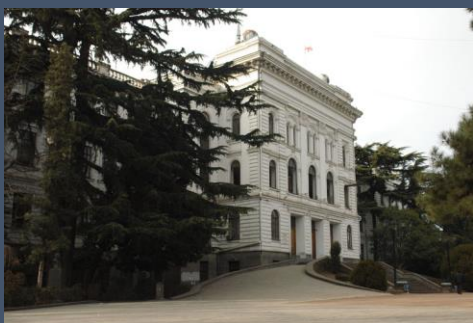


ფიზიკის სწავლების გამოწვევები და სირთულეები ირმა მგელაძე ფიზიკის და მათემატიკის მასწავლებელი





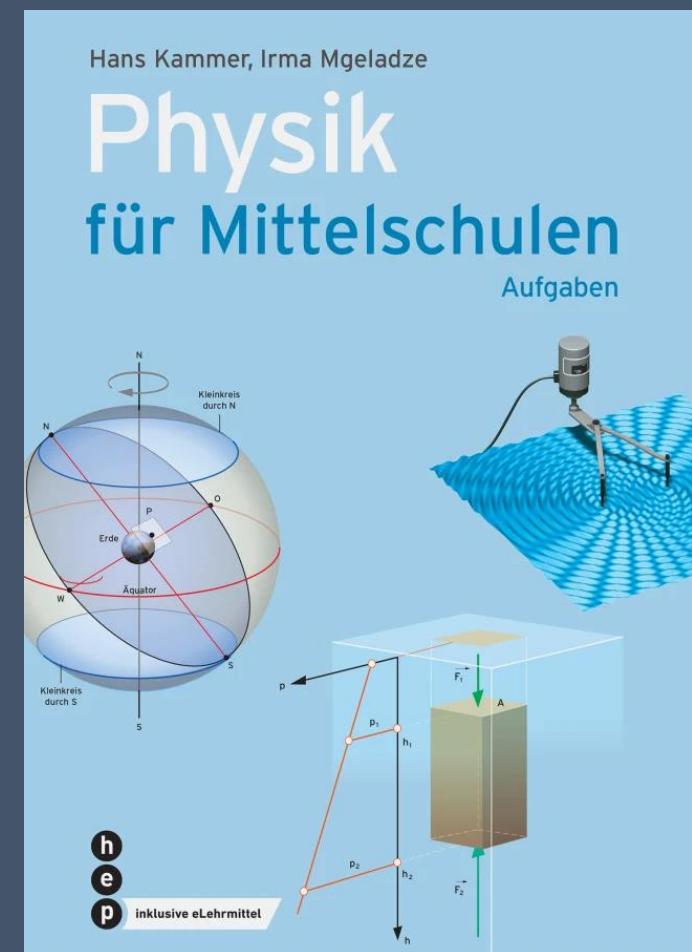
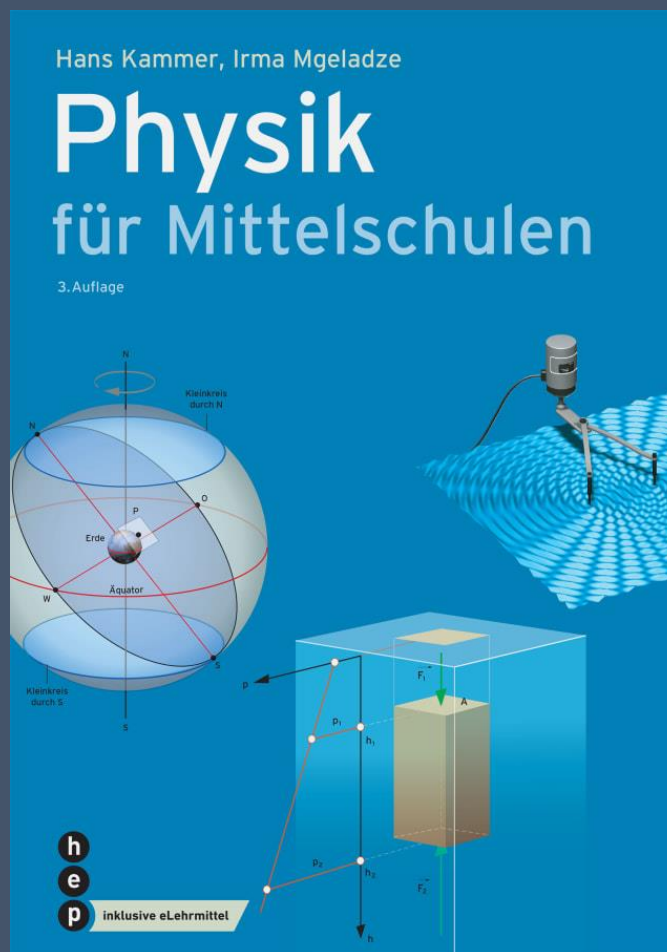
Studium an
Univestität
Tbilissi,
Georgien



JINR, Joint
Institute for
Nuclear Research
Dubna, Moskau



ITP (Institut für
Theoretische
Physik)
Universität Bern





**“If you only do what you can
do, you will never be more
than who you are”
— Master Shifu**



Tbilisi, Georgia



ძველი თბილისი.
 ხედი სოლოაკიდან. უკანა პლანზე,
 მარჯვნივ: სამების საკათედრო
 ტაძარი (1995-2003 წწ.).

OLD TBILISI
 View from Sololaki. In the background,
 right: Trinity (Sameba) Cathedral
 Church (1995-2003).

ბეჭდვა
 Artanuj Publishers

www.artanuji.ge

Liebe Irma
 Warst du schon einmal
 in Tscheti? Wenn ja, ist
 dir bestimmt die Fahrt
 dorthin in Erinnerung! Ein
 Paradies für Vielprotographier
 die Hölle für alle mit zuvacker
 Nerven. Denn es geht links
 unten hoch und rechts oben
 runter. Ich habe es aber
 genossen und viele protograph
 Liebe erasse aus Tbilisi
 Lyfänder

Irma Meibohm
 Reimstrasse 12
 3085 Spiegel
 Switzerland



საზოგადოების მომავალი მის მასწავლებლისადმი
დამოკიდებულებით განისაზღვრება
კარლ იასპერსი (1883-1969) გემანელი ფილოსოფოსი

თანამედროვე (?) ფიზიკის სწავლების გამოწვევები და სირთულეები

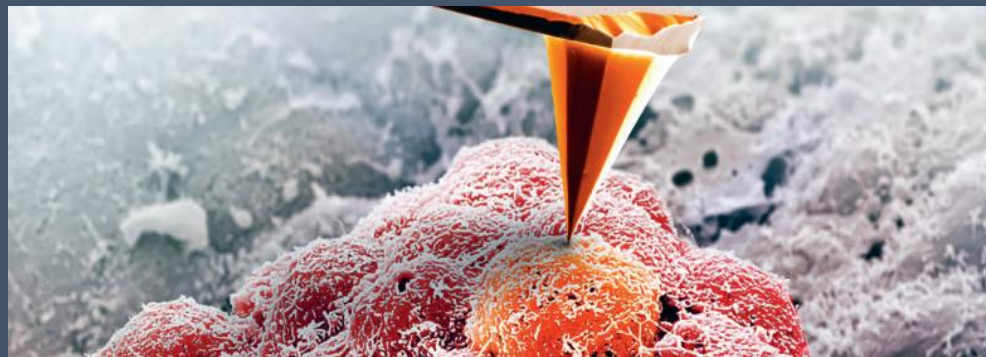
- თანამედროვე ფიზიკის თემები
- კლასიკური თემების თანამედროვეობისადმი მისადაგება
- თანამედროვე ტექნოლოგიებით ფიზიკის სწავლება

