



NAME: _____

PUNKTE:

NOTE:

PHYSIKMATUR PROMOTION 140

Gymnasium Unterstrass Zürich

- Termin:** Mo 29. August 2011
- Zeit:** 7.50 – 10.50 (3 Stunden)
- Material:**
eigenes: Schreibzeug, Taschenrechner TI-89,
bis zu 2 Übersichtsblätter (A4, vorne und hinten)
vorhanden: Formelsammlung "*Begriffe, Formeln, Tabellen*",
zusätzliches Schreibpapier
- Bewertung:** Bei jeder Aufgabe ist die Anzahl möglicher Punkte angegeben.
Für die Maximalnote sind ca. 70 % der Maximalpunktzahl erforderlich.
Ihre Darstellung und Formulierung werden bei der Bewertung mit berücksichtigt. Ebenso die Angabe der Resultate mit passenden SI-Vorsätzen.
- Examinator:** Alexander Gertsch
- Experte:** Prof. Hanspeter Schmid

**Lösen Sie alle Aufgaben auf den mitverteilten karierten Blättern.
In Aufgabe 2 benutzen Sie zudem die vorbereiteten Koordinatensysteme.
Verwenden Sie für jede Aufgabennummer ein neues Blatt.**

Viel Erfolg bei Ihrer Bearbeitung!

Mechanik

1 Die Nordrampe der Gotthard-Bahn (13 Punkte)

Die RE 6/6 ist eine typische Gotthardlokomotive. Mit 6 angetriebenen Achsen entwickelt sie ausreichend Zugkraft, um auch längere Schnellzüge auf die Höhe des Gotthardtunnels zu befördern.

Zwischen Amsteg und Göschenen beträgt der Steigungswinkel im Mittel 1.35° .

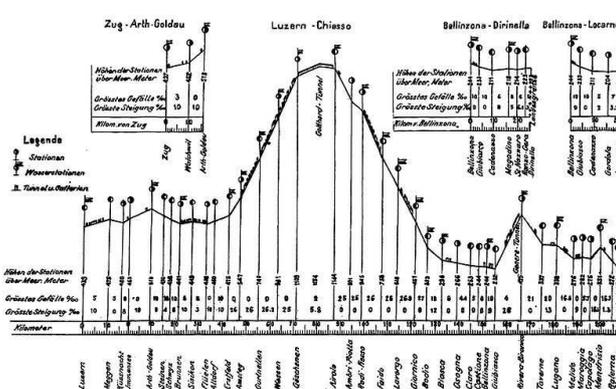


Abb. 288. Längsschnitt der Gotthardbahn.

Betrachten wir eine RE 6/6, an welcher ein Schnellzug mit einer Masse von 755 Tonnen hängt. Die 23.9 km lange Strecke zwischen Amsteg und Göschenen schafft sie in 21 Minuten. Dabei überwindet der Zug eine Höhendifferenz von 562 m.

- (a) **Wie gross ist im Mittel die Zugkraft, mit der die Lok während diesem Aufstieg an den Wagen zieht?**
(7 Punkte)

Wählen Sie einen passenden SI-Vorsatz für Ihr Resultat.

- Hinweise:**
- Die Rollreibungszahl betrage 0.0015.
 - Der auf die Wagen wirkende Luftwiderstand sei vernachlässigbar.

Tipp: Zeichnen Sie eine Kräfteskitze für die Wagen während dem Aufstieg.

- (b) **Welche mittlere Zugleistung muss die Lokomotive während dem Aufstieg an den angehängten Wagen verrichten? Welcher Prozentsatz entfällt dabei auf die Hub- und welcher auf die Reibungsleistung?** (6 Punkte)

Achten Sie bei der Leistungsangabe wiederum auf einen passenden SI-Vorsatz und geben Sie die Anteile auf ganze Prozent gerundet an.

Tipp: Berechnen Sie zunächst die totale Hub- und die totale Reibungsarbeit für die Strecke Amsteg – Göschenen.

2 Eine Sylvesterrakete (15 Punkte)

Eine Feuerwerksrakete wird gezündet. Sie schießt senkrecht nach oben, wobei sie in den ersten 2.5 s ihren Brennstoff aufbraucht. Während dieser Zeitspanne erfährt sie eine konstante Aufwärtsbeschleunigung von $13.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Total 6.8 s nach dem Start explodiert die Rakete.

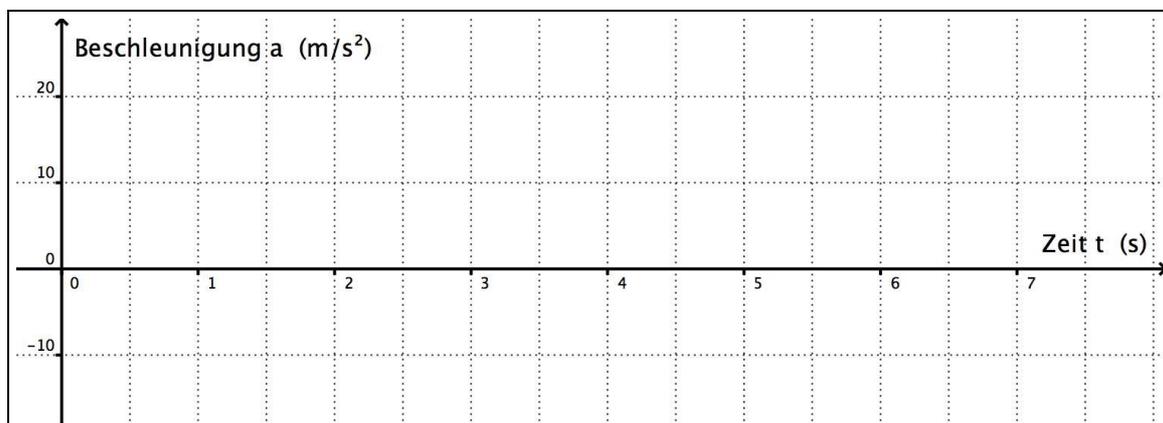
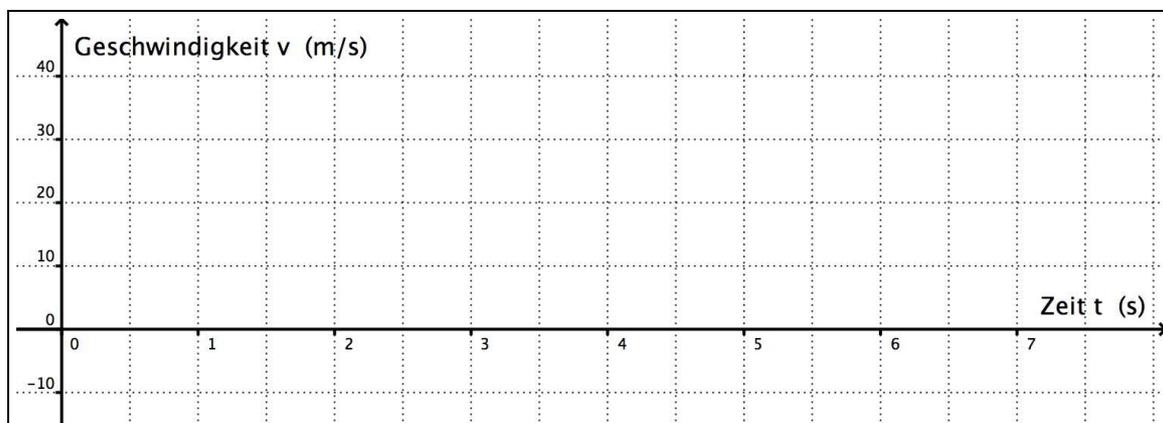
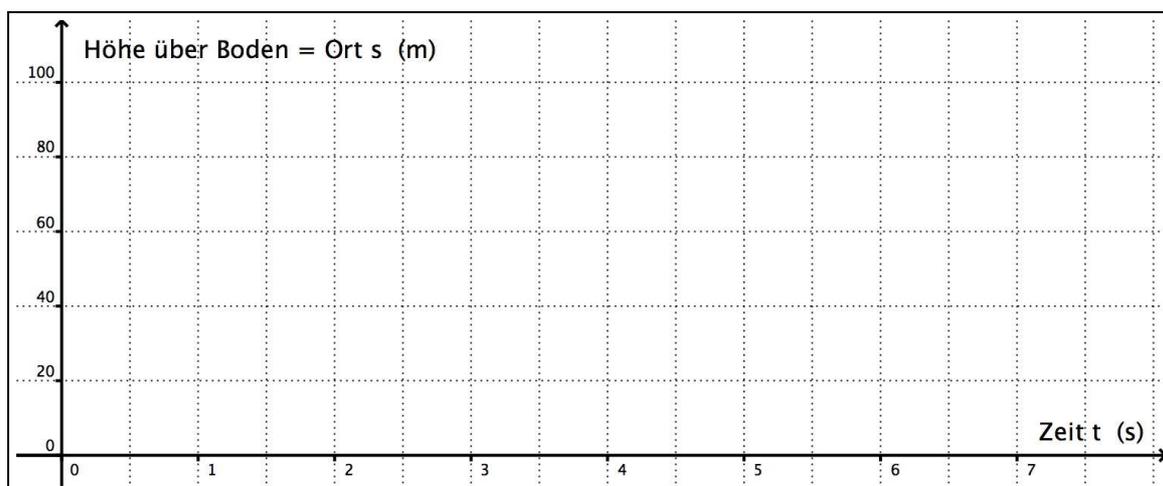
Zeichnen Sie quantitativ das t - s -, das t - v - und das t - a -Diagramm der Rakete vom Start bis zur Explosion. Berechnen Sie für das Zeichnen der Diagramme hilfreiche Flugdaten.

