62.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | f |
| Lösung: | Die Frequenz gibt an, wie viel Schwingungen in einer Sekunde durchgeführt werden. 1 Hz bedeutet eine Schwingung in einer Sekunde, 0,5 Hz eine halbe Schwingung je Sekunde, das Pendel würde also 2 Sekunden für eine Schwingung benötigen. Dieses Pendel macht in 120 Sekunden 90 Schwingungen, das sind in einer Sekunde  Schwingungen. | | |
| Antwort: | Die Frequenz des Pendels beträgt 0,75 Hz. | | |

65.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | Eine Schwingung kann nur dann stattfinden, wenn es eine Kraft gibt, die den Körper zum Ruhepunkt zurückbringen will. Beim Pendel ist das eine Teil der Gewichtskraft, je größer der Auslenkwinkel, umso größer ist auch die rücktreibende Kraft. Befindet sich das Pendel genau im Ruhepunkt, also unten, ist die rücktreibende Kraft Null. | | | |
| Die gesuchte Kraft ergibt sich aus einem Kräfteparallelogramm. Die Diagonale des Rechtecks entspricht der Gewichtskraft FG.  Sie teilt sich auf in eine rücktreibende Kraft Fr und die Kraft, die der Faden spürt (Fadenkraft FF).  Der Auslenkwinkel Alpha taucht zweimal in diesem Rechteck auf.  Damit ergibt sich folgender Zusammenhang:  Für einen Auslenkwinkel von 20° ergibt sich eine rücktreibende Kraft von 3,36 N | |  | |
| Antwort: | Die rücktreibenden Kräfte betragen 0,85N und 3,36 N. | | | |

69.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Elongationen berechnen sich nach der Gleichung für die harmonische Schwingung:  Die Kreisfrequenz kann extra berechnet werden:   Damit wird:  Das negative Vorzeichen vor den letzten beiden Ergebnissen macht eine Aussage über die Seite bezüglich des Umkehrpunktes. | | |
| Antwort: | Nach1 s ist der Körper 18,2 cm über dem Umkehrpunkt. Nach 2 s ist er 15,1 cm und nach 3 s 5,6 cm unter dem Umkehrpunkt. | | |

72.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Zuerst muss die Schwingungsdauer berechnet werden:  Wenn das Pendel bei einem Abstand von 12 cm von der Ruhelage losgelassen wird, erreicht es nach 1,269s/4=0,3171 s die Ruhelage. In der Schwingungsgleichung muss diese Zeit berücksichtigt werden und zu den 10 s hinzugezählt werden. Auf der anderen Seite haben die Elogationen dann negative Werte. Damit lässt sich über die Gleichung der harmonischen Schwingung die Elongation berechnen. (Hinweis: Taschenrechner in den Modus Radiant umschalten)  Die Geschwindigkeit ist die erste Ableitung des Weges (y) nach der Zeit:  Die Beschleunigung ist die erste Ableitung der Geschwindigkeit nach der Zeit: | | |
| Antwort: | Das Pendel ist nach 10 s 9 cm vom Ruhepunkt auf der Startseite entfernt. Dort hat es noch eine Geschwindigkeit von 0,41 m/s. Die Beschleunigung beträgt -2,17 m/s². Das bedeutet, es ist kurz vor dem Umkehrpunkt und bremst ab. | | |

73.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Zuerst muss die Schwingungsdauer berechnet werden:  Wenn das Pendel bei einem Abstand von 12 cm von der Ruhelage losgelassen wird, erreicht es nach 2,57s/4=0,6425 s die Ruhelage. In der Schwingungsgleichung muss diese Zeit berücksichtigt werden und zu den 10 s dazugezählt werden. | | |
| Auf der anderen Seite haben die Elogationen dann negative Werte. Damit lässt sich über die Gleichung der harmonischen Schwingung die Elongation berechnen:  Da die Schwingung in einem Umkehrpunkt beginnt, muss die Verschiebung um die Viertelschwingung beachtet werden. Die Gleichung muss eine Kosinus-Kurve ergeben. Dass erreicht man durch die Addition von :    Der Vorgang beginnt eine viertel Schwingung vor dem Nulldurchgang. Gesucht ist die Auslenkung 10 s nach diesem Durchgang. Also muss zu der Zeit noch die seit dem Start vergangene Zeit addiert werden.  Die Geschwindigkeit ist die erste Ableitung des Weges (y) nach der Zeit:  Die Beschleunigung ist die erste Ableitung der Geschwindigkeit nach der Zeit: | | |
| Antwort: | Das Pendel ist nach 10 s 7 cm vom Ruhepunkt auf der gleichen Seite entfernt. Dort hat es noch eine Geschwindigkeit von -0,23 m/s, bewegt sich also auf die Ruhelage zu. Die Beschleunigung beträgt -0,45 m/s | | |

77.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Sowohl auf der Erde als auch auf dem Mond ist die Länge des Pendels gleich. Man stellt die Schwingungsgleichung nach der Länge um, setzt sie für Mond und Erde gleich und kann die gesuchte Größe berechnen.  Gleichsetzen: | | |
| Antwort: | Auf dem Mond führt das Pendel eine Schwingung in 4,43 s durch. Das ist die Schwingungsdauer auf der Erde mal der Wurzel aus dem Verhältnis der Schwerebeschleunigungen. | | |