მოსწავლეების მოლოდინი

ბუნების მოვლენები



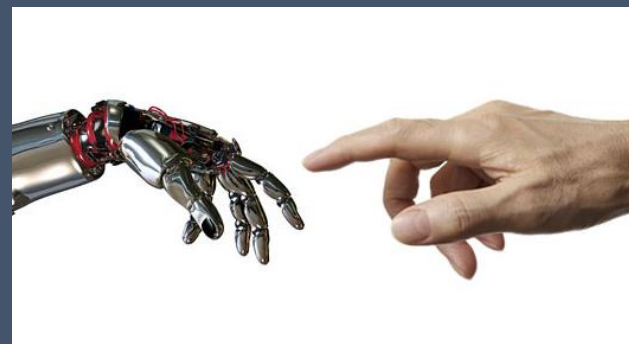
თანამედროვე კვლევები



გამოცდილება



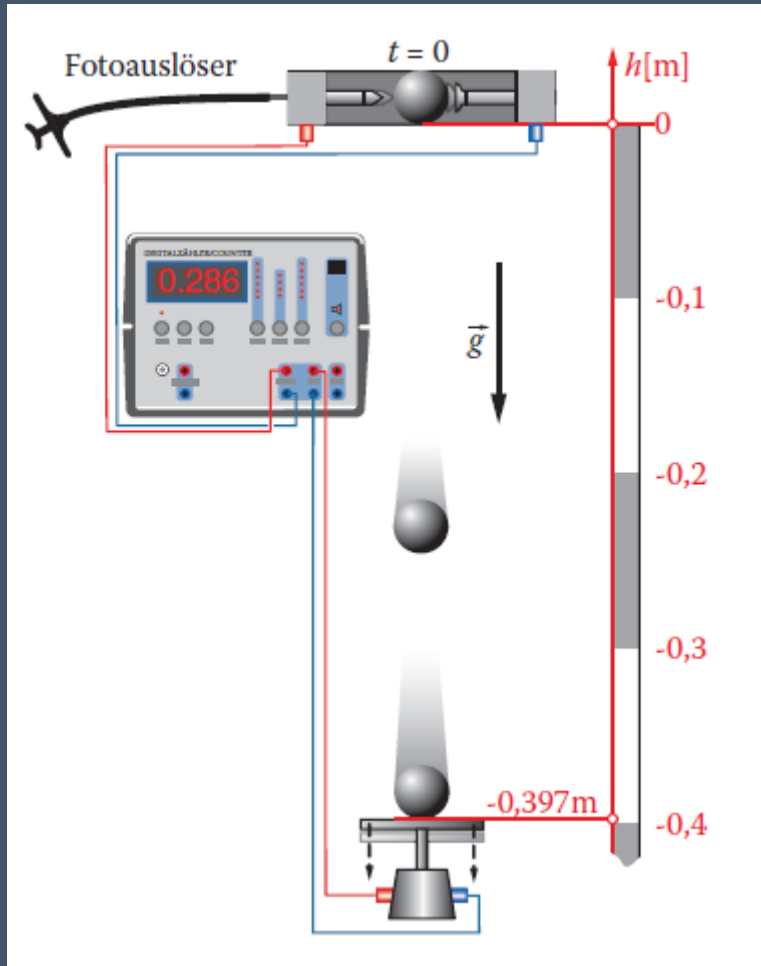
თანამედროვე ტექნიკა



მოსწავლეების განწყობა საბუნებისმეტყველო საგნების მიმართ



ფიზიკისადმი ინტერესი იკარგება საკლასო ოთახში



ფიზიკის გაკვეთილზე

...გამოვიყენებთ სიტყვებს, რომელიც სხვაგან არსად არ გვჭირდება

...ვაკეთებთ ისეთ რამეს, რომელსაც არსად არ გაგვიკეთებია

...ვხმარობთ ნივთებს, რომელიც არსად არ გვინახავს

...გადაგვყავს მოსწავლეები წარმოსახვითი რეალობაში

...ავლწერთ “სინთეტიკური სამყაროს“, მოვლენებს რომლებიც ბუნებაში თითქმის არ გვხვდება

...დრო აღარ გვრჩება ბუნებრივი მოვლენების და აქტუალური თემების შესასწავლად

ფიზიკისადმი ინტერესი იკარგება საკლასო ოთახში



საფუძვლიანი მორევის შედეგად, ჩაის ფოთლები ფართო ჩაის ფინჯანში ერთ ადგილზე კონცენტრირებულად ილექება

ფიზიკისადმი ინტერესი იკარგება საკლასო ოთახში



საფუძვლიანი მორევის შედეგად, ჩაის ფოთლები ფართო ჩაის ფინჯანში ერთ ადგილზე კონცენტრირებულად ილექება
Einstein, A (1926). Die Ursache der Mäanderbildung der Flußläufe und des sogenannten Baerschen Gesetzes. Die Naturwissenschaften, 14, doi:10.1007/BF01510300
სამეცნიერო სტატიის თემაზე მეანდრების (მდინარის კლაკნილი კალაპოტი „ხევთა მოგრაგნის“) წარმოქმნის შესახებ

სკოლაში ფიზიკის სწავლების მიზანი

- მოწაფემ, რომელსაც თავის ცხოვრებაში არასოდეს ექნება ფიზიკასთან შეხება, სკოლიდან უხდა მიიღოს ამ მეცნიერებაზე და მისი კვლევის მეთოდებზე სრული წარმოდგენა (ბაზელის თეზები, 1985)
- მასალის სრულყოფილ ათვისებაზე (რომელიც ისედაც შეუსრულებელი ამოცანაა) მნიშვნელოვანია, რომ მოსწავლეებს გამოვუძეოთ ფიზიკისთვის დამახასიათებელი აზროვნების სტილი და ვასწავლოთ პრობლემების გადაწყვეტის მეთოდები ამ მიზნებისთვის კარგად არჩეული თემებით

- რა თემებით შევძლებთ ჩვენი მიზნების და მოსწავლეთა მოლოდინების თანხვედრას?
- რა თემები დააინტერესებს ახალგაზრდებს და მისცემს მათ საგანის არსზე სრულყოფილ წარმოდგენას?
- ფიზიკის რომელი თემებია საზოადოებისთვის მნიშვნელოვანი, რომ ახალგაზრდა მომზადებული იყოს როგორც მოქალაქე?