Hinweise:

- Der Luftwiderstand sei über den ganzen Vorgang hinweg vernachlässigbar.
- Benutzen Sie für die Lösung die drei vorbereiteten Koordinatensysteme.

Tipps:

- Unterteilen Sie den Flugvorgang in drei Bewegungsabschnitte.
- Bestimmen Sie zuerst die Geschwindigkeit und die Höhe nach 2.5 s Flugzeit.



Statik der Flüssigkeiten und Gase

3 Auf einer Gasballonfahrt (7 Punkte)



Ein Gasballon sei bereits auf eine gewisse Höhe aufgestiegen. Dort schwebt er dank der auf ihn wirkenden Auftriebskraft.

- (a) Was ist eigentlich die Ursache des Phänomens "Auftrieb"? Woher kommt diese Kraft? (2 Punkte)

Geben Sie eine Erklärung am konkreten Beispiel des Gasballons in der Luft. Beschränken Sie Ihre Ausführungen auf maximal 5 Sätze.

- (b) Auf der aktuellen Höhe des Ballons betrage die Luftdichte $1.15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

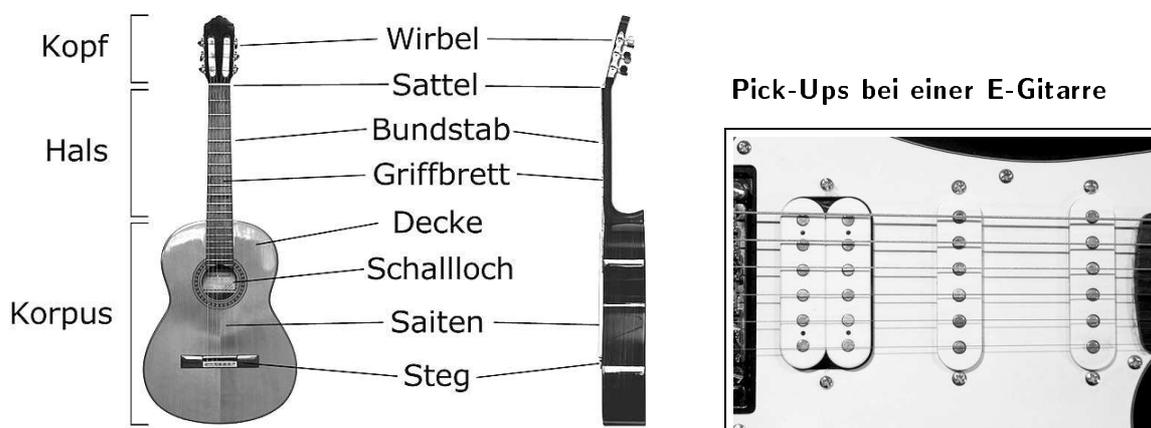
Der Ballonführer hat gerade entschieden noch weiter aufzusteigen. Dafür muss Sand abgeworfen werden. Auf der Homepage eines Gasballon-Clubs finde ich dazu die folgende Faustregel:

"Um einen schwebenden Ballon 80 Meter aufsteigen zu lassen, muss etwa 1 % des Gesamtgewichts abgeworfen werden."

Um wie viele $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ nimmt demzufolge die Luftdichte auf den 80 Höhenmetern über der aktuellen Flughöhe des Ballons ab? (5 Punkte)

Schwingungen und Wellen

4 Akustische und elektrische Gitarre (7 Punkte)



Die Saiten einer **akustischen Gitarre** besitzen standardmässig eine Länge von 65.0 cm.

- (a) Bei der am höchsten gestimmten Saite erklingt leer das eingestrichene e', welches zur Frequenz 330 Hz gehört.

Bestimmen Sie die Wellengeschwindigkeit in der e'-Saite. (2 Punkte)

- (b) Die zweittiefste Saite der akustischen Gitarre ist die **A-Saite**.

Wie viele Zentimeter vom Steg entfernt befindet sich der Bundstab, auf dem man die A-Saite abdrücken muss, wenn man ein cis spielen möchte? (2 Punkte)

Hinweis: Das Intervall zwischen dem A und dem darüber liegenden cis ist eine grosse Terz.

- (c) Der Korpus einer guten akustischen Gitarre ist in der Lage, viele Obertöne der schwingenden Saiten aufzunehmen und zu verstärken. Er muss ein möglichst guter **Resonanzkörper** sein.

Bei **elektrischen Gitarren** funktioniert die Klangverstärkung hingegen nicht mit einem Resonanzkörper, sondern eben elektrisch. **Tonabnehmer (= Pick-Ups)** (siehe Bild oben rechts) wandeln die Saitenschwingungen in elektrische Signale um und geben sie an einen Verstärker weiter.

Warum besitzen gute elektrische Gitarren in der Regel mehrere Pick-Up-Reihen, welche an verschiedenen Stellen unter den Saiten angebracht sind?

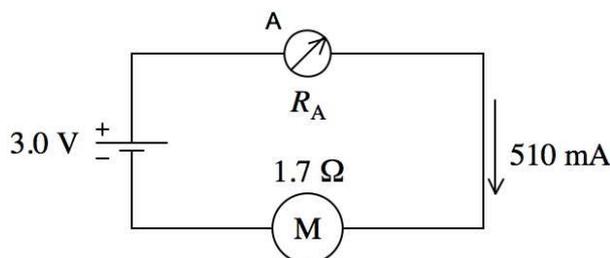
Geben Sie eine physikalische Begründung in maximal 6 Sätzen. Achten Sie auf die korrekte Verwendung der Fachausdrücke! (3 Punkte)

Tipp: Diese Frage hat mit dem Thema "Oberschwingungen von schwingenden Systemen mit Randbedingungen" zu tun!

Elektrizitätslehre

5 (Sinnvoller?) Betrieb eines Elektromotors (5 Punkte)

Ein Gleichstromnetzgerät liefert eine Spannung von 3.0 V. Es betreibt einen Stromkreis, mit einem Elektromotor ($R_M = 1.7 \Omega$). Ein Amperemeter misst zudem die Stromstärke. Sie beträgt 510 mA:



- (a) Berechnen Sie den elektrischen Widerstand des Amperemeters. (2 Punkte)
- (b) Erklären Sie, was an diesem Betrieb des Elektromotors aufgrund des erhaltenen Rechenresultates nicht unbedingt befriedigend ist. (3 Punkte)
- Vielleicht erklären Sie gerne in Worten, vielleicht lieber mit einer zusätzlichen Berechnung. Beides ist möglich. Wählen Sie selber!

6 Maximale Ladung auf einem Plattenkondensator (7 Punkte)

Normalerweise ist Luft ein Isolator. Daran ändert sich allerdings schlagartig etwas, wenn eine bestimmte elektrische Feldstärke überschritten wird. Die Luft wird leitend und es findet ein Ladungsdurchschlag in Form eines Blitzes statt.

Die Feldstärke, bei welcher der Durchschlag stattfindet, bezeichnet man als **Durchschlagsfestigkeit** $E_{\text{Durchschlag}}$. Für Luft gilt, je nach aktueller Luftfeuchtigkeit und Druckverhältnissen:

$$2.0 \frac{\text{kV}}{\text{mm}} < E_{\text{Durchschlag}} < 3.3 \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$$

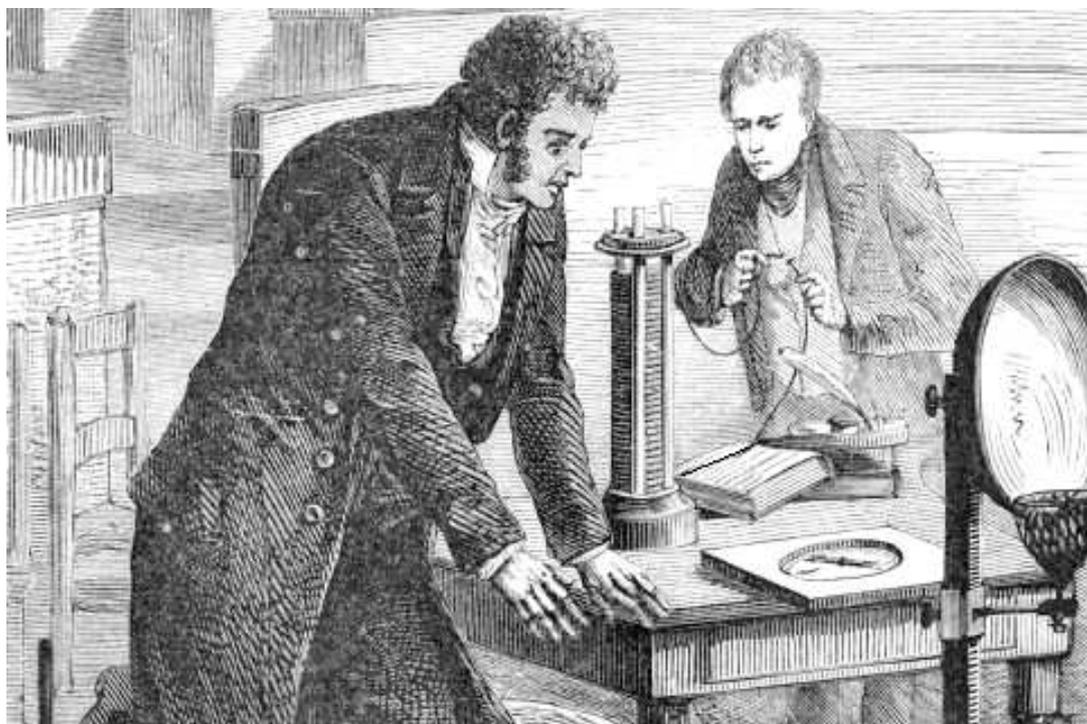
Gehen Sie davon aus, dass die Durchschlagsfestigkeit der Luft momentan $2.8 \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$ betrage.

Ein Plattenkondensator besitze runde Metallplatten mit einem Durchmesser von 21 cm. Der Abstand zwischen den Platten betrage aktuell 1.0 cm.

- (a) Welche Plattenladung kann ich demnach mit einer Influenzmaschine maximal auf den Plattenkondensator geben, ohne dass ein Durchschlag stattfindet? (5 Punkte)
- Geben Sie das Resultat in Nanocoulomb an.
- (b) Welche Spannung herrscht unmittelbar vor einem Ladungsdurchschlag zwischen den beiden Platten? (2 Punkte)
- Wählen Sie einen passenden SI-Vorsatz für das Resultat.

7 Oersted's Volta'sche Säule (7 Punkte)

Das folgende historische Bild zeigt **Hans Christian Oersted** und seinen Assistenten in ihrem Laboratorium in Kopenhagen. Sie beobachten die Ablenkung einer Kompassnadel im Magnetfeld eines stromführenden Drahtes.



Zwischen Oersted und seinem Gehilfen sehen wir eine **Volta'sche Säule**, also eine damalige Batterie. Sie erzeugt den Strom im Kabel.

- (a) **Schätzen Sie ab, welche Stromstärke diese Volta'sche Säule zumindest kurzzeitig bereitstellen konnte.** (4 Punkte)

- Hinweise:**
- Die **ungefähre Distanz** zwischen Kompass und Draht entnehmen Sie dem Bild.
 - Das durch den Strom im Draht erzeugte Magnetfeld muss bei der Kompassnadel mindestens $\frac{1}{10}$ der Flussdichte des Erdmagnetfeldes betragen ($B_{\text{Erde}} \approx 50 \mu\text{T}$), damit eine Reaktion der Nadel beobachtet werden kann.
 - Gehen Sie davon aus, dass die Situation einem **langen geraden Draht** entspricht.

- (b) Im Bild hält Oersteds Assistent den Draht nicht ganz optimal, um die Kompassnadel zu beeinflussen: Einerseits sind Draht und Kompass relativ weit voneinander entfernt, andererseits ist die Ausrichtung des Drahtes zur horizontal liegenden Nadel schlecht.

Wie wäre der Draht an dieser Stelle optimalerweise auszurichten, um die Kompassnadel stärker zu beeinflussen? (3 Punkte)

Notieren Sie eine begründete Antwort **in maximal 4 Sätzen** und zeichnen Sie eine passende Skizze!

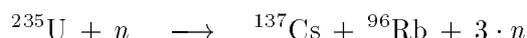
Kernphysik

8 Energiegewinnung durch Kernspaltung (12 Punkte)

Noch immer stammen knapp 40 % der in der Schweiz verbrauchten elektrischen Energie den fünf hiesigen Kernreaktoren. Als Konsument/-in, Stimmbürger/-in und nicht zuletzt als Gymnasiast/-in sollten Sie deshalb über diese Form der Energiegewinnung bis zu einem gewissen Grad Auskunft geben können – deshalb diese Aufgabe.



Wie der Name schon sagt, wird bei einer Kernspaltungsreaktion ein Atomkern aufgeteilt. Hier ein typisches Beispiel:



- (a) Die Reaktionsgleichung oben beschreibt, welche Teilchen die Reaktion auslösen und welche anderen Teilchen dabei entstehen. Daneben kann man aber noch einiges mehr über Spaltungsreaktionen sagen.

Hier ein paar gezieltere Fragen, die Sie mit je ein oder zwei Sätzen beantworten:

- **Warum wird bei einer Spaltungsreaktion Energie frei?** (2 Punkte)
- **In welcher Form wird die Energie frei?** (1 Punkt)
- **Warum eignen sich Kernspaltungsreaktionen für den fortlaufenden Betrieb eines Kernreaktors?** (1 Punkt)
- **Was ist der entscheidende Unterschied zwischen dem kontinuierlichen Betrieb eines Kernreaktors und der Explosion einer Atombombe?** (1 Punkt)

- (b) **Bestimmen Sie die bei der oben notierten Spaltungsreaktion frei werdende Energie in MeV.** (4 Punkte)

Die Massen der vorkommenden Nuklide sind:

$$m_{\text{A}}({}^{235}\text{U}) = 235.043\,923 \text{ u} \quad m_{\text{A}}({}^{137}\text{Cs}) = 136.907\,090 \text{ u} \quad m_{\text{A}}({}^{96}\text{Rb}) = 95.934\,270 \text{ u}$$

- (c) Bei der jährlichen Wartung des KKW's Gösgen wird das alte Spaltmaterial des Reaktors durch neues ausgetauscht. Man entnimmt dem Reaktor also die entstandenen Zerfallsprodukte.

Wie lange dauert es, bis von der angefallenen Menge Cs-137 nur noch 0.1 % vorhanden ist? (3 Punkte)

Geben Sie die Antwort in einer passenden Zeiteinheit.