Associazione per l'Insegnamento della Fisica

PROGETTO OLIMPIADI

34ª Edizione

Olimpiadi di Fisica 2020

Landesolympiade — Mittwoch, 19. Februar 2020

Noch nicht umblättern! Warte auf den Start!

Probleme

Zeit: 1 Stunde und 40 Minuten

- Schreibe klar deine Lösungswege an! Teillösungen werden auch gewertet!
- Schreibe auf **alle** Blätter, die du abgibst, **links** oben deinen Namen!
- Verwende für jedes Problem ein eigenes Blatt!
  Nummeriere die Blätter durch, und zwar **rechts** oben!
- Schreibe vor die Lösung der Probleme die Nummer, wie im folgenden Beispiel:
  $\boxed{\text{Problem 2}}$ Lösung:...
- Gib jeweils den Teil des Problems (1., 2., 3., ...) an, den du gerade beantwortest!

Wichtig für numerische Daten: Der relative Fehler der numerisch angegebenen Daten muss mit 0,1% angenommen werden, egal, wie viele Stellen vorgegeben sind, außer es wird explizit anders angegeben! Bei den in der Tabelle angegebenen Konstanten kann der Fehler hingegen vernachlässigt werden. Die daraus folgenden numerischen Ergebnisse müssen mit der entsprechenden Anzahl an signifikanten Stellen angegeben werden.

Ausarbeitung:

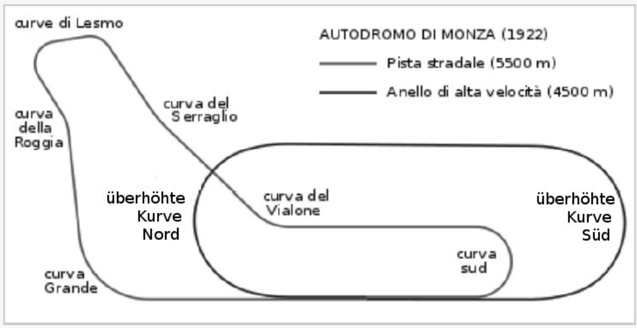
PROGETTO OLIMPIADI
Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica
e-mail: segreteria@olifis.it
WEB: www.olifis.it

Le Olimpiadi di Fisica sono organizzate dall'AIF su mandato del MINISTERO DELL'ISTRUZIONE

Übersetzung: Matthias Ratering und Klaus Überbacher, RG Meran, Johann Baldauf, RG Brixen

P1 Das Oval von Monza 20 Punkte

Die Rennstrecke von Monza bestand bis in die Sechzigerjahre des vorigen Jahrhunderts aus zwei Bahnen: der Rennstrecke, die auch heute noch für Formel-1-Rennen genutzt wird und der ovalen Bahn, die heute nicht mehr verwendet wird. Letztere hat zwei überhöhte Kurven, deren Neigung am äußersten Rand einen Wert von 80% erreicht.
Zur Erinnerung: Die Steigung ist der Tangens des Neigungswinkels zur Waagrechten, $\tan(\alpha) = 0,8$.



In der ganzen Problemstellung wird ein Auto betrachtet, das die überhöhte Kurve mit konstanter Geschwindigkeit durchfährt und die gleiche Höhe am äußersten Rand beibehält, wo der Kurvenradius gleich $r = 320\,\text{m}$ ist.

Außerdem werden zwei weitere sehr vereinfachende Annahmen gemacht: Man vernachlässigt jede Art von aereodynamischen Kräften senkrecht zur Straßenebene, die durch Heckflügel oder ähnliche Fahrzeugteile entstehen können. Weiters werden keine Überlegungen zu auftretenden Drehmomenten angestellt und ein Überschlag des Autos wird ausgeschlossen.

Wenn ein Auto in die Kurve fährt, dann wird die notwendige Zentripetalbeschleunigung üblicherweise nur von der seitlichen Kraft der Reibung zwischen Reifen und Asphalt aufgebracht, die auf das Auto wirkt. Bei überhöhten Kurven kann die seitliche Reibungskraft kleiner oder sogar null sein.

1. Mit welcher konstanten Geschwindigkeit muss ein Wagen die überhöhte Kurve durchfahren, damit die Reibung zwischen Reifen und Asphalt keine seitliche Komponente (also keine Komponente senkrecht zur Bewegungsrichtung) hat?

Bei anderen Geschwindigkeiten als der eben berechneten sind die beiden Komponenten der Reibung (in Bewegungsrichtung und senkrecht zur Bewegungsrichtung) nicht unabhängig, da die Reaktionskraft senkrecht zum Boden den Betrag der maximalen Reibungskraft bestimmt.
Im nächsten Abschnitt erhalten wir aber eine gute Näherung der gesuchten Größe, indem wir die Reibung parallel zur Geschwindigkeitsrichtung vernachlässigen.

2. Es wird nun mit dieser Vernachlässigung gearbeitet. Finde einen Ausdruck für die maximale Geschwindigkeit bei der Fahrt durch die Kurve, ohne dass die Reifen seitlich wegrutschen! Verwende dafür den Haftreibungskoeffizienten zwischen Reifen und Asphalt und andere Angaben! Berechne weiters die maximale Geschwindigkeit für einen Haftreibungskoeffizienten von $0,9$!

3. Finde einen Ausdruck für die minimale Geschwindigkeit bei der Fahrt durch die Kurve, ohne dass die Reifen seitlich wegrutschen! Verwende dafür den Haftreibungskoeffizienten zwischen Reifen und Asphalt und andere Angaben!
   Berechne weiters die minimale Geschwindigkeit für einen Haftreibungskoeffizienten von $0,9$!

Wir berücksichtigen nun, dass der Haftreibungskoeffizient zwischen Reifen und Asphalt bei Rennwagen häufig größer als 1 ist.

4. Ab welchem Wert des Haftreibungskoeffizienten gäbe es für die Maximalgeschwindigkeit beim Durchfahren der überhöhten Kurven von Monza keine Grenzen?

P2 Ein optisches Gitter — 20 Punkte

Ein optisches Gitter wird senkrecht mit Licht bestrahlt, das von einer gasförmigen Lichtquelle stammt. Man beobachtet eine rote Linie ($\lambda_r = 660\,\mathrm{nm}$) bei einem Winkel von $\alpha_r = 26,1^\circ$ (gemessen von der Achse des Gitters). Bei der grünen Linie ($\lambda_g = 536\,\mathrm{nm}$) wird ein Winkel von $\alpha_g = 32,4^\circ$ gemessen.

1. Berechne das Verhältnis $\frac{n_g}{n_r}$ zwischen den Ordnungen der Spektren, denen die grüne und die rote Linie angehören!
2. Zwischen den beiden Winkeln beobachten wir keine weitere Strahlung. Berechne die Werte von n_g und n_r!
3. Wie groß ist die Gitterkonstante?
4. Wie groß ist die maximale Ordnung, bei der für dieses Gitter eine rote Linie beobachtet werden kann?

P3 Ein theoretisches Feld — 10 Punkte

Gegeben ist ein Kartesisches Koordinatensystem mit dem Ursprung O und den Einheitsrichtungsvektoren $(\hat{\imath}, \hat{\jmath}, \hat{k})$.
Im Raum um O betrachten wir das elektrostatische Feld $\vec{E}$, das nicht homogen ist.
Die Komponenten des Feldvektors hängen von den Koordinaten x, y und z des Punktes P wie folgt ab:
$\vec{E}(P) = \vec{E}(x, y, z) = E_0 \left[(ax^3 + bx)\hat{\imath} + (by)^2\hat{\jmath} + (b\ell)^2\hat{k}\right]$ mit $E_0 = 150\,\mathrm{Vm^{-1}}$, $a = 3,5\,\mathrm{m^{-3}}$, $\ell = 1\,\mathrm{m}$;
Die Komponenten des elektrostatischen Feldes sind also:
$E_x = E_0(ax^3 + bx) \qquad E_y = E_0(by)^2 \qquad E_z = E_0(b\ell)^2$

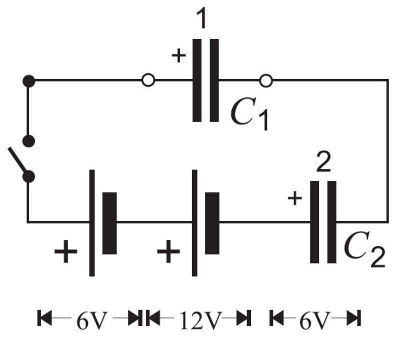
1. Wir setzen $A = (0; 0; \ell)$. Die Spannung ist $\varphi(O) - \varphi(A) = \Delta\varphi = 216V$
   Berechne damit den Parameter b!
2. Berechne den Betrag von $\vec{E}(B)$ im Punkt $B(\ell; \ell; \ell)$

Wir untersuchen ein würfelförmiges Volumen mit Mittelpunkt O. Die Seitenflächen sind senkrecht zu den kartesischen Achsen und so beschaffen, dass A auf der Oberfläche des Würfels liegt.

3. Berechne die gesamte elektrische Ladung, die in diesem Würfel ist!
4. Wie groß ist die Ladungsdichte im Punkt O?

P4 Wenn eine Batterie nicht ausreicht — 10 Punkte

Peter hat einen Kondensator mit einer Kapazität von $C_1 = 1\,\text{mF}$ (1 in der Zeichnung), der mit einer Spannung von $U_1 = 24\,\text{V}$ geladen werden muss. Allerdings hat Peter nur zwei Batterien zur Verfügung, eine mit der Spannung $\mathcal{E}_1 = 6\,\text{V}$, die zweite mit einer Spannung von $\mathcal{E}_2 = 2\mathcal{E}_1$. Außerdem hat er sehr viele andere Kondensatoren mit unterschiedlichen Kapazitäten bis zu einem maximalen Wert von 10 Mal C_1. Die Batterien können als ideale Spannungsquellen angesehen werden.
Nach reiflicher Überlegung nimmt Peter einen Kondensator mit irgendeiner Kapazität C_2 (2 in der Zeichnung). Er lädt ihn mit der ersten Batterie bei einer Spannung von $\mathcal{E}_1 = 6\,\text{V}$ auf. Mit der Serienschaltung der beiden Batterien und des gerade geladenen Kondensators 2 will er den ersten Kondensator aufladen (siehe Zeichnung), da $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_1 = 4\mathcal{E}_1 = U_1$



Leider kommt Peter ziemlich schnell drauf, dass diese Vorgangsweise nicht funktioniert.

1. Zeige, dass mit dieser Schaltung beim Erreichen des Gleichgewichtes die Spannung an den Enden des Kondensators 1 kleiner als 24 V ist!

Peter überlegt sich, am Anfang gleich beide Batterien zum Laden des Kondensators 2 zu verwenden.

2. Wie groß muss die Kapazität des Kondensators 2 sein, um den angestrebten Zweck zu erreichen?
3. Der Kondensator 2 wurde nun auf diese Art geladen. Wie groß ist die in Joulesche Wärme umgesetzte Energie beim Laden des Kondensators 1?