79.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | An beiden Orten ist die Länge des Pendels gleich. Für den ersten Ort ist die Schwingungsdauer bekannt. Für den zweiten Ort aber auch!  Das Pendel braucht am ersten Ort für eine Schwingung 2,00 Sekunden. Dann schafft es in einer Minute 30 Schwingungen, in einer Stunde 1800 Schwingungen und an einem Tag 43200 Schwingungen.  Am zweiten Ort machte es pro tag laut Aufgabenstellung 100 Schwingungen mehr, also 43300. Das sind dann in einer Stunde 1804,2 Schwingungen und in einer Minute 30,07 Schwingungen. Damit beträgt die Dauer für eine Schwingung 1,995 s.  Jetzt stellt man die Schwingungsgleichung nach der Länge um und setzt für beide Orte gleich:  Gleichsetzen: | | |
| Antwort: | Am zweiten Ort beträgt die Schwerebeschleunigung 9,86 m/s². | | |

95.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | Zur Bestimmung der Geschwindigkeit, mit der der Waggon unten ankommt, muss die Höhe der geneigten Eben bestimmt werden. Die Geschwindigkeit kann dann über den Energieerhaltungssatz oder über den freien Fall berechnet werden. Wenn die Reibung vernachlässigt wird, ist die Endgeschwindigkeit nämlich genau so groß, als wenn der Körper diese Höhe im freien Fall zurückgelegt hätte. | | | |
|  | | | |
| Damit kann die Geschwindigkeit berechnet werden: | | | |
|  | |  | |
| Wenn nach dem Stoß beide Waggons miteinander verbunden sind, ist es ein unelastischer Stoß: | | | |
| Antwort: | Der erste Waggon stößt mit 5,9 m/s auf den zweiten. Nach dem Koppeln bewegen sich beide mit 3,5 m/s weiter. | | | |

109.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | F |
| Lösung: | Die Reibungskraft zwischen Erdreich und Pfahl verhindert ein Einsinken des Pfahles.  Die Reibungskraft ist genau so groß wie die Kraft, die von der Ramme beim Auftreffen auf den Pfahl ausgeübt wird. Diese Kraft setzt sich aus zwei Kräften zusammen.  Zum einen ist es die Gewichtskraft der Ramme plus die Gewichtskraft des Pfahles.  Zum anderen wirkt die Kraft, die zum Abbremsen der Ramme notwendig ist.  Also:    Die Gewichtskraft ist Masse mal Fallbeschleunigung:    Die Kraft zum Abbremsen ist    Die Masse ist die Masse der Ramme plus die Masse des Pfahles. Wenn die Ramme auf den Pfahl kracht, bewegen sich beide zusammen weiter und werden zusammen auf Null abgebremst. Also gilt:    Die Beschleunigung ergibt sich aus der Geschwindigkeitsänderung. Wenn die Ramme auf dem Pfahl aufschlägt, findet ein unelastischer Stoß statt. Damit haben Ramme und Pfahl eine Startgeschwindigkeit, von der aus sie auf der Strecke von 6 cm auf Null abgebremst werden.  Es muss also zu erst die Geschwindigkeit berechnet werden, die Ramme und Pfahl sofort nach dem Aufsetzen haben.  Für den unelastischen Stoß gilt:    Da die Geschwindigkeit des Pfahles vor dem Stoß Null ist, kann man schreiben:    Wie groß ist aber die Geschwindigkeit der Ramme beim Aufschlagen auf dem Pfahl?  Die Gesetzte zum freien Fall liefern:    Damit erhält man | | |
| Mit dieser Geschwindigkeit kann die Beschleunigung berechnet werden. Es gelten die beiden Gleichungen    Da die Zeit nicht bekannt ist, stellt man die beiden Gleichung um und setzt sie ineinander ein, so dass man erhält:    Die Geschwindigkeit ist die oben berechnete u und der Weg s sind die 6 cm Einsinktiefe:    Damit kann man nun endlich in die Gleichung für die Kraft gehen:    und erhält endlich die Gesamtkraft    Die gegebenen Größen werden eingesetzt: | | |
| Antwort: | Der Pfahl kann maximal 55 kN tragen. Das entspricht einer Masse von 5,5 t. | | |

117.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v |
| Lösung: | In beiden Fällen sind es unelastische Stöße, die beiden Körper (Junge und Boot) sind danach verbunden. Unterschiedlich ist das Vorzeichen der Geschwindigkeit des Jungen: positiv, wenn er in Flussrichtung springt, negativ, wenn er dagegen springt.    Das bedeutet, dass das Boot mit dieser Geschwindigkeit rückwärts, also gegen die Flussrichtung, fährt. | | |
| Antwort: | Springt der Junge in Flussrichtung, erhöht sich die Geschwindigkeit des Bootes auf 2,16 m/s. Springt er gegen die Flussrichtung, fährt das Boot mit 1,2 m/s rückwärts. | | |

119.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die ausgestoßene Luft und das Flugzeug bilden ein abgeschlossenes System. In einem solchen System ist die Summe aller Impulse Null.  Da die beiden Geschwindigkeiten in unterschiedliche Richtungen zeigen, wird die Geschwindigkeit der Luft negativ festgelegt. | | |
| Antwort: | Das Flugzeug muss pro Sekunde 12 t Luft ansaugen. | | |

120.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | **a)** Es gelten die Gesetze des elastischen Stoßes, da sich die beiden Körper nach dem Stoß getrennt voneinander weiterbewegen. Über die Geschwindigkeiten nach dem Stoß weiß man:  Das negative Vorzeichen zeigt an, dass sich die beiden Körper in unterschiedliche Richtung wegbewegen. Aus dem Impulserhaltungssatz erhält man für die Geschwindigkeit eines der beiden Körper nach dem Stoß die Gleichung:    Das kann man in die erste Gleichung einsetzten und die gesuchte Masse bestimmen.  **b)** Man nimmt die bekannten Gleichungen für die Geschwindigkeiten nach dem elastischen Stoß. | | |
| Antwort: | Der zweite Körper ist 3-mal so schwer wie der erste, also 6 kg. Beide Körper haben nach dem Stoß eine Geschwindigkeit von 3,35 m/s. | | |

