

## Projektvorschläge Computational Physics Lab

Jede Person wählt ein Projekt aus der Liste. Nach Absprache sind auch eigene Computerphysik-Projekte möglich.

Projekte sind offen. Zuerst müssen Sie das Problem verstehen und das Ziel präzisieren. Erste Schritte sind immer möglich, z.B. Visualisierung der Daten. Falls sich Ihr Ziel als zu einfach herausstellt, sollen Sie Varianten oder Erweiterungen ausarbeiten. Ändern Sie das Ziel, falls Sie stecken bleiben oder fragen Sie die Lehrkraft. Dem Resultat soll der Aufwand anzusehen sein.

Ende Semester werden Sie Ihr gut kommentiertes Python-Script zusammen mit den gespeicherten Eingabe- und Ausgabedaten abgeben. Ein Muster finden Sie unter

<https://lie.perihel.ch/ComputationalPhysics/templates/AbundanceElements>

Selbstverständlich müssen die Quellen und Hilfestellungen angegeben werden. Der Fokus liegt eher auf dem Verständnis, weniger auf Effizienz, d.h. Sie müssen erklären können, wie Ihr Programm funktioniert. Es genügt nicht, wenn Sie einfach das Modul gefunden haben, das alles für Sie macht.

1. Eine Lampe soll in alle Richtungen gleich strahlen. Die Richtungen werden als gleichverteilte Punkte auf der Einheitskugel dargestellt. Zeichnen und testen Sie eine solche Verteilung.
2. Unterschiedlich grosse Aerosol-Kügelchen können zufällig zusammenstossen und zu Clustern zusammenwachsen. Simulieren Sie das in zwei Dimensionen (Kreise statt Kugeln).
3. Planeten bewegen sich auf Kepler-Ellipsen um die Sonne. Versuchen Sie wie Ptolemäus, eine Ellipsenbahn durch Kombination von Kreisbewegungen anzunähern (Epizykeltheorie).
4. Gleiche Punktladungen stossen sich ab. Welches Gleichgewichtsmuster folgt, wenn sich  $n \gg 2$  Ladungen auf einem Quadrat frei bewegen dürfen?
5. Ein massiver, leitender Würfel enthält  $n \gg 2$  gleiche Punktladungen. Aufgrund der Coulombkräfte stossen sie sich ab. Werden alle Punktladungen auf der Würfeloberfläche enden?
6.  $n \gg 2$  gleiche Punktladungen bewegen sich frei auf einem offenen Kreisbogen (Faradayring). Bestimmen Sie die Gleichgewichtslage. Visualisieren Sie die Feldstärke innen und aussen.
7. Wie bewegt sich die internationale Raumstation über eine Weltkarte (2d-Koordinatensystem) ?
8. Lesen Sie einige Küstenkoordinaten der Kontinente aus einer Karte. Stellen Sie die Kontinente auf Globen oder verschiedenen berechneten Weltkarten dar.
9. Ein Sandhaufen (kompakter Schwarm unabhängiger Massenpunkte) umkreist einen Zentralkörper. Wie entwickelt sich die Form des Sandhaufens wegen der Gezeitenkraft?
10. Ein Planet umkreise einen Stern. Wie bewegt sich ein Asteroid, der *in der Nähe* vom Lagrange-punkt  $L_4$  des Systems Sonne-Planet mit *ungefähr* der passenden Geschwindigkeit orbitiert?
11. Ein rotierender Doppelplanet bestehe aus zwei Kugeln, die sich fast berühren. Welchen Einfluss hat das auf die Bahn eines gemeinsamen Mondes?
12. Wie bewegt sich ein mathematisches Pendel unter dem Einfluss der Schwerkraft, der Fadenkraft und der Zentrifugalkraft? (Zentrifugalregulator)
13. Die potentielle Energie einer Testmasse im rotierenden System Sonne-Jupiter hat gravitative und zentrifugale Anteile. Visualisieren Sie dieses Potential z.B. durch Äquipotentiallinien.