საგნობრივი სისტემატიკის და თანამედროვე კონტექსტის სინთეზი

- კონტექსტების სწორი შერჩევა, სადაც გასაგები იქნება თემის სტრუქტურა
- მოდელების აგება და მათი სამოქმედო არეების განსაზღვრა. მოდელების აგების გარეშე ბუნების მოვლენის მეცნიერული ანალიზი შეუძლებელია
- მათემატიკური მეთოდის სწორი შერჩევა

თანამედროვე თემების სწავლების არასაკმარისობა

- ხშირ შემთხვევაში ხდება საკითხის მხოლოდ თვისობრივი განხილვა
- მიღებული ცოდნა არ არის საკმარისი სხვა მსგავს პრობლემაზე გამოყენებისთვის
- კონტექსტზე მიბმული ცოდნა არ სცილდება კონტექსტის ფარგლებს
- გადასვლა სხვადასხვა თემებს შორის ხშირად ილუზიაა

თანამედროვე ფიზიკის თემები

- თემები, რომლებიც მიესადაგება სასკოლო პროგრამას და მოზარდთა დონეს ფიზიკის საბაზისო კურსში
- თემის დიდაქტიკური დატვირთვა
- სწავლების სირთულეები

თანამედროვე ფიზიკის თემები

- ქვანტური მექანიკა
- რელატივისტური თეორია
- კოსმოლოგია
- ქაოსის თეორია
- ნანოტექნოლოგიები
- ნაწილაკების ფიზიკა

ქვანტური მექანიკა

- ქვანტური მექანიკა ფიზიკის სასკოლო (11-12 კლასები) საბაზისო კურსის განუყოფელი ნაწილი უნდა გახდეს
- თანამედროვე ინდუსტრია დიდწილად ქვანტური ფიზიკის პრინციპებს ეყრდნობა
- ქვანტური ფიზიკა ფუნდამენტია სხვა საბუნებისმეტყველო საგნების შესწავლისას: ქიმია, ბიოლოგია, ინფორმატიკა (ქვანტური კომპიუტერი)

ქვანტური მექანიკის თემები

- | | |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ფოტოეფექტი | გამოყენება |
| 2. რენტგენის გამოსხივება | • სენსორები |
| 3. კომპტონის ეფექტი | • მზის ელემენტები, ქიმიური ფოტოსინთეზი |
| 4. დე-ბროილის ტალღის სიგრძე | • რენტგენული დიაგნოსტიკა |
| 5. იონსონის ექსპერიმენტი: ელექტრონების ინტერფერენცია | • კომპიუტერული და მაგნეტორეზონანსული დიაგნოსტიკა, MRI, AFM |
| 6. კორპუსკულარულ-ტალღური დუალიზმი | • მონაცემთა შენახვა, ციფრული კამერა |
| 7. ჰეიზენბერგის განუზღვრელობის პრინციპი | • გვირაბული ეფექტი, STM |
| 8. შრედინგერის განტოლება | |

რელატივისტური თეორია

- ახალგაზრდებში დიდი ინტერესით სარგებლობს ისეთი პარადოქსების გამო, როგორცაა ტყუპების პარადოქსი, დროის მანქანა...
- ამას ემატება აინშტაინის პოპულარობა
- შესაძლებელია ფენომენოლოგიური სწავლება, როგორც ამას ლევ ეპსტეინი აკეთებს, ასევე ლორენცის გარდაქმნებით, რაც შედარებით რთულია
- ექსპერიმენტების ჩატარება შეუძლებელია, რაც მასალის გადმოცემას ართულებს

კოსმოლოგია

- კოსმოლოგია შეისწავლის სამყაროს. დიდი აფეთქება და სამყაროს გაფართოება კოსმოლოგიის სტანდარტულ თეორიას წარმოადგენს.
- ახალგაზრდებისთვის საინტერესოა კოსმოსის კვლევის ისეთი მეთოდები, როგორც არის, მაგალითად, სპექტრალური ანალიზი. დოპლერის ეფექტის გამოყენებით და კოსმოსური გამოსხივების ფლუქტუაციებით ხდება ზუსტი დათვლები, რაც სკოლის ფიზიკის ფარგლებში სწავლებაა
- ბნელი მატერია და ბნელი ენერჯია დიდ ინტერესს იწვევს მოსწავლეებში, მაგრამ მათემატიკური ფორმალიზმი და ფარდობითობის ზოგადი თეორია სცილდება საბაზისო ფიზიკის ფარგლებს

ნაწილაკების ფიზიკა

- ნაწილაკების ფიზიკა ბოლო დროს ხშირად ხდებდა საზოგადოების ინტერესისი სფეროში. ჰიგსის ნაწილაკის „ღვთიურ ნაწილაკად“ მონათვლამ ეს ინტერესი კიდევ უფრო გააძლიერა.
- ნაწილაკების ფიზიკის და სტანდარტული მოდელის მიწოდება ახალგაზრდებისადმი არ სცილდება თვისობრივ აღწერას, რაც ამ თემის სირთულიდან გამომდინარეობს.

კლასიკური თემების თანამედროვეობისადმი მისადაგება

10. Elektroauto Tesla

Elektroautos der amerikanischen Firma Tesla sind heute im Trend. Diese Autos verfügen über Elektromotoren, welche die Räder einzeln antreiben. Da diese Autos selber kaum Schadstoffe, insbesondere kein Kohlendioxidgas emittieren, sind sie ökologisch mustergültig.



Figur 11 „Tankstelle“ für Elektroauto „Tesla“

insbesondere kein Kohlendioxidgas emittieren, sind sie ökologisch mustergültig.

Das Modell Tesla S beschleunigt in 3 s von 0 auf 100 km/h und kostet ab ca. CHF 80'000.-. Die Reichweite mit einer Batterieladung beträgt ca. 500 km.

- Berechnen Sie die Beschleunigung dieses Autos.
- Wie gross ist der Weg, der in dieser Zeit zurückgelegt wird.

კლასიკური თემების თანამედროვეობისადმი მისადაგება

94. Niesen Treppenlauf auf der längsten Treppe der Welt (11'674 Stufen)



Figur 87 Niesenlauf

Seit 2004 findet jedes Jahr der Niesen-Treppenlauf statt. Die Treppen befinden sich direkt neben der Niesenbahn. Sie ist eine der längsten Standseilbahnen Europas (1. Sektion 2111 m und 2. Sek 1388 m). Die maximale Steigung der Bahn beträgt 68%.

Start auf 693 m über Meer,
Ziel auf 2'362 m über Meer.

Siegerzeit Damen: 1 Stunde 19 Minuten 4 Sekunden
Siegerzeit Herren: 59 Minuten 56 Sekunden

- Welche physikalische "Hubleistung" erbringen die Siegerin und der Sieger.
Annahme: Masse der Frauen 65 kg, Masse der Männer 85 kg ist
- Warum erbringt der menschliche Körper in Wirklichkeit eine viel höhere Leistung (siehe auch Aufgabe 89).

კლასიკური თემების თანამედროვეობისადმი მისადაგება

106. Bungee-Jumping beim Stockhorn 1

Laut „Stockhorn Bungee“ wird aus einer Höhe von 134 Meter aus einer Gondel der Stockhornbahn gesprungen. Die Seillänge beträgt im Sommer 32 m. Die minimal zugelassene Masse ist 45 kg, die maximale 115 kg. Nach mehrmaligem Auf und Ab bleibt eine Person 65 m über dem Stockhornsee hängen, wird dann zum See abgelassen und von einem Schiff geborgen.