127.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | r |
| Lösung: | Damit die Achterbahn den obersten Punkt einer Loopingbahn durchlaufen kann ohne runter zu fallen, muss die Zentrifugalkraft mindestens genau so groß wie die Gewichtskraft sein. Ist sie zu klein, überwiegt die Gewichtskraft nach unten und der Wagen kann den Looping nicht durchfahren. Ist sie größer, ist das nicht schlimm. Die Leute werden dann stärker in den Wagen hineingedrückt.  Es gilt also: | | |
| Antwort: | Der Radius der Bahn darf nicht größer als 19,7 m sein. | | |

128.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | a) Die Aufgabe lässt sich über eine Energiebetrachtung lösen: Im Punkt 1 besitzt die Kugel nur potenzielle Energie. Wenn sie zum Punkt 2 rollt, wandelt sich diese Energie in die Energie der Bewegung (kinetische Energie) und die Energie der Drehung (Rotationsenergie) um. Wird die Höhe h vom untersten Punkt aus gemessen, besitzt die Kugel an dieser Stelle keine potenzielle Energie mehr. | |  | |
|  | Rollt sie weiter, wird die Gesamtenergie im Punkt 2 wieder in potenzielle Energie umgewandelt. Das geht auf Kosten der kinetischen Energie und der Rotationsenergie. Im Punkt 3 hat die Kugel nun alle drei Energiearten: potenzielle Energie, weil sie eine bestimmte Höhe hat, kinetische Energie, weil sie sich immer noch vorwärts bewegt und Rotationsenergie, weil sie sich bei der Bewegung immer noch dreht.  Damit sie nun den Punkt 3 gefahrlos passieren kann, also nicht runter fällt, muss sie eine bestimmte Geschwindigkeit haben. Die muss so groß sein, dass die Zentrifugalkraft genau so groß wie die Gewichtskraft der Kugel ist. Nur so wird die nach unten ziehende Gewichtskraft ausgeglichen und die Kugel kommt gerade so durch diesen Punkt hindurch, sie ist für einen kurzen Moment schwerelos. Nun zur eigentlichen Rechnung. Zuerst wird die notwendige Geschwindigkeit im Punkt 3 berechnet. Sie bestimmt ja, wie hoch der Punkt 1 liegen muss:  Jetzt kommt die Höhe, damit die Kugel im Punkt 3 diese Geschwindigkeit erreicht. Die Energien im Einzelnen:  Die letzte Gleichung bereitet etwas Kummer, weil das Trägheitsmoment J einer Kugel und die Winkelgeschwindigkeit vorkommen. Das erfordert noch etwas Arbeit: | | | |
|  | Eingesetzt:  Nach diesen Vorbereitungen kann man nun die Gesamtgleichung aufstellen:  b) Auf das geht wieder über den Energieerhaltungssatz wie bei a), nur dass jetzt die potenzielle Energie wegfällt.   c) Die Geschwindigkeit am höchsten Punkt berechnet sich mit der in a) gefundenen Gleichung: | | | |
| Antwort: | Die Kugel muss aus 5,4 m Höhe starten. (Vernachlässigt man die Rotationsenergie, kommt man auf 5 m. Dann geht es aber schief). Den unteren Punkt passiert die Kugel mit 8,7 m/s und den oberen mit 4,4 m/s. | | | |

133.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Optimale Kurvenneigung heißt, dass das Fahrzeug ohne Reibung mit dieser Geschwindigkeit durch die Kurve fahren kann.  Dabei ist wichtig, wie das Auto auf die Unterlage wirkt. Nur wenn die resultierende aller Kräfte senkrecht auf den Boden drückt, bleibt es in der Kurve. Ansonsten kann es nach oben oder nach unten wegrutschen.  Fährt das Auto in eine Kurve, spürt es zwei Kräfte: Die senkrecht nach unten wirkende Gewichtskraft FG und die senkrecht zum Erdboden nach außen wirkende Zentrifugalkraft FZ. Diese ist eine Trägheitskraft und vom Betrag her genau so groß wie die Radialkraft.  Beide Kräfte zusammen ergeben eine resultierende Kraft FR, die schräg nach unten zeigt.  Ohne jegliche Reibung würde diese Kraft das Auto aus der Kurve tragen. Durch die Reibung zwischen Rädern und Straße bleibt es aber in der Kurve.  Optimal wäre es, wenn die Kraft senkrecht auf den Untergrund wirken würde. Dann spürt auch der Fahrer keine Seitenkräfte, was es für ihn wesentlich angenehmer macht.  Wie stark muss nun geneigt werden?  Der Winkel zwischen Boden und Straße taucht, wie in der Zeichnung zu sehen, in dem Kräfteparallelogramm auf. Da ein schönes rechtwinkliges Dreieck vorliegt, gilt: | | |
| Damit lässt sich der gesuchte Winkel berechnen: | | |
| Antwort: | Die optimale Bahnneigung beträgt 11,5°. | | |