14. Ein Polymer-Molekül kann als Kette von  $N$  Massenpunkten (Atome) modelliert werden, die durch hookesche Federn (Bindungen) verbunden sind. Animieren Sie diese flexible Kette.
15. <https://www.meteoschweiz.admin.ch> stellt Tabellen von Temperatur und Höhe der automatischen Wetterstationen zur Verfügung. Bestimmen Sie durch lineare Regression den Temperaturgradienten. Wiederholen Sie das an mehreren Tagen.
16. <https://www.meteoschweiz.admin.ch> stellt Tabellen von Luftdruck (QFE) und Höhe der automatischen Wetterstationen zur Verfügung. Führen Sie eine geeignete Ausgleichsrechnung  $p(h)$  durch und interpretieren Sie die Koeffizienten (barometrische Höhenformel).
17. Beschaffen Sie sich die Koordinaten der sichtbaren Sterne und zeichnen Sie damit eine eigene Sternkarte.
18. Zwei Größen sind Standard-normalverteilt. Wie ist der Quotient verteilt?
19. Drei Sterne auf den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks können sich aufgrund der gegenseitigen Anziehung auf konzentrischen Kreisbahnen bewegen. Ist diese Anordnung stabil?
20. Simulieren Sie die Bahn eines Hemppendels. Zeichnen Sie (für kleine Amplituden) die Theoriekurve dazu. Vergleichen Sie die Rechnung mit einem Experiment (Videoanalyse).
21. Wie bewegt sich ein Proton in einem Feld, das homogene elektrische und homogene magnetische Anteile hat?
22. Ein Proton und ein Antiproton werden in einem homogenen Magnetfeld losgelassen. Wie verläuft die Bahn?
23. Ein Körper fällt aus der Ruhelage. Neben der Gewichtskraft wirkt auch die Luftwiderstandskraft. Bestimmen Sie die Bahn  $y(t)$  und vergleichen Sie diese mit einem Experiment (Videoanalyse). Kann man entscheiden, ob der Luftwiderstand proportional zur Geschwindigkeit oder proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit wächst?
24. Berechnen Sie Ortsvektoren des Mars in z.B. Tagesabständen mit dem horizons-webservice der NASA (<https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/>). Zeigt der Beschleunigungsvektor und damit die Kraft immer zur Sonne?
25. Berechnen Sie Ortsvektoren des Merkur in z.B. Tagesabständen mit dem horizons-webservice der NASA (<https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/>). Bestimmen Sie die Parameter der am besten passenden Ellipse.
26. Die online-Wetterstation der Wasserpolizei am Mythenquai stellt Daten für die vergangenen zwei Jahre als Tabelle zur Verfügung. Analysieren Sie einen Teil dieser Daten statistisch.
27. Das Gravitationsgesetz  $F \sim 1/r^2$  erlaubt "für die meisten Startbedingungen" geschlossene Planetenbahnen. Wie ist es mit anderen Kraftgesetzen aus, z.B. einem  $1/r^3$  Kraftgesetz? Welche Form hat die Bahn, falls es keine Ellipse ist?
28. Wie muss man einen Ball in einen Korb werfen, damit man möglichst sicher trifft? Bestimmen Sie durch eine Simulation die optimale Abwurfschnelligkeit und -richtung im Basketball.
29. Filmen Sie einen schiefen Wurf eines leichten Objekts, z.B. eines Pingpongballs. Gewinnen Sie die Bahndaten mittels Videoanalyse. Vergleichen Sie diese Bahn mit einer Simulation inklusive Luftwiderstand.

30. Ernest Rutherford hat Alphateilchen auf Goldatomkerne geschossen. Die Alphateilchen werden durch die Coulombkraft des Kerns abgelenkt. Simulieren Sie verschiedene Bahnen und erstellen Sie eine Statistik der Ablenkwinkel. Vergleichen Sie mit der Rutherford'sche Streuformel.
31. Ein Behälter ist mit Gas gefüllt. Die Teilchen verschwinden durch ein kleines Loch. Simulieren Sie, wie die Zahl der Teilchen im Behälter mit der Zeit abnimmt (Effusion).
32. Ein Superball fällt in einen Schacht und wird unten elastisch reflektiert. Mit welcher Wahrscheinlichkeit ist er auf einer bestimmten Höhe anzutreffen?
33. Werfen Sie hundert Mal Darts-Pfeile auf eine Zielscheibe. Notieren Sie die Koordinaten. Bestimmen Sie durch eine Ausgleichsrechnung den am besten passenden Kreis oder die Ellipse.
34. Ein Pendelkörper an einer hooke'schen (linearen) Feder schwingt harmonisch. Was passiert, wenn die Federkraft in nichtlinearer Weise von der Dehnung abhängt? (Duffing-Oszillator)
35. Sonnenlicht fällt auf einen Pool. Durch Brechung an den Wellen werden am Boden schöne Muster (Kautiken) erzeugt. Simulieren Sie so ein Muster.
36. Wolken sind weiss, d.h. sie streuen viel Licht zurück. Simulieren Sie, welcher Anteil durchgelassen oder zurückgestreut wird, abhängig von der Wolkendicke.
37. Planen Sie ein swing-by Manöver einer antriebslosen Weltraumsonde: Die Sonde soll an der Venus Schwung holen, um den Mars zu erreichen. Die Sonde starte mit geringer Anfangsgeschwindigkeit auf der Erdbahn.
38. Astronomische Photographien oder Röntgenbilder sind oft flau. Machen Sie Farben und/oder Strukturen besser sichtbar durch eine selbst programmierte Kontrastverstärkung.
39. Hängen Sie eine Kette U-förmig auf und messen Sie die Koordinaten einiger (vieler) Kettenglieder, i.e. messen Sie eine Photographie mit Tracker aus. Bestimmen Sie durch eine Ausgleichsrechnung die am besten passende Kettenlinie (Katenoide).
40. Nehmen Sie mit dem smartphone (<https://phyphox.org/>) den Klang einer Stimmgabel auf. Transferieren Sie das Signal  $y(t)$  auf den Computer. Bestimmen Sie die Frequenz durch eine Ausgleichsrechnung mit einer Sinusfunktion oder durch eine Fouriertransformation.
41. Ein Superball fällt auf einen gewellten Boden. Wie wird er sich bewegen?
42. Ein Schwingungstilger besteht aus einem harmonisch angetriebenen Federpendel, an dem ein anderes Federpendel hängt. Simulieren Sie die Bewegung. Zeichnen Sie die Antwortamplitude als Funktion der Antriebsfrequenz.
43. Wie muss ein Ball geworfen werden, damit er nach beispielsweise drei vollkommen elastischen Reflexionen am Boden eine bestimmte Stelle an der Wand trifft?
44. Kann sich ein Planet auf einer "Achterbahn" um zwei Sterne herum bewegen?