Das Bungee-Seil besteht aus vielen Gummifäden (je nach Tragkraft 1'000 - 1300 Fäden). In besseren Bungee-Seilen ist zusätzlich ein Dehnungsbegrenzer eingebaut, ein am Gummiseil wellenartig angebrachtes, leicht elastisches Gewebepband, das beim Sprung die normale Dehnung des Gummis zunächst nicht hindert. Bei einer übermäßigen Dehnung oder bei einem Riss des Gummibandes verhindert das Gewebepband aber den Absturz des Springers oder der Springerin.

Wird das Seil belastet, so wird es maximal etwa auf das Drei- bis Vierfache gedehnt.



Figur 94 Sprung in Richtung Stockhornsee



Figur 95 Aufbau eines Bungee-Seils

კლასიკური თემების თანამედროვეობისადმი მისადაგება

Kopfball beim Fußball

„Die Medizinerin Inga Körte hat belegt, dass die sogenannte „weiße Substanz“ - die Leitungsbahnen im Gehirn - bei Fußballern stark leidet. Im Interview spricht die Radiologin über die Hauptursache Kopfballspiel“ FAZ von 06.08.2013
<http://www.faz.net/aktuell/sport/fussball/radiologin-koerte-im-gespraech-man-muss-nicht-gleich-den-kopfball-verbieten-12399762.html>

Die Athleten können den Ball auf enorme Geschwindigkeiten beschleunigen. Beim Fußball liegt der Rekord bei unglaublichen 212 km/h. Die durchschnittliche Geschwindigkeit eines



Schusses beim Fussballspiel beträgt 120 km/h. Die Masse des Balles beim Fussball liegt zwischen 396 g und 453g (etwa 450 g)

Berechnen Sie die Kraft für beiden (212 km/h und 120 km/h)

Geschwindigkeiten, wenn der Spieler den Ball mit dem Kopf abbremst und in beiden Fällen der Ball um etwa 10 cm zusammengedrückt wird.

http://www.sport1.de/internationalerfussball/2014/08/newspage_943987

კლასიკური თემების თანამედროვეობისადმი მისადაგება

Kopfball beim Fußball

„Die Medizinerin Inga Körte hat belegt, dass die Leitungsbahnen im Gehirn - bei Fußballern stark leiden über die Hauptursache Kopfballschläge.“
<http://www.faz.net/aktuell/sport/fussball/radiologin-koerten-den-kopfball-verbieten-12399762.html>

Die Athleten können den Ball auf enorme Geschwindigkeit beschleunigen. Der Rekord liegt bei unglaublichen 212 km/h. Die



http://www.sport1.de/internationalerfussball/2014/08/newspage_943987

რამოდენიმე ამოცანა ჩემი მომავალი წიგნიდან

30. Landung des Roboters Philae auf Komet Tschuri

Philae war die erste Weltraumsonde, der auf einem Kometen landete. Die Landungs-sonde der ESA war mit der Trägersonde Rosetta seit dem 2. März 2014 zum Kometen unterwegs.



„Die Abtrennung des Landers erfolgte am 12. November 2014 um 8:35 Uhr UTC in einer Entfernung von 22.5 km zum Kometenkern. Nach etwa sieben Stunden im freien Fall und einer Sinkgeschwindigkeit von etwa 1 m/s setzte die Sonde erstmals auf dem Kometen auf.“

[https://de.wikipedia.org/wiki/Philae_\(Sonde\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Philae_(Sonde))

- Berechnen Sie die Fallbeschleunigung auf dem Kometen. Arbeiten Sie mit einer Fallstrecke von 22.5 km.
- Berechnen Sie die Landegeschwindigkeit der Sonde und vergleichen Sie mit dem angegebenen Wert der „Sinkgeschwindigkeit“.
- Während der Abtrennung bewegte sich Rosetta mit einer Eigengeschwindigkeit von etwa 16 km/s. Wie sieht die Bahn von Philae unter Berücksichtigung dieser Geschwindigkeit bezüglich der Sonne aus. Wie weit vom Abtrennungsort von Rosetta landete diese Sonde.
- Wie sieht die Philae-Bahn vom Komet aus, wenn wir annehmen, dass der Komet und Rosetta zu diesem Zeitpunkt die gleichen Geschwindigkeiten hatten und sich in die gleiche Richtung bewegten?
- „Um 17:03 Uhr MEZ wurde eine erste Bestätigung der Landung empfangen, wobei das Signal etwa 28 Minuten benötigt“ steht in der gleichen Quelle. Wie weit war die Sonde von der Erde entfernt, wenn sich das Radiosignal mit Lichtgeschwindigkeit bewegt?

40. Synchrotron SLS



Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS am Paul Scherrer Institut PSI in Villigen AG



SLS mit LINAC 100 MeV, Booster 2.4 GeV, Speicherring und Experimentierstationen

Das Synchrotron ist ein Teilchenbeschleuniger, in dem geladene Teilchen, gewöhnlich Elektronen, auf sehr hohe Geschwindigkeiten beschleunigt werden können, wodurch die Teilchen sehr hohe kinetische Energien erhalten.

Im Linearbeschleuniger (LINAC) der Synchrotron Lichtquelle Schweiz (SLS) am Paul Scherrer Institut in Villigen (AG) werden Elektronen zuerst auf eine Energie von 100 MeV vorbeschleunigt und im Booster (Hauptbeschleuniger) dann weiter auf die Endenergie von 2.4 GeV (2'400 MeV) nachbeschleunigt. Anschließend werden diese hochenergetischen Elektronen in den Speicherring injiziert, wo sie durchschnittlich 10 Stunden verweilen und dabei wegen ihrer (beschleunigten) Kreisbewegung das erwünschte Synchrotron-Licht (von UV bis zu harten Röntgenstrahlen) erzeugen.

Elektromagnetische Strahlung wozu das Synchrotron-Licht gehört, entsteht nach der Theorie der Elektrodynamik immer dann, wenn sich geladene Teilchen, hier Elektronen, beschleunigt bewegen.

- Berechnen Sie die Geschwindigkeit der 2.4 GeV-Elektronen auf klassischem Weg. Warum ist das Resultat unbrauchbar?
- Berechnen Sie die Geschwindigkeit der 2.4 GeV-Elektronen, indem Sie die Zunahme der Elektronenmasse bei sehr hohen Geschwindigkeiten berücksichtigen.

Benutzen Sie die hier korrekte Formel für die relativistische kinetische Energie:

$$E_{\text{kin}} = (\gamma - 1) \cdot m_e \cdot c^2 \quad \text{mit} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (\text{Lorentzfaktor})$$

Berechnen Sie zuerst den Lorentzfaktor γ .

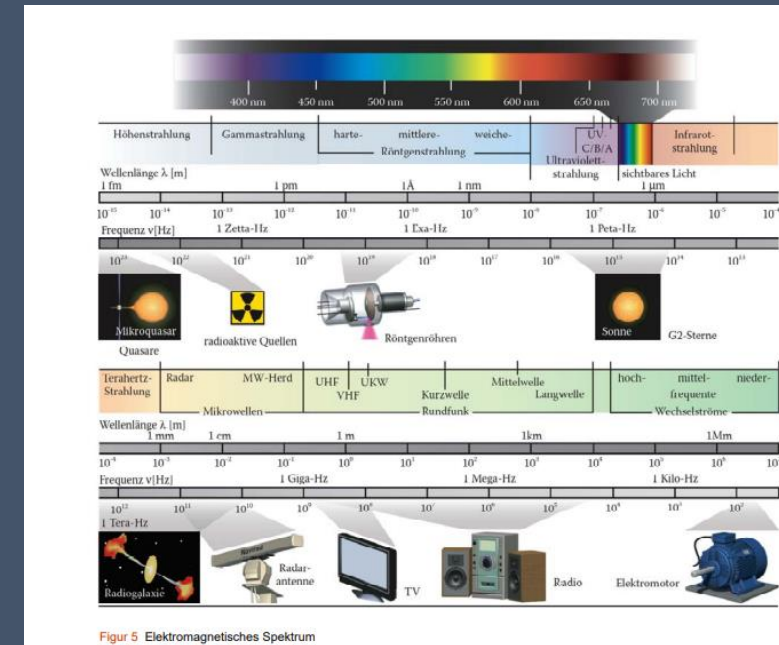
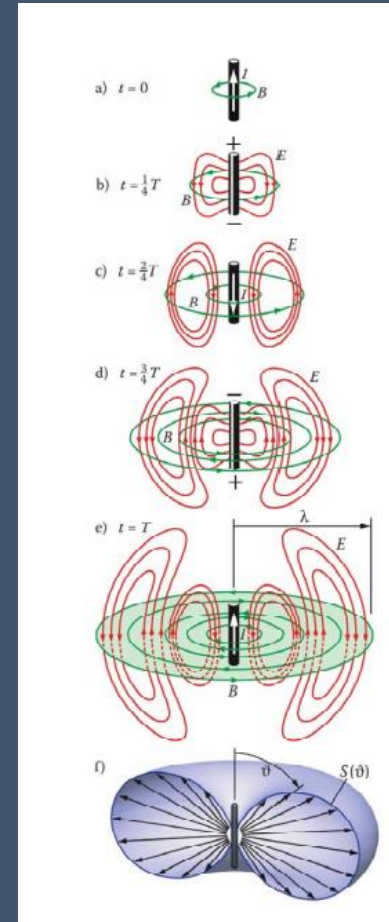
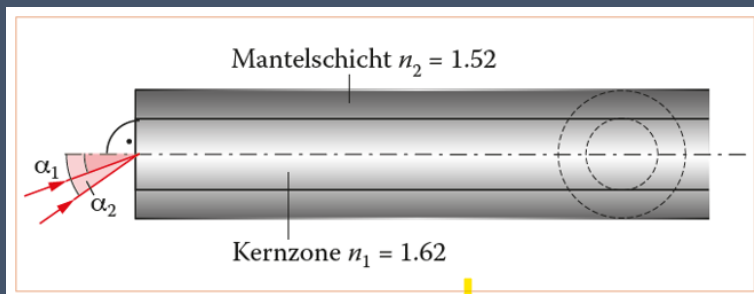
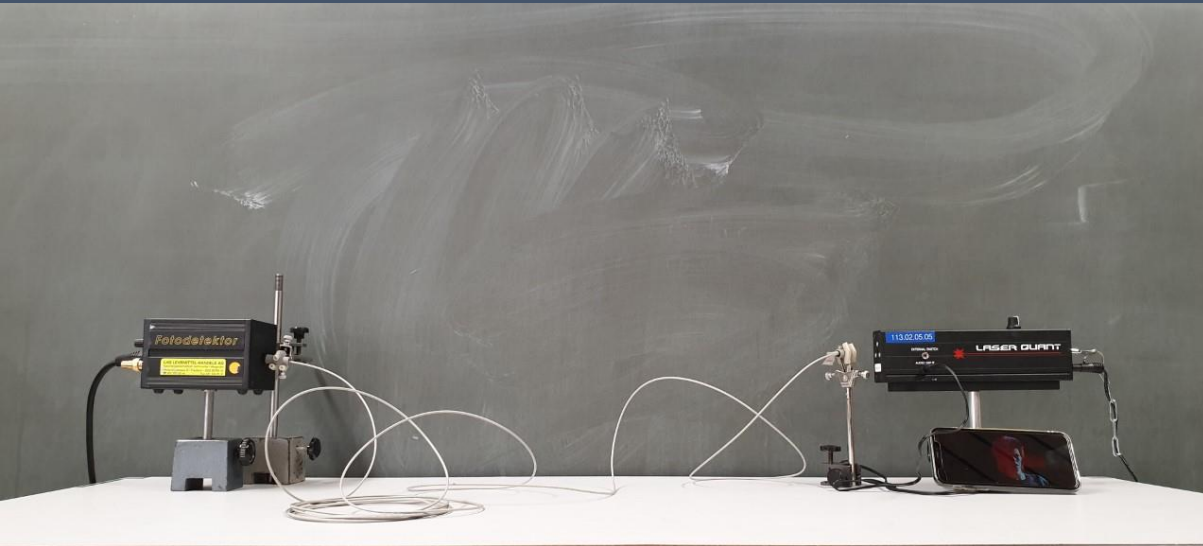
- Berechnen Sie den relativistischen Impuls $\vec{p} = \underbrace{\gamma \cdot m_e}_{m} \cdot \vec{v}$. Das Produkt $\gamma \cdot m_e = m$ bezeichnet

man etwa auch als dynamische Masse des Elektrons. $m_e = 9.1094 \cdot 10^{-31}$ kg bezeichnet man dagegen als Ruhemasse des Elektrons.

- Berechnen Sie jetzt den Betrag des \vec{B} -Felds, welches erforderlich ist um die Elektronen im Speicherring der SLS auf eine Kreisbahn mit einem Umfang von 288 m zu „zwingen“. Benutzen Sie den folgenden Ausdruck für den (relativistischen) Impuls:

$$\underbrace{e \cdot v \cdot B}_{\text{Lorentzkraft}} = \underbrace{m \cdot v^2}_r \quad \Rightarrow \quad p = m \cdot v = e \cdot r \cdot B \quad (\text{Impuls})$$

ინფორმაციის გავრცელება ელექტრომაგნიტური ტალღით, იპტიკური ბოჭკო (დრული რეფლექსია)

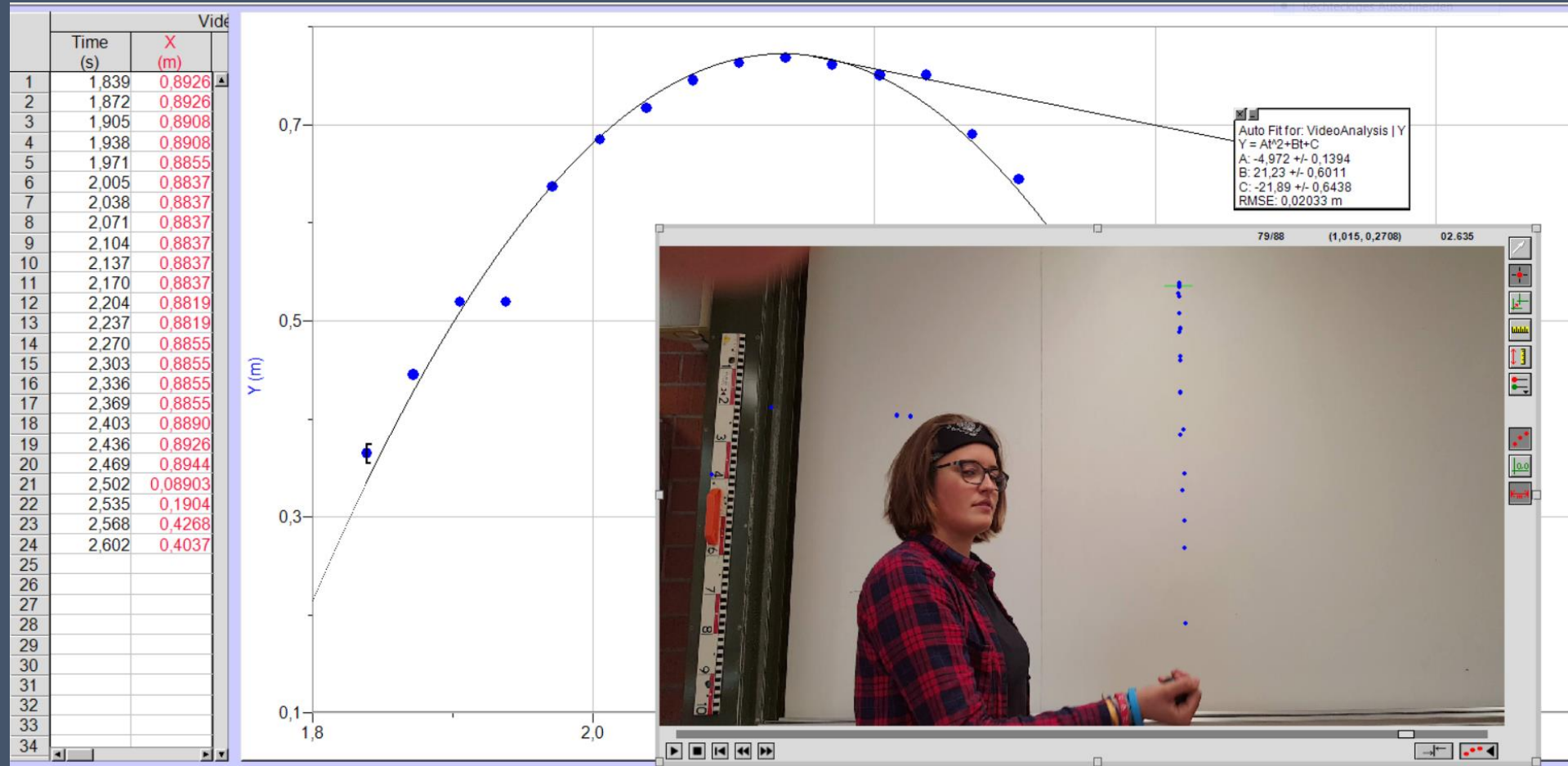


თანამედროვე ტექნოლოგიებით ფიზიკის სწავლება

- ციფრული გაზომვები და ანალიზი
 - დადებითი მხარეები და გამოყენების შესაძლებლობები

- პროგრამირებადი ელექტრონიკა

Vernier Logger Pro ვოდეოანალიზი



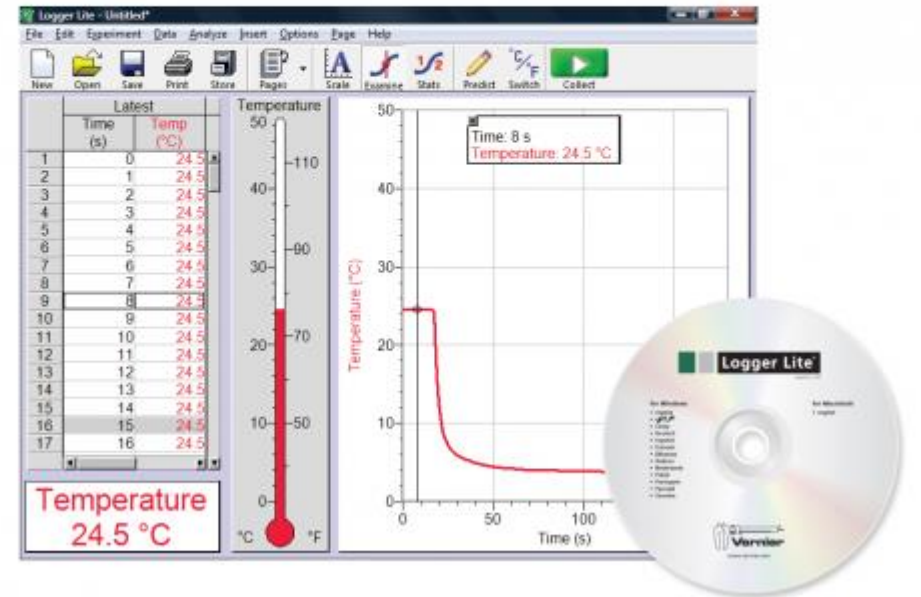
ციფრული გაზომვებისა და ანალიზის დადებითი მხარე

- ყურადღების ცენტრში ფიზიკური მოვლენები ექცევა და არა გაზომვები
- კომპიუტერი თავის თავზე იღებს მათემატიკური სირთულეებს, რათა ამოცანის ფიზიკურ შინაარსი უფრო ნათლად წარმოჩინდეს
- საშუალება გვძლევს, მეტი ცხოვრებისეული ამოცანები გამოვიკვლიოთ
- მონაცემთა ანალიზი სისტემაშივე მიმდინარეობს
- მოსწავლეები ეცნობიან ექსპერიმენტების დაყენებას კომპიუტერის დახმარებით

Vernier Logger Pro



Logger Lite



80 სენსორი
40 უკაბელო სენსორი

როდის გამოიყენება ციფრული გაზომვები და ანალიზი?

- იმ ექსპერიმენტებში, რომლებშიც პროცესები ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს (ინდუცირებული ძაბვის გაზომვა, ბგერის სიჩქარის გაზომვა, ძალის იმპულსის გაზომვა)
- იმ ექსპერიმენტებში, რომლებშიც პროცესები ძალიან ნელა მიმდინარეობს (ნახშირორჟანგის შემცველობის გაზომვა, ტემპერატურის ცვლილებაზე დაკვირვება)
- ერთი და იგივე ტიპის ექსპერიმენტის მრავალჯერ ჩატარებისას, როდესაც პარამეტრების მცირე რაოდენობა იცვლება (წრედის სხვადასხვა ელემენტებისათვის დენის დამოკიდებულების განსაზღვრა ძაბვაზე)
- იმ ექსპერიმენტებში, რომლებშიც პროცესები ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს და ამვე დროს სიგნალი ძალიან სუსტია (ძაბვის გაზომვა პიეზო კრისტალებში)

დამოუკიდებელი მუშაობა ჯგუფებში

- Phyphox App ჩამოტვირთეთ მობილურზე და გააკეთეთ ორი ექსპერიმენტი
 1. ბურთის არაელასტიური არეკვლა
 2. წნევის ცვლილების დამოკიდებულება ძალაზე
 - ინდუქციური ქურა
 - თმის სისქის გაზომვა ლაზერის მეშვეობით
 - რადიოაქტივობა, პუასონის
 - მოძრაობის სენსორით დახრილ სიბტყეზე მოძრაობის ანალიზი
- ექსპერიმენტის ჩასატარებლად აუცილებელია ჩამოთვიროთ:
- <https://www.vernier.com/products/graphical-analysis/free/>



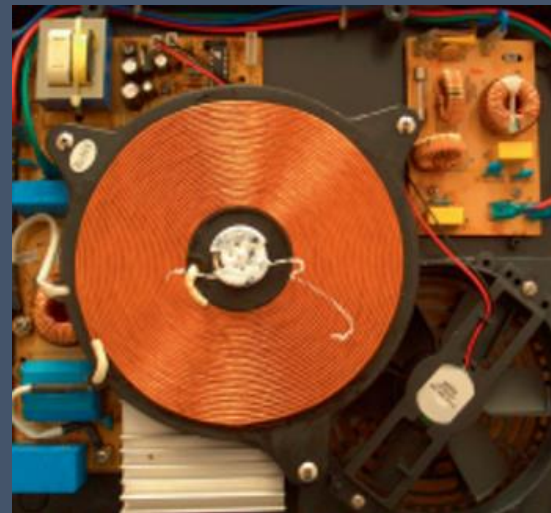
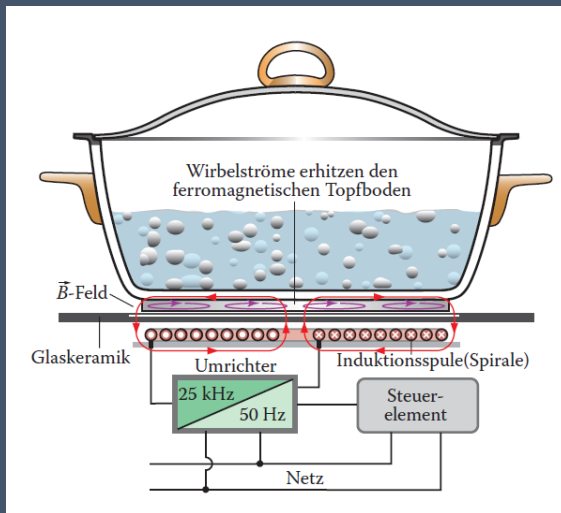
Your smartphone is a mobile lab.

**RWTHAACHEN
UNIVERSITY**

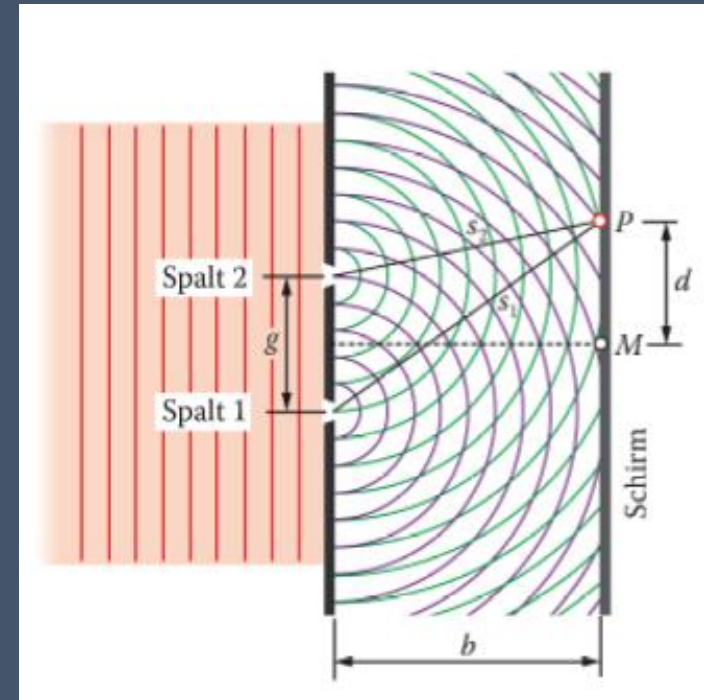
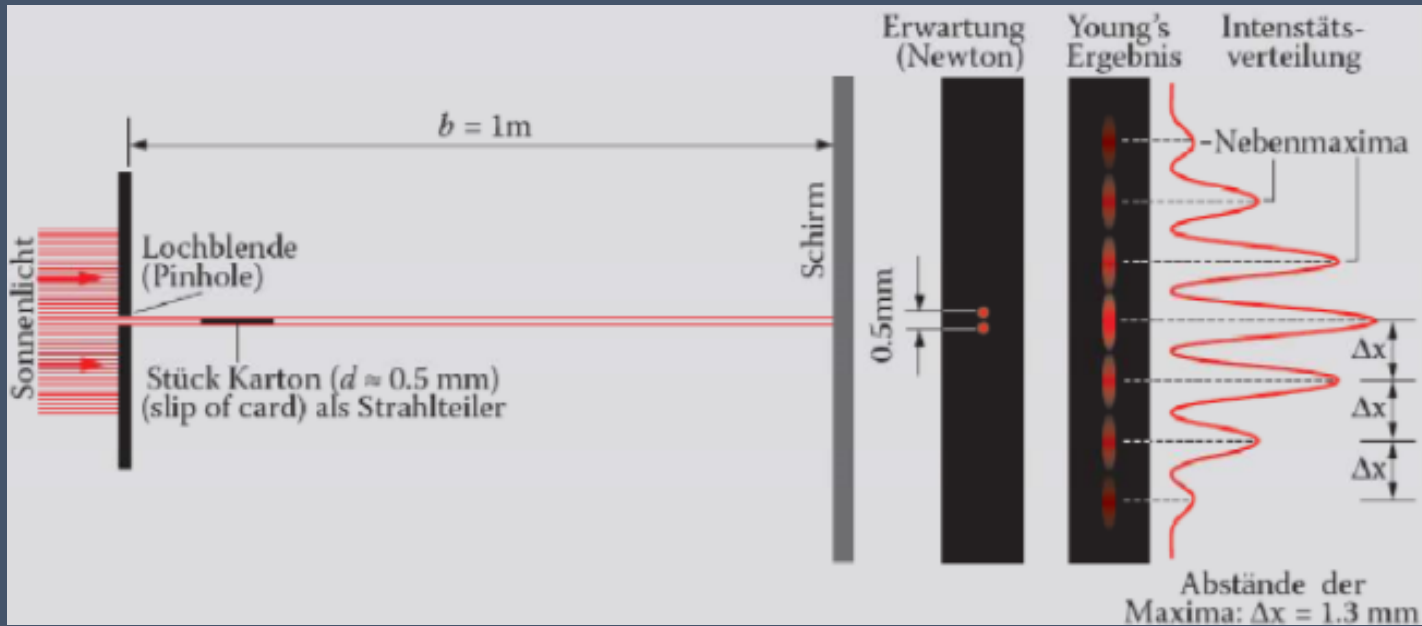
Download for free:



ინდუქციური ქურა

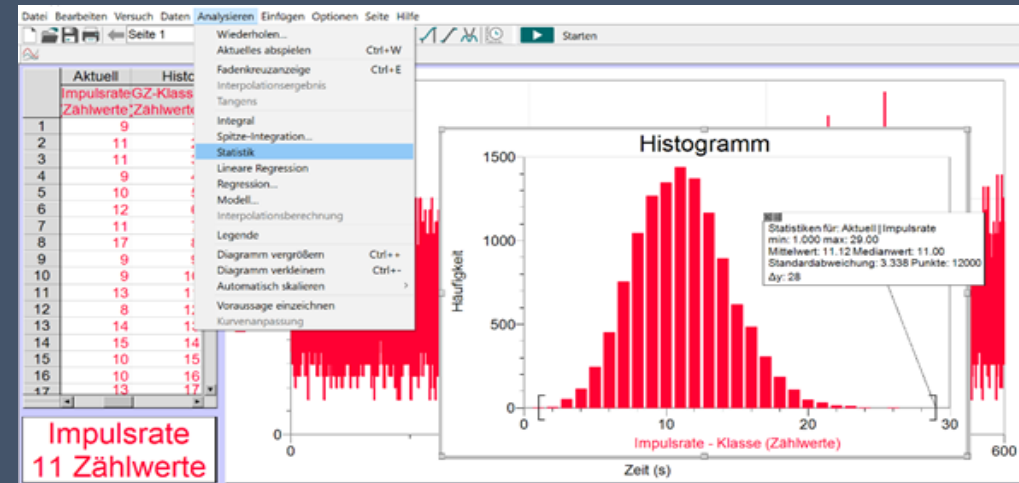


თმის სისქის გაზომვა ლაზერის მეშვეობით

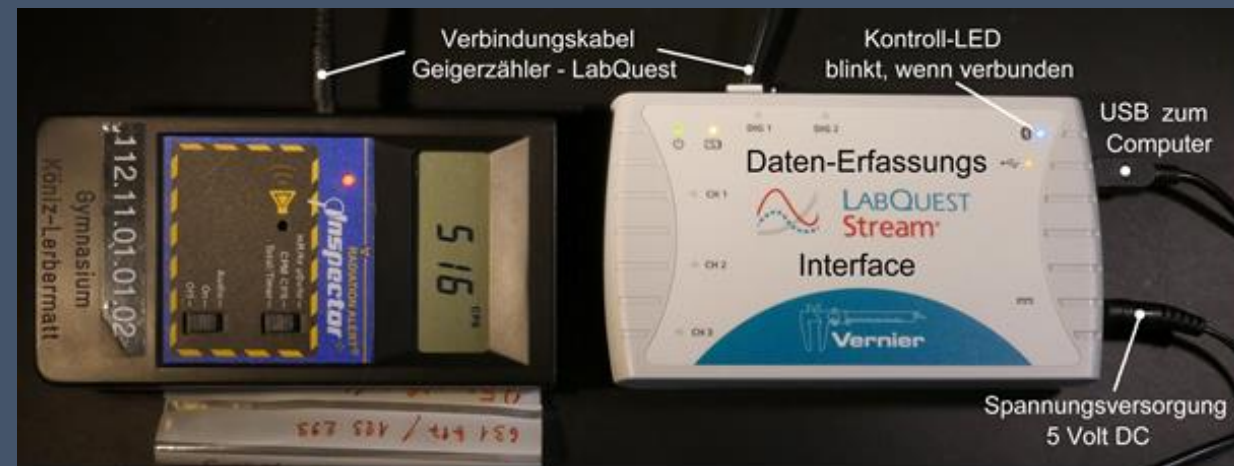


$$\Delta s = \frac{g \cdot d}{b} = 0, \lambda, 2 \cdot \lambda, 3 \cdot \lambda, \dots$$

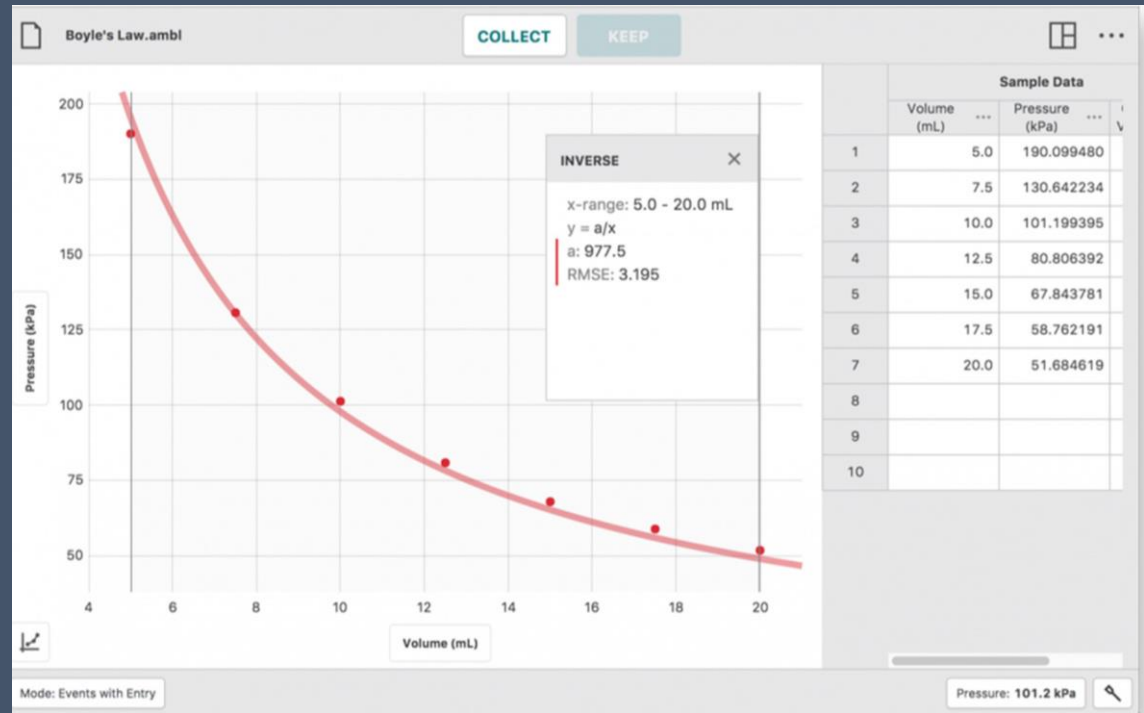
რადიოაქტივობა, პუასონის სტატისტიკა



Impulsrate
11 Zählwerte



Vernier Logger Pro მოდრაობის სენსორი



დიდი მადლობა ყურადღებისთვის