135.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Wenn sich die Raumstation dreht, wirkt auf die Gegenstände an der Außenwand die Radialkraft. Das ist die Kraft, die notwendig ist, um einen Körper auf einer Kreisbahn zu halten. Der Körper selbst spürt auf Grund seiner Trägheit eine nach außen wirkende Kraft, die Zentrifugalkraft. Radialkraft und Zentrifugalkraft sind betragsmäßig gleich groß. Die als Folge dieser Kraft wirkende Beschleunigung ist die gesuchte Größe.  Es gilt: | | |
| Antwort: | Die Raumstation muss am Rand eine Geschwindigkeit von 9,4 m/s haben. Damit das erreicht wird, muss sie sich in der Minute etwa 10 mal um sich selbst drehen. | | |

136.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v |
| Lösung: | Mit dieser Geschwindigkeit würde das Raumschiff aber der Erde immer näher kommen (Landeanflug), da die Geschwindigkeit zu klein ist, um die Gegenkraft zur Gravitationskraft aufzubringen. Die dafür erforderliche Geschwindigkeit beträgt 8 km/s (1. kosmische Geschwindigkeit) | | |
| Antwort: | Das Raumschiff hat eine Geschwindigkeit von 0,5 km/s. | | |

137.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Auf die Person wirken zwei entgegen gesetzte Kräfte: die nach unten gerichtete Gravitationskraft und die nach oben wirkende Fliehkraft, die vom Betrag her der Radialkraft entspricht.  Damit beträgt die Fallbeschleunigung am Äquator nur noch  der Normalfallbeschleunigung von 9,81 m/s². Eine Person ist also um etwa 0,3% leichter, was sicher niemand spürt. | | |
| Antwort: | Die Person ist um 0,3% leichter. | | |

138.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v |
| Lösung: | Da der Punkt am Rand in einem konstanten Abstand kreist ist die auf ihn wirkende Kraft gleich der Radialkraft: | | |
| Antwort: | Der Punkt bewegt sich mit 252 km/h. | | |

140.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | f, v |
| Lösung: | Da sich die Kugel in der horizontalen Ebene dreht, wirkt die Gewichtskraft immer senkrecht nach unten und braucht nicht berücksichtigt werden. Die Fliehkraft entspricht der Radialkraft:  Damit lässt sich die Frequenz berechnen: | | |
| Antwort: | Im Moment des Reisens dreht sich die Kugel 2,9 mal in der Sekunde. Sie verlässt die Kreisbahn mit 79 km/h. | | |

141.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | Konst. |
| Lösung: | Das dritte Kelpersche Gesetz besagt, dass für die Bewegung von Körpern um einen Zentralkörper der Quotient aus T² und a³ konstant ist. Dabei ist T die Umlaufzeit eines Körpers und a die große Halbachse der Bahn dieses Körpers. Ist die Bahn kreisförmig, entspricht a etwa dem mittleren Abstand. | | |
| Antwort: |  | | |

145.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Gravitationskraft ist gleich der Gewichtskraft, die ein Körper auf der Erde hat:  Die Masse der Person spielt keine Rolle: | | |
| Antwort: | Die Erde hat eine Masse von 5,97\*1024 kg. | | |

150.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | F |
| Lösung: | Es wird das Gravitationsgesetz angewandt: | | |
| Antwort: | Die anziehende Kraft zwischen den Schiffen beträgt 0,38 N. Das ist sehr wenig und wird die Schiffe sicher nicht zusammenbringen. | | |

152.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Sonde umkreist die Venus im antriebslosen Zustand. Die dazu notwendige Radialkraft wird von der Gravitation aufgebracht.   Der Abstand r ist vom Gravitationszentrum aus gemeint, also muss der Radius der Venus zuzüglich der Höhe der Sonde verwendet werden:  Die Geschwindigkeit v lässt sich über die Geschwindigkeit auf einer Kreisbahn beschreiben:  Das wird eingesetzt:   Die Fallbeschleunigung kann man über die Gewichtskraft berechnen. Die Gewichtskraft ist eine andere Ausdrucksform der Gravitationskraft, beide sind gleich: | | |
| Antwort: | Die Venus hat eine Masse von 4,8\*1024 kg. Auf ihr wirkt eine Fallbeschleunigung von 8,07 m/s². Beide Werte sind etwas kleiner als die Erdwerte. | | |

155.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Auf den Menschen wirkt immer die Anziehungskraft der Erde nach unten. Kommt der Mond hinzu, tritt zusätzlich eine Kraft nach oben auf. Die Gesamtkraft ist also:  Ohne die Wirkung des Mondes erhält man eine Anziehungskraft von 735,9976 N. | | |
| Antwort: | Die Differenz zwischen den beiden Kräften beträgt 0,0025 N. Das entspricht einer Masse von ungefähr 0,25 g und wird beim normalen wiegen sicher nicht angezeigt. | | |

177.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | a) Eine mögliche Skizze der Zugvorrichtung.  b) Durch die lose Rolle wird die Gewichtskraft des Balkens auf zwei Seile verteilt: das eine Seil hängt oben am Balken und das andere am Motor. Damit muss der Motor nur die halbe Kraft aufbringen: | |  | |
| c) Die Arbeit ist die verrichtete Hubarbeit. Dabei kann sowohl die Arbeit, die der Motor verrichtet, berechnet werden als auch die Arbeit direkt am Balken. Beide sind gleichgroß.    d) Die Leistung berechnet sich mit der gegeben Zeit: | | | |
| Antwort: | Der Motor muss eine Kraft von 368 N aufbringen. Es wird eine Arbeit von 4,4 kJ verrichtet. Der Motor leistet dabei 386 W. | | | |

