand und nicht Wasser in Eieruhren?

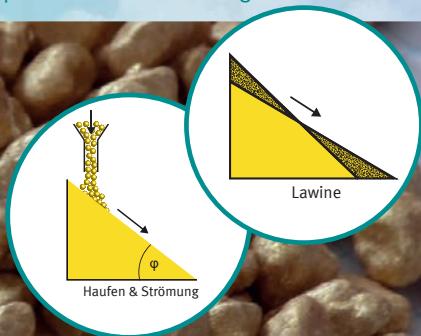
 Die Rieselgeschwindigkeit bei granularer Materie ist unabhängig von der Füllhöhe → gleichmäßiges Ticken. Bei Wasser ist die Rieselgeschwindigkeit abhängig von der Füllhöhe.

Das Rieselrad wird auf dem Mond betrieben. Welche beobachtbaren Phänomene würden sich ändern und wie?

„Mondfaktor“ = $\frac{1}{7}$ Erdfaktor

$g_{\text{Mond}} = \frac{1}{7} g_{\text{Erde}}$

Alle Effekte, in die g eingeht, ändern sich quantitativ – qualitativ keine Änderungen.



Ausgetrickst

Oberflächeneffekte in der Natur



Schon früh hat der Mensch entdeckt, dass die Natur bei der Evolution beeindruckende Lösungen für alltägliche Probleme gefunden hat, von denen der Mensch lernen kann – das Prinzip der Bionik. Einzigartige Strukturen an Oberflächen, wie zum Beispiel beim Mottenauge oder der Lotuspflanze, sorgen für eine vollständige Entspiegelung beziehungsweise beeindruckende Reinheit. Experimentieren Sie am Poster mit Pflanzen und Gegenständen des Alltags und erleben Sie, wo der Lotuseffekt auch bei uns vorkommt und genutzt wird



Welche Pflanzen und Gegenstände zeigen den Lotuseffekt? Am Stand sind unterschiedliche Pflanzen und Gegenstände vorhanden, experimentieren Sie mit ihnen, um herauszufinden, welche von ihnen den Lotuseffekt zeigen.



z.B. Tulpen, Kohlrabi, Kohlblätter (nach Verfügbarkeit am Stand) zeigen den Lotuseffekt; am Stand sind außerdem Proben von wasserabweisenden Produkten wie Lotusan Wandfarbe



Der Lotuseffekt sorgt für beeindruckende Sauberkeit – wie funktioniert er?

Oberflächen mit Lotuseffekt bestehen aus Strukturen im Nanobereich, sie bestehen aus feinsten Wachskristallen. Schmutz kommt dadurch nur mit einem sehr kleinen Bereich der Oberfläche in Kontakt. So kann er nicht anhaften, er hat nur geringe Anhangskraft (Adhäsion). Die Wassertropfen können auf den wasserabweisenden (hydrophoben) Wachskristallen leicht abrollen und nehmen ebenfalls nur geringfügig anhaftende Schmutzpartikel einfach mit.



Erzeugen Sie am Stand Ihre eigene Oberfläche mit Lotuseffekt – was benötigen Sie dazu?

Falls brandschutztechnisch möglich kann mit brennenden Kerzen gearbeitet werden (Ruß enthält noch viel Wachs und erzeugt beeindruckende Oberflächen); Sonst kann mit Stumpenkerzen eine Oberfläche aus Wachs gerieben werden, die ebenfalls recht wasserabweisend ist



Finden Sie einen Vergleich, der den Lotuseffekt anschaulich beschreibt.

Man kann sich zum Beispiel ein Stück Schaumstoff-Lärmschutzmatte oder einen Eierkarton mit einem mit Wasser gefüllten Luftballon vorstellen. Sowohl die Lärmschutzmatte als auch der Eierkarton haben große übergeordnete Strukturen sowie kleinere feine Strukturen. Der Wasserballon berührt die Oberfläche der Strukturen kaum und rollt einfach ab.



Überlegen Sie, welche anderen beeindruckenden Bionik-Techniken Sie noch kennen!

Haihaut (Verringerung des Reibungswiderstands, dadurch bessere Strömungseigenschaften; interessant für Flugzeuge oder auch Schwimmkleidung); Form der Früchte von Kletten (Klettverschluss)

Mimikry, Zebrastreifen und Co.

Versteckspiel und Kommunikation im Tierreich



In der Tierwelt sind Farben, Muster und Strukturen wichtige Errungenschaften der einzelnen Arten. Diese sind im Laufe der Evolution entstanden mit dem Ziel das Überleben der Art zu sichern. Die Bedeutungen und auch Mechanismen, die hinter dieser Mannigfaltigkeit an Erscheinungsformen stecken sind sehr vielfältig.

Wozu dienen die Streifen beim Zebra?

Ganz genau weiß man das noch nicht. Tarnung, Verwirrung von Angreifern oder Schutz vor Stechmücken werden vermutet.

Warum sind die meisten Schmetterlinge, Pfeilgiftfrösche und manche Vögel so bunt gefärbt? Nenne mindestens 2 Gründe.

Abschreckung
Partnersuche



Wie entstehen die Farben im Tierreich? Erklären Sie den Unterschied zwischen Pigment- und Strukturfarben.

Pigmentfarben: Bestimmte Wellenlängen des Lichts werden durch chemische Verbindungen absorbiert, Pigmentfarben bleiben übrig; Strukturfarben: Wellenlängen werden durch Oberflächenstruktur und Interferenz ausgelöscht.

Was bedeutet Bionik? Orientieren Sie sich an der Wortbildung und erklären Sie.

Kunstwort aus Biologie und Technik: Technik, die aus der Biologie entnommen wird.

Zu welcher Tiergruppe gehören die Tiere, die aussehen wie ein Stock und 6 Beine haben? Und welchen Zweck hat dieses Aussehen?

Insekten (Heuschrecken), das Aussehen dient der Tarnung.




Einstein Symmetrie

Symmetrie und Ordnung in der Laserstrahlung




Laser finden sich in unserem Alltag in ganz verschiedenen Einsatzbereichen. Auch in der Industrie und in der Forschung spielen sie eine ganz wichtige Rolle. Und man kann mit ihnen viel Spaß haben.


Welche besonderen Eigenschaften hat das Laserlicht?

 Es ist monochromatisch, kohärent, häufig parallel und besitzt häufig eine hohe Bestrahlungsleistung.


Wieso ist Licht, das von einem einzelnen Atom emittiert wird noch kein Laserlicht?

 Beim Zurückfallen des Elektrons auf eine geringe Bahn wird nur ein Lichtquant emittiert. Erst wenn sich durch stimulierte Emission Lichtquanten kohärent bewegen nennt man dies Laserlicht.


Gibt es nur sichtbares Laserlicht?

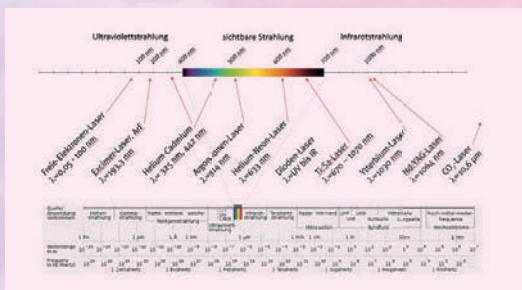
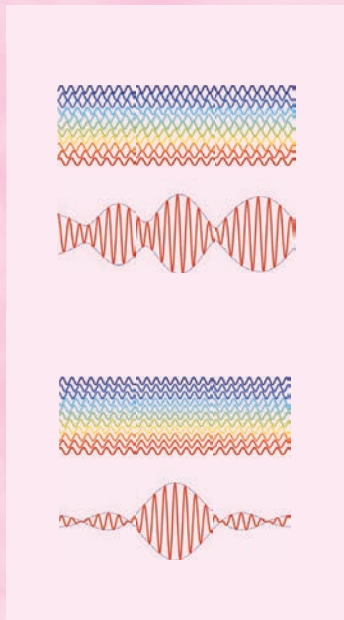
 Nein, Laserlicht gibt es vom ultravioletten über den sichtbaren bis in den infraroten Wellenlängenbereich. Es gibt sogar Röntgenlaser (etwa European XFEL, Stand Bo7) und Mikrowellenlaser (Maser).

Kann man Laserlicht „auslöschen“?

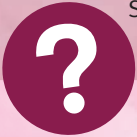
 Ja, aufgrund der Welleneigenschaften ist eine destruktive Überlagerung von Wellen möglich.

Warum ist Laserlicht in vielen Fällen gefährlich?

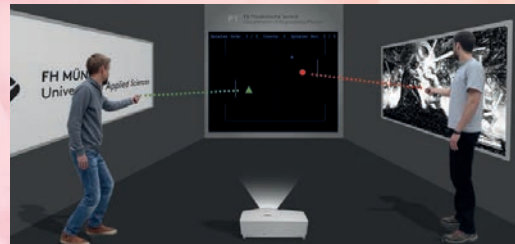
 Laserlicht besitzt in den meisten Anwendungsfällen eine sehr hohe Energiedichte. Diese kann je nach Größe das Auge und die Haut schädigen. Des Weiteren kann man unsichtbare UV- oder IR-Laserstrahlung nicht erkennen und die davon ausgehende Gefahr so nicht erkennen.



Laser-Ping-Pong



Spielcontroller war gestern! Entdecken Sie spielerisch eine Kombination aus dem Retrospiel Pong und der dazu gehörigen Lasersteuerung.



Beim Laser-Ping-Pong wird das Spielfeld aufgenommen, um die Position der Laserpointer zu erkennen. Wie kann der Computer die Laserpointer vom Spielfeld unterscheiden?



Durch die Farben. Das projizierte Spielfeld darf also nicht die Farbe von einem der Laserpointer haben.

Wieviel Zeit hat der Computer, um herauszufinden wo der Laserpointer hinzeigt und ob er den Ball trifft?



ca. 1/100 Sekunde

Was passiert, wenn jemand mit einer weißen starken Taschenlampe einen kleinen Teil des Spielfeldes beleuchtet?



Das System erkennt das weiße Licht, da es auch blaue Anteile beinhaltet. Das System wird nicht gestört.

Erwarten Sie eine Störung, wenn der rote und der grüne Laserpunkt auf die gleiche Stelle treffen?



Nein


2 × Rot = Grün

Symmetrien und farbiges Laserlicht


Wie funktioniert ein grüner Laserpointer? Symmetrien und Strukturen in nichtlinearen optischen Kristallen spielen hier eine Rolle. Sie können sehen und ausprobieren, wie man aus einem unsichtbaren Laserstrahl grünes Licht erzeugt.




Welchen Unterschied hat Laserlicht gegenüber Sonnenlicht bezüglich der Farbe?

 Sonnenlicht ist weißes Licht (alle Farben) und Laserlicht hat meistens nur eine Farbe/Wellenlänge (monochromatisch)


Welche Farbe hat das Licht in dem Laser (Exponat), bevor die Frequenz verdoppelt wird?

 Infrarot (1064 nm, unsichtbar)


Welches Bauteil erzeugt in einem grünen Laserpointer das grüne Licht?

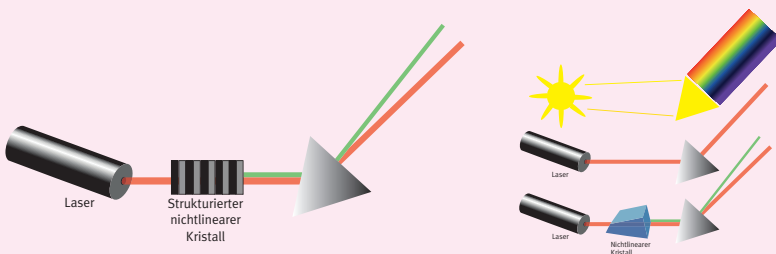
 Ein nichtlinearer optischer Kristall

Was muss man tun, um mehr Licht in einem frequenzverdoppelten Laser zu erzeugen?

 Den Kristall passend drehen (so dass die Geschwindigkeiten der beiden Wellen gleich groß sind.)

Welchen Abstand haben die Streifen in einem strukturierten nichtlinearen Kristall für die Frequenzverdopplung?

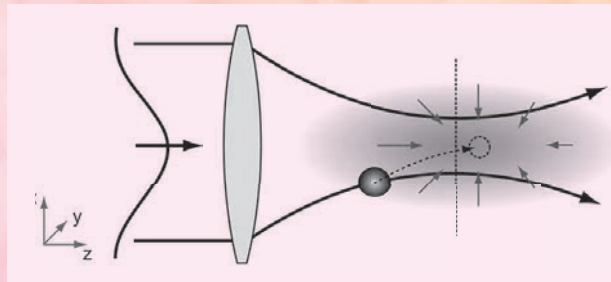
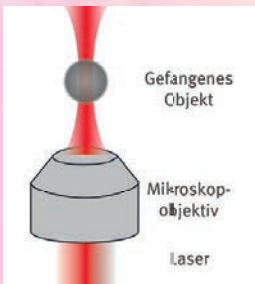
 Einige Mikrometer



Teilchen fangen mit Licht

Die Optische Pinzette

Die Möglichkeit, kleine Objekte zu kontrollieren und zu strukturieren, ist entscheidend für ein tiefgehendes Verständnis der physikalischen Besonderheiten in der Mikro- und Nanobiotechnologie. Wir zeigen, wie Licht mit Hilfe Optischer Pinzetten benutzt werden kann, um mikroskopische Objekte im Größenbereich von Nano- und Mikrometern festzuhalten, sehr präzise zu bewegen und anzuordnen. Beispielsweise demonstrieren wir mit unserem Exponat, wie man Glaskügelchen oder biologische Zellen mit einer optischen Pinzette festhält.



Was macht Licht mit Objekten?

Licht kann Objekte hinwegdrücken oder an sich heranziehen. Licht kann eine Kraft auf Objekte ausüben.



Warum ist eine optische Pinzette für Experimente mit Zellen geeignet?

Die Optische Pinzette ist steril und berührungslos. Zellen müssen daher nicht mit Nadeln oder anderen Objekten behandelt werden.



Wieviel Kraft bewirkt Licht auf Zellen? Piko-Newton



Was bestimmen wir mit optischen Fallen? Wir bestimmen die Steifigkeit einer Zelle



Wie groß sind Objekte, die mit Licht gefangen werden können?

Mikrometer, also ein Millionstel Meter



Warum könnten wir keine optische Pinzette mit einer Glühbirne bauen?

Die Intensität einer Glühbirne ist viel geringer als die eines Lasers und reicht nicht aus, um die optischen Kräfte genügend groß werden zu lassen.

Der Laser als Werkzeug

Der Laser als Werkzeug

Laserbasierte Instrumente in der Fertigungstechnik: Beispiel Interferometer mit optomechanischen Komponenten aus dem 3D-Drucker.



Was versteht man unter Photopolymerisation?



Mit Hilfe von (Laser-) Licht werden Polymere, die in einem Harz gelöst sind, aktiviert und bilden lange Ketten.

Welche Eigenschaften des Laserlichts sind für diesen Prozess entscheidend?

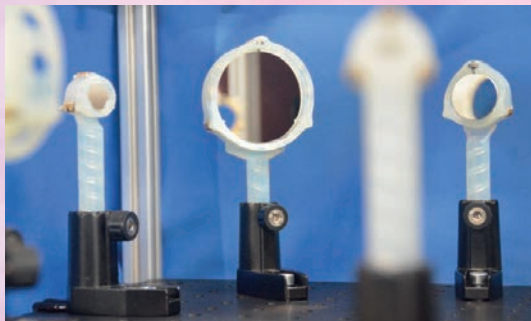
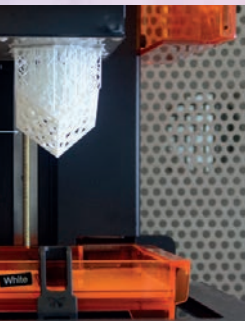


Es ist monochromatisch (hat eine Wellenlänge / eine Farbe), es lässt sich sehr klein fokussieren und besitzt eine hohe Intensität

Wofür eignet sich der 3D-Druck?



Der 3D Druck eignet sich für Prototypen, Kleinserien und als Ergänzung bestehender Verfahren



Wie werden Metalle mit dem Laser verbunden?



Sie werden erhitzt und verschmolzen

Am Stand sehen Sie einen gedruckten Spiegelhalter. Was ist ein Festkörpergelenk und welche Funktion hat dieses für den Spiegelhalter?



Siehe Exponat

Zum Greifen nahe

Holografie – Fotografie in 3D

Hologramme begegnen uns heute täglich. Sei es als Sicherheitsmerkmal auf Geldscheinen und Personalausweisen oder in Science-Fiction-Filmen zur Kommunikation. Aber wie werden Hologramme hergestellt? Was sind weitere Anwendungsgebiete der Holografie im Alltag und in der Forschung?



Am Posterstand können Sie Ihr eigenes Holodeck basteln. Welche Materialien benötigen Sie, um solche Hologramme zu erzeugen



Folie, Schere, Klebeband

Warum sind die Hologramme dieses Holodecks keine echten Hologramme?



Die Pyramide stellt einen Smartphone-Projektor dar, der den Zaubertrick eines britischen Zaubers John Henry Pepper nutzt. Die Folie ist durchsichtig, aber reflektiert auch ein bisschen, sodass bei passendem Umgebungslicht die Reflexion gut sichtbar wird.

Was wollte Dennis Gabor mit dem Prinzip der Holografie verbessern?



Dennis Gabor suchte nach einer Verbesserung von elektronenmikroskopischen Untersuchungen.

Was passiert, wenn die Lichtwelle des Lasers und die Lichtwelle des Objekts aufeinandertreffen? Kennen Sie ein anschauliches Beispiel dafür aus der Natur?



Wenn die beiden Lichtwellen aufeinandertreffen, überlagern sie sich zu einem Interferenzmuster. In der Natur kann man solche Muster auf Wasseroberflächen beobachten, wenn dort durch Tropfen Kreiswellen entstehen und diese sich überlagern.

Auf dem Poster sehen Sie ein Foto eines Prägehologramms auf einem Geldschein. Wo finden Sie weitere Prägehologramme im Alltag?



Prägehologramme findet man als Echtheitszeichen und Produktsiegel auf Bahnkarten, EC-Karten, Personalausweisen oder auf Zertifikaten für Computerprogramme.



Beobachtende Augen

Eine Videowand behält Sie im Auge und reagiert auf ihre Bewegung. Entdecken Sie spielerisch die Möglichkeiten der modernen Bildverarbeitung.



Was haben eine Kamera und ein menschliches Auge gemeinsam?



Beide haben eine Linse und viele lichtempfindliche Zellen.

Wie viele Bilder nimmt die Kamera (in etwa) in jeder Sekunde auf?



25 mal in der Sekunde schickt die Kamera ein Bild als digitale Nachricht an den Computer.

Wie kann der Computer eine Bewegung feststellen.

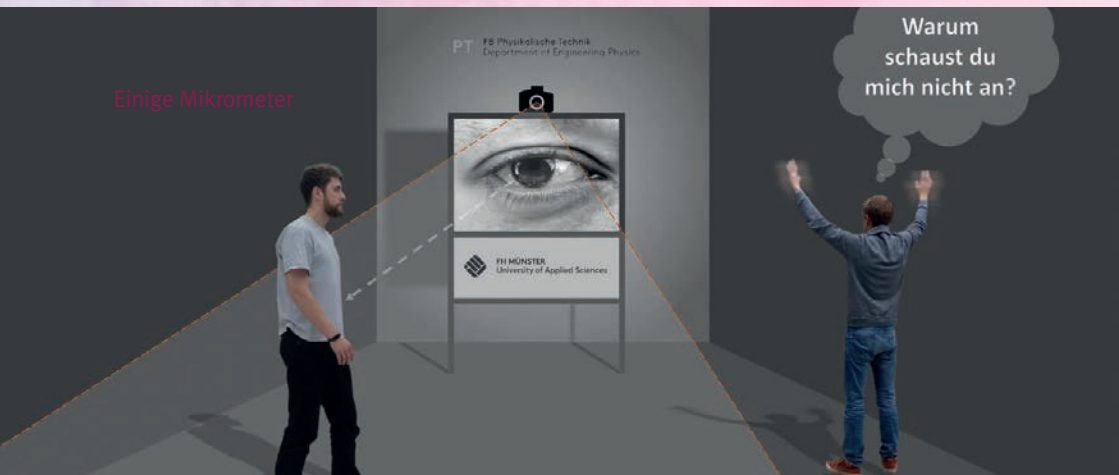


Ein Programm vergleicht jedes übermittelte Bild mit dem vorherigen.

Wie können Kamera und Auge unterschiedliche Farben erkennen?



Sie haben unterschiedliche Empfänger (Fotodioden bei der Kamera und Zapfen beim Auge) für Rot, Grün und Blau.



Es werde Licht

Symmetrie als Schalter optischer Eigenschaften in Leuchtstoffen

Die Prozesse in Leuchtstoffen sind stark abhängig von der Symmetrie der Umgebung der aktiven Zentren. Dieses zu erkennen und zu untersuchen eröffnet ein breites Wissenschaftsfeld und ermöglicht es, optische Eigenschaften von Leuchtstoffen gezielt zu nutzen.

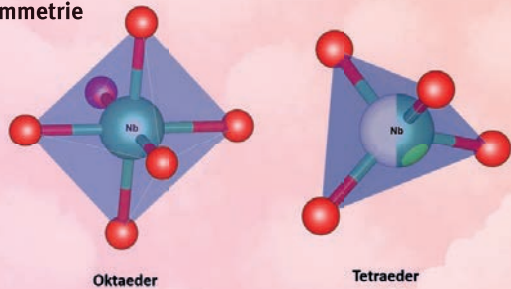


Welchen Einfluss hat die Symmetrie auf die Spektren von Eu^{3+} ?

Verschiedene Emissionsübergänge werden je nach Symmetrie unterdrückt. Man erhält so verschiedene Emissionsspektren mit verschiedenen Farben.

Wie wirkt sich die Oktaeder- bzw. Tetraedersymmetrie auf die Emissionsspektren von Mn^{2+} aus?

Unterschiedliche Emissionsspektren (rot bzw. grün)



Was versteht man unter dem Begriff Kristall?

Festkörper, bei dem Atome/Moleküle regelmäßig in einem Kristallgitter angeordnet sind.

Was versteht man unter einer Dotierung?

Einbringen von Fremdatomen in ein Grundmaterial mit mehr oder weniger Valenzelektronen als die des Grundmaterials zur gezielten Veränderung der Leiteigenschaften.

Wie werden Dotierungen in den Kristall eingebracht?

Durch Einbringen von Fremdatomen. Dies geschieht entweder bei der Kristallzucht, durch Legierung oder auch durch Diffusion


The Big Bell Test

Die Vorhersagen der Quantenmechanik auf dem Prüfstand




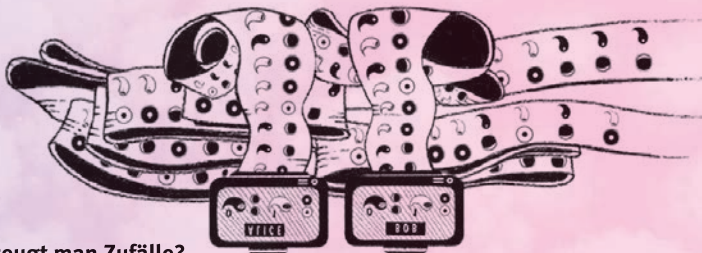
Wie kann man herausfinden, welche physikalische Theorie die Natur korrekt beschreibt? Mit dem Bell-Test können Sie es selbst ausprobieren! Sind die Vorhersagen der Quantenmechanik korrekt oder gibt es noch verborgene Theorien, die den Ausgang unserer Experimente beeinflussen?

Ist der Mond physikalisch gesehen auch da, wenn wir nicht hinsehen?

 Ja, da er ein makroskopisches Objekt darstellt, das nicht mehr den Gesetzen der Quantenmechanik unterworfen ist.

Wie kann man herausfinden, ob sich Atome & Photonen so verhalten wie Physiker denken?


 Durch Experimente




Wie erzeugt man Zufälle?

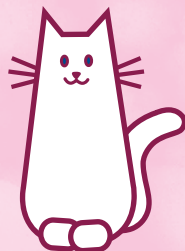
 Durch quantenmechanische Effekte, etwa den radioaktiven Zerfall.

Was ist Einsteins „spukhafte Fernwirkung“?

 Eine Verschränkung der Wellenfunktion von zwei Teilchen. Die Wellenfunktionen können nicht mehr gesondert betrachtet werden, sondern als Einheit.

Wie geht es Schrödingers Katze?

 Das hängt davon ab ob man nachsieht oder nicht. Der quantenmechanische Effekt liegt auf der Ebene der Atome des radioaktiven Stoffes, die den Hammer auslösen, der das Giftgemisch freisetzt. Dadurch ist nie klar, ob die Katze lebt oder nicht, es sei denn man überprüft es.



Sounds & Lasers



Mit Lasern tolle Lichteffekte zu erzeugen – und das sogar passend zur Musik – ist eine Kunst. Die wissenschaftlichen Grundlagen dafür stellen wir am Stand vor.

**Sie haben einen roten, einen blauen und einen grünen Laser.
Wie erzeugen Sie daraus einen orangefarbenen Laserstrahl?**



Der rote und der grüne Laser müssen zu einem Strahl überlagert werden.



Wie funktioniert ein x-y-Laserscanner?



Zwei motorisierte Spiegel lenken den Laserstrahl horizontal und vertikal ab. Dadurch kann eine Figur projiziert werden.

Wie kann mit einem Handy mit Stereo-Kopfhörerausgang ein Laserscanner gesteuert werden?



Der linke und rechte Kanal können direkt an den x- und y- Kanal des Scanners angeschlossen werden. Je „lauter“ das Audiosignal, desto größer die Auslenkung der Spiegel.



Wieviele Frequenzen (Töne) sind nötig, um mit einem x-y-Scanner einen Kreis zu projizieren?



Eine einziger Ton, der aber an den beiden Kanälen (Links-Rechts) zeitversetzt wiedergegeben wird.



Wie kann ein scharfer Laserstrahl symmetrisch aufgefächerter werden?



Beim Durchgang durch ein optisches Gitter überlagern sich die Lichtwellen nach dem Gitter zu einem aufgeweiteten Lichtmuster.

Warum kann ein Laserstrahl gefährlicher sein als ein Sonnenstrahl?



Weil viel mehr Lichtintensität auf einem kleinen Fleck ankommt und dort eine viel höhere Temperatur erzeugen kann.

**Allen Ausstellern ein herzliches Dankeschön
für ihre Beiträge zur Ausstellung.**

REDAKTION

Dr. Axel Carl, AC-Science-Consulting
Dr. Jens Kube, awk/jk

GESTALTUNG

iserundschmidt GmbH

Die Bildquellenangaben befinden sich
auf den jeweiligen Ausstellungstafeln.

INFORMATIONEN

Die Highlights der Physik im Internet:
www.highlights-physik.de

Aufgabenheft (ab sofort) und Lösungen (ab dem 23.9.2017)
als PDF zum Download unter:
www.highlights-physik.de/kids-schule/lehrkraefte

2017 highlights der physik

Inspiziert und begeistert durch den Erfolg des „Jahres der Physik 2006“ veranstalten das Bundesministerium für Bildung und Forschung und die Deutsche Physikalische Gesellschaft seit 2001 ein jährliches Physikfestival: die „Highlights der Physik“. Das Festival zieht mit jährlich wechselnder Thematik von Stadt zu Stadt. Mitveranstalter sind stets ortsansässige Institutionen. Die vorliegende Broschüre erscheint zu den „Highlights der Physik 2017: Struktur & Symmetrie“ (Münster, 18. – 23.9.2017).
Infos: www.physik-highlights.de

Veranstalter



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Deutsche Physikalische Gesellschaft



WWU
MÜNSTER

Partner



Klaus Tschira Stiftung
gemeinnützige GmbH



Förderer



Medienpartner