206.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | f |
| Lösung: | Um die gesuchte Frequenz zu erhalten, ist die Schwingungsdauer einer Schwingung zu bestimmen.  Eine Schwingung setzt sich aus zwei halben Schwingungen zusammen: die mit der langen Fadenlänge und die mit der kurzen Fadenlänge.   Mit der Gleichung für die Schwingungsdauer eines Fadenpendels erhält man dann die Gesamtschwingungsdauer:  Damit kann nun die Frequenz berechnet werden: | | |
| Antwort: | Das Pendel schwingt 51,8 mal in der Minute. | | |

209.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | f |
| Lösung: | Im oberen Punkt der Bahn wirken zwei Kräfte auf die Kugel: die nach unten ziehende Gewichtskraft und die nach oben wirkende Zentrifugalkraft. Die Schnur ist gerade noch gespannt, wenn beide Kräfte gleich groß sind.  Wenn die Gewichtskraft größer ist als die Zentrifugalkraft, würde die Schnur nicht mehr gespannt sein, die Kugel also keine Kreisbewegung machen.  Falls die Zentrifugalkraft größer ist als die Gewichtskraft, ist die Schnur mehr als notwendig gespannt. Ist sie stark genug, passiert nichts weiter, ist sie zu schwach, reist sie.    Das ist die Bahngeschwindigkeit, die mindestens erreicht werden muss.  Die gesuchte Frequenz gibt an, wie oft sich die Kugel pro Sekunde im Kreis drehen muss.  Da die Bewegung gleichförmig verläuft, gilt: | | |
| Antwort: | Die Kugel muss in der Sekunde eine halbe Drehung durchführen. Die Geschwindigkeit beträgt 3,13 m/s. | | |

210.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | a) Die Beschleunigung ist als die Geschwindigkeitsänderung je Zeit definiert. | | | |
|  | |  | |
| Der Gesamtweg setzt sich aus drei Teilwegen zusammen: erste Beschleunigungsphase, zweite Beschleunigungsphase und gleichförmige Bewegung.    Der erste Weg berechnet sich mit    Für den zweiten Weg muss beachtet werden, dass das Auto jetzt bereits eine Geschwindigkeit hat. | | | |
| Der dritte Weg berechnet sich mit    Damit lässt sich der Gesamtweg berechnen:    c)  [Excel-Tabelle](m210.xls) | | | |

231.  
Der zweite Körper ruht, also kann v2 immer gleich 0 gesetzt werden.

\* Die Massen sind gleich groß,  
  
Damit wird aus der allgemeinen Gleichung:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Der ankommende Körper 1 wird bis zum Stillstand abgebremst, der andere, vorher ruhende Körper, bewegt sich mit der Geschwindigkeit des ersten Körpers weiter.   
  
\* Die Masse des Körpers 2 ist sehr klein im Vergleich zur Masse des Körpers 1. Damit kann man die Masse des 2. Körpers einfach weglassen oder 0 setzen.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Der ankommende Körper bewegt sich einfach weiter. Der ruhende Körper fliegt mit der doppelten Geschwindigkeit des ankommenden Körpers in dessen Richtung fort.   
  
\* Die Masse des Körpers 1 ist sehr klein im Vergleich zur Masse des Körpers 2. Damit kann man die Masse des 1. Körpers einfach weglassen oder 0 setzen.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Der 1. Körper bewegt sich mit der gleichen Geschwindigkeit, mit der er ankommt, wieder zurück. Er prallt einfach ab. Der 2. Körper bleibt liegen.   
239.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | J, Eel |
| Lösung: | a) Über die gegebenen Energie kann das Trägheitsmoment berechnet werden:  b) Die abgegebene Energie entspricht der Differenz der Rotationsenergien vor der Abbremsung und nach der Abbremsung. | | |
| Antwort: | Der Schwungradgenerator hat ein Trägheitsmoment von 33,5⋅103 kgm². Beim Abbremsen wird eine Energie von 86,8 MJ frei. | | |

240.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  | |
| Lösung: | 1. Drehwinkel – Zeit – Diagramm Für das Diagramm müssen Wertepaare berechnet werden. Dazu wird das Drehwinkel-Zeit-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Drehbewegung verwendet:  Dieses Gesetz entspricht in seiner Struktur dem Weg-Zeit-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung. Die Winkelbeschleunigung muss vorher berechnet werden: | | | |
|  | | | Einheit: |
| Da das Diagramm ab 5 s vor dem Beschleunigungsbeginn gezeichnet werden soll, muss der Drehwinkel für diese Zeitspanne berechnet werden:  Die Einheit des Winkels ist rad. | | | |
| Nun können die [weiteren Winkel berechnet](m240.xls) und das Diagramm gezeichnet werden: | | | |
| 1) Winkelgeschwindigkeit – Zeit – Diagramm Das Winkelgeschwindigkeit – Zeit – Gesetz lautet:   Dieses Gesetz entspricht in seiner Struktur dem Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung.  Die Werte werden in der [gleichen Tabelle](m240.xls) berechnet. | | | |
| 3. Geschwindigkeit am Rand der Scheibe:  4. Masse der Scheibe: | | | |
| Antwort: | Die Scheibe, die eine Masse von 9600 kg hat, dreht sich am Rand mit einer Geschwindigkeit von 20,4 m/s. | | | |

243.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | Der gesuchte Punkt hat von der Erde den Abstand rE und vom Mond den rM. Die Summe aus beiden Entfernungen ist r: | |  | |
| Für den gesuchten Punkt sind die Gravitationskräfte von Erde und Mond gleich groß. Da die Erde deutlich schwerer ist, liegt der Punkt in der Nähe des Mondes.  Die Masse m ist eine Probemasse in dem Punkt, sie spielt in der Rechnung aber keine Rolle, da sie sich rauskürzt . | | | |
|  | | | |
| Antwort: | Der Punkt befindet sich in 345600 km von der Erde und 38400 km vom Mond entfernt, also „kurz vor dem Mond“. | | | |

245.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | n |
| Lösung: | Damit ein Körper auf der Erde bleibt, muss ihn eine Kraft auf der Erde festhalten. Diese Kraft wird von der Erdanziehung aufgebracht und ist konstant. Dreht sich die Erde schneller, steigt die Kraft, die notwendig ist, um ihn festzuhalten. Diese Kraft ist die Radialkraft.  Bei einer bestimmten Umdrehungszahl der Erde ist die Radialkraft zu groß, das sie von der Erdanziehung nicht mehr aufgebracht werden kann, der Körper fliegt fort. Sind die beiden Kräfte gleich groß, ist der Körper schwerelos. Dieser Zustand soll berechnet werden.   Damit könnte man die Geschwindigkeit berechnen, mit der sich der Körper bewegen muss. Das ist aber nicht gesucht.  Zur gesuchten Größe kommt man, wenn man weiß, wie lange eine Umdrehung dauert, also die Umlaufzeit. Die hängt mit der Geschwindigkeit wie folgt zusammen:   Damit wird:  Die Erde muss sich also in 1,4 h einmal um sich selbst drehen. Das bedeutet, dass sie in 24 Stunden 17 Umdrehungen machen muss. | | |
| Antwort: | Die Erde muss sich pro Tag 17 mal um sich selbst drehen. | | |

248.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v' |
| Lösung: | Da beide Körper nach dem Stoß miteinander verbunden sind, ist es ein unelastischer Stoß. | | |
| Antwort: | Der zusammengesetzte Körper bewegt sich mit 1,7 m/s weiter. | | |

252.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Bleiben die Wagen nach dem Stoß verbunden, liegt ein unelastischer Impuls vor:   b) Trennen sich die Wagen wieder, liegt ein elastischer Stoß vor und die Geschwindigkeit muss für jeden Wagen extra berechnet werden. | | |
|  | | |
| Antwort: | Bleiben beide Wagen zusammen, bewegen sie sich mit 0,6 m/s weiter. Trennen sie sich nach dem Stoß wieder, bewegt sich der vorher ruhende Wagen mit 1,2 m/s und der ankommende Wagen mit nur noch 0,2 m/s in der Richtung weiter, in die der ankommende Wagen fuhr. | | |

258.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: | a) | ges.: | | a) |
| Lösung: |  | | | |
| Für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung gilt: | | Damit kann mit dem Newtonschen Grundgesetz die Kraft berechnet werden: | |
| b) Nach welcher Zeit erreicht der Fahrer die Geschwindigkeit 100 km/h?  Der gesuchte Weg ist die Differenz der Wege, die er bis zu den beiden Geschwindigkeiten zurücklegt: | | | |
| c)  [Diagrammquelle](m258.xls)  Die beiden Motorradfahrer fahren nebeneinander, wenn sie vom Punkt M aus gesehen den gleichen Abstand haben. Dem Diagramm ist zu entnehmen, dass das zweimal passiert. Am Anfang überholt der Fahrer A den Fahrer B von hinten. Da B aber nach der Beschleunigung schneller fährt als A, holt er ihn wieder ein. 1. Überholvorgang: Wenn man den Abstand der beiden Punkte M und P mit s0 bezeichnet, erhält man:  Die erste Zeit braucht nicht berücksichtigt zu werden, da der Beschleunigungsvorgang nach 15 s bereits abgeschlossen ist. Für die zweite Zeit von 2,24 s wird der Weg berechnet: | | | |
|  | |  | |
| Für den zweiten Treffpunkt sind wieder die beiden Abstände zu M gleich. Für den Fahrer B ist jetzt aber der Weg der beschleunigten Bewegung bekannt.  Das ist die Zeit, die nach dem Beenden der Beschleunigungsphase von B bis zum Treffpunkt vergeht. Damit ist die Gesamtzeit für den zweiten Treffpunkt 19,88 s. Dieser Punkt ist 497 m vom Punkt entfernt. | | | |
| Antwort: | Der Motorradfahrer B beschleunigt mit 2,4 m/s². Dazu ist eine Kraft von 722 N notwendig und das Motorrad leistet 8,7kW.  Um von 100 km/h auf 130 km/h zu kommen, fährt der Motorradfahrer 108,5 m.  Nach 2,24 s treffen sich die beiden Motorräder in 56 m Abstand von Punkt M zu ersten Mal. Der zweite Treffpunkt wird nach 19,88 m in 497m Entfernung vom Punkt M erreicht. | | | |

259.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  | |
| Lösung: | a) Auf K1 wirkt die Gewichtskraft. Auf K2 wirkt die Hangabtriebskraft. Da beide Körper über das Seil verbunden sind, ergibt sich für beide Körper eine resultierende Kraft:  Um zu entscheiden, welcher Körper sich nach unten bewegt, muss man die beiden Kräfte (Gewichts- und Hangabtriebskraft) vergleichen.  Auf den Körper K1 wirkt also eine resultierende Kraft von 58,86 N. Diese Kraft beschleunigt das System K1+K2. Da beide Körper beschleunigt werden, muss die Summe der beiden Massen benutzt werden,.  Mit dieser Beschleunigung bewegt sich der Körper K1 die Höhe h nach unten. Da die Kraft konstant bleibt, ist die Bewegung gleichmäßig beschleunigt. | | | |
|  |  | | |  |
|  | Die gesuchte Kraft auf den Körper K2 muss die Hangabtriebskraft ausgleichen und den Körper beschleunigen. | | | |
|  | b) Wird der Körper K1 abgetrennt, befindet sich K2 im Punkt D. Dort besitzt er kinetische Energie, die beim weiteren Hochsteigen in potenzielle Energie umgewandelt wird. Im Haltepunkt H besitzt der Körper nur noch potenzielle Energie.  Die Gleichheit beider Energien ist der Ausgangspunkt zur Bestimmung von hH | | |  |
|  | Der Körper bewegt sich nach dem Abtrennen 4,9 m über den Punkt D. Gesucht ist die Geschwindigkeit im Punkt A. Die gesamte potenzielle Energie im Punkt H wird dazu in kinetische Energie umgewandelt.  Die potentielle Energie im Punkt H berechnet sich aus der Gesamthöhe von H über A. Bekannt ist davon bisher hH. Wie groß ist hD?  Es gilt:  Damit kann die Geschwindigkeit im Punkt A berechnet werden:   Die gesuchte Zeit setzt sich aus drei Teilzeiten zusammen:  1. Die Zeit von A nach D, die ist bekannt = 1,5 s  2. Die Zeit von D nach H 3. Die Zeit von H nach A  zu 2.: Da es eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit negativer Beschleunigung ist, gilt das Newtonsche Grundgesetz:  Die wirkende Kraft ist, da der Faden ja durchtrennt wurde, die Hangabtriebskraft: | | | |
|  | Damit kann nun die Zeit berechnet werden, wenn als Geschwindigkeit die genommen wird, mit der der Körper im Punkt D ankommt (a):   3. Genau so wird die Zeit für das Zurückgleiten berechnet. Die Geschwindigkeit ist die, mit der der Körper im Punkt A ankommt:   Damit ergibt sich eine Gesamtzeit von 6,16 s.  c) Im Punkt C wirken zwei Kräfte: Die Normalkraft und die Radialkraft. Die Normalkraft ist die Kraft, die wirken würde, wenn der Körper im Punkt C in Ruhe wäre. Da er sich aber dort auf einer Kreisbahn bewegt, muss zusätzlich noch die Radialkraft aufgebracht werden.  1. Normalkraft: Die Kraft, mit der der Körper senkrecht auf die Unterlage wirkt.   2. Radialkraft Dazu muss vorher die Geschwindigkeit im Punkt C berechnet werden. Im Punkt B besitzt der Körper kinetische Energie sowie potenzielle Energie. Diese wird bis zum Punkt C teilweise in kinetische Energie umgewandelt.  Welche Höhe hat der Punkt B über dem Punkt C? | | | |
|  |  | | |  |
|  | Über die Energie berechnet man nun die Geschwindigkeit im Punkt C: | | | |
|  | Damit lässt sich nun endlich die Radialkraft bestimmen:  Die Gesamtkraft ist dann:   d) Die kinetische Energie, die der Körper im Punkt E hat, wird auf der Strecke EP durch Reibung in Wärme umgewandelt. Was dann noch übrig ist, drückt die Feder zusammen, wird als Federspannenergie und wird ebenfalls noch durch Reibung in Wärme umgewandelt. Die erste Frage ist die nach der kinetischen Energie im Punkt E. Das ist die kinetische Energie im Punkt B plus die Energie, die aus der potentiellen Energie im Punkt B beim reibungslosen Gleiten zum Punkt E in kinetische Energie umgewandelt wird.   Jetzt die oben geschilderte Energieumwandlung: | | | |

261.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a)  b) Die gespannte Feder besitzt Spannenergie, die beim Abschuss vollständig in die kinetische Energie der Kugel umgewandelt wird. Damit gilt:  Die Masse kann aus der Dichte von Stahl und dem Durchmesser der Kugel berechnet werden:  Damit wird die Geschwindigkeit:  c) | | |
|  | Es kommt die Gleichung für die Wurfparabel zur Anwendung:    Die muss nach der gesuchten Größe x aufgelöst werden, was auf die Lösung einer quadratischen Gleichung hinausläuft.    Die Lösung dieser Gleichung ergibt zwei Werte:  Der erste Wert bezieht sich auf den aufsteigenden Teil der Bahn, der zweite auf den absteigenden Teil.  d) Die Geschwindigkeit eines Körpers beim schrägen Wurf in Abhängigkeit von seiner Flugzeit berechnet sich nach    Die Anfangsgeschwindigkeit und der Abschusswinkel sind bekannt, die Flugzeit bis zum Loch kennt man aber noch nicht.  Da die Entfernung in x-Richtung aber soeben zu 7,8 m berechnet wurde, kann daraus die Flugzeit berechnet werden: | | |
|  | Damit kann nun die gesuchte Geschwindigkeit berechnet werden:    Die kinetische Energie ist dann einfach    e) Die Wurfhöhe berechnet sich nach der Gleichung    Es ist alles bekannt:    f) Die Wurfweite berechnet sich mit | | |
| Antwort: | a) Die Feder wird mit einer Kraft von 18 N gespannt. b) Die Kugel verlässt mit 25,7 m pro Sekunde das Federschussgerät.  c) Die Wand muss 7,8 m vor dem Gerät aufgebaut werden.  d) Die Kugel fliegt mit 17,7 m/s durch das Loch und hat dabei eine kinetische Energie von 0,64J.  e) Die Kugel erreicht eine maximale Höhe von 29,7 m  f) Die Kugel fliegt 43,3 m weit. | | |

272.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Energieumwandlungen:  Der Wagen kommt vom Punkt an, in dem er bereits eine Geschwindigkeit besitzt. Damit hat er dort kinetische und potentielle Energie.  Der Boden wird als Bezugslinie angenommen. Damit besitzt er im Punkt B nur noch kinetische Energie, die genau so groß wie die Summe der Energien im Punkt A ist (Energieerhaltung)  Diese kinetische Energie im Punkt B wird wieder in potenzielle Energie umgewandelt, wenn der Wagen zum Punkt C fährt. Da nicht alles umgewandelt wird, besitzt er dort wieder kinetische und potenzielle Energie.  b) Als Bedingung muss gelten, dass im Punkt A so viel Energie vorhanden ist, dass der Wagen im Punkt C mit der entsprechenden Radialkraft herumschleudert.    Welche Geschwindigkeit ist im Punkt C notwendig? Die Radialkraft soll das 1,5 fache der Gewichtskraft betragen. Also:  Der Radius ist die Hälfte der Höhe zum Punkt C.    Das wird in die Energiegleichung eingesetzt, aus der vorher noch die Masse m gekürzt wurde. | | |
| c) Die Geschwindigkeit im Punkt B ergibt sich aus der Energie im Punkt A, die hier vollkommen in kinetische Energie umgewandelt wurde.    d)  Die Gesamtkraft im Punkt B berechnet sich aus der schon vorhandenen Gewichtskraft und der Radialkraft, da sich der Wagen an dieser Stelle auf der Kreisbahn befindet.    Die normale Gewichtskraft ist die Masse mal die Fallbeschleunigung. Der Wert 63,8 ist 6,5 mal größer als die Fallbeschleunigung, so dass im Punkt B der 6,5 fache der Gewichtskraft wirken. | | |
| Antwort: | Der Punkt A muss sich 28,35 m über dem Boden befinden. Durch den Punkt B donnert der Wagen mit 24,4 m/s. Dabei spüren die Insassen das 6,5 fache der eigenen Gewichtskraft. | | |

288.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v |
| Lösung: | Damit der Satellit antriebslos auf einer Kreisbahn fliegen kann, muss auf ihn eine Radialkraft wirken. Diese Radialkraft wird von der Gravitation aufgebracht, also Radialkraft = Gravitationskraft.  Die Masse des Satelliten mS kürzt sich raus, spielt also keine Rolle. Der verbleibende Rest wird nach der Geschwindigkeit v umgestellt. Für den Abstand r wird der Radius der Erde plus der Abstand des Satelliten von der Erdoberfläche eingesetzt. | | |
| Antwort: | Der Satellit braucht eine Geschwindigkeit von 7,8 km/s. Das ist die Kreisbahngeschwindigkeit oder die erste kosmische Geschwindigkeit. | | |

310.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | p |
| Lösung: | Der Druck ist  Die Kraft ist die Gewichtskraft und die Fläche eine der Seitenflächen des Würfels.  Gewichtskraft:  Die Masse erhält man über die Dichte und das Volumen:  und das Volumen des Würfels über die Kantenlänge:  Damit wird dann die Masse:   Fläche:    Damit lässt sich nun der Druck berechnen:  Bevor gerechnet werden kann, müssen die Einheiten umgerechnet werden. | | |
| Antwort: | Der Auflagedruck des Holzwürfels ist 628 Pa. | | |

328.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Es kommen die Gesetze des waagerechten Wurfes zur Anwendung. Die Gleichung für die Wurfparabel lautet:    Der y-Weg ist die Falltiefe und der x-Wert die Fallhöhe. Die Gleichung muss nach v umgestellt werden:    Da die Bewegung nach unten verläuft, wird der y-Wert negativ und der Wert unter der Wurzel positiv.    b)  a) Die Kohle trifft mit der Geschwindigkeit v unter dem Winkel  auf.  b) Der Winkel  taucht als Scheitelwinkel noch einmal auf.  c) Die Geschwindigkeit v kann in eine vx- und eine vy-Komponente zerlegt werden.  d) Der Vektor der y-Komponente kann verschoben werden.  e) Es ergibt sich ein rechtwinkliges Dreieck. Darin ist v die Hypotenuse, vy die Gegenkathete und vx die Ankathete des Winkels .  Zur Berechnung des Winkels müssen die beiden Geschwindigkeitskomponenten bekannt sein. In x-Richtung wird die in a) berechnete Geschwindigkeit verwendet, da diese Bewegung bei Vernachlässigung der Reibung gleichförmig ist.  In y-Richtung berechnet sich die Geschwindigkeit über den freien Fall aus 2,5 m Höhe. Man erhält 7 m/s.  Damit gilt: | | |
| Antwort: | Das Band muss eine Geschwindigkeit von 2,53 m/s haben, damit die Kohle in den Waggon fällt.  Die Kohle trifft unter einem Winkel von 70° auf. | | |

329.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | F |
| Lösung: | Die Streben müssen im untersten Punkt zwei Kräfte aufbringen: die Gewichtskraft und die Radialkraft.   Die Gewichtskraft ist:  Die Radialkraft:  r ist der Radius der Kreisbewegung und entspricht der Länge der Schaukel. Die ist aber nicht gegeben. v ist die Geschwindigkeit, die die Schaukel im untersten Punkt hat. Da sie aus der horizontalen Lage kommt, in der sie in Ruhe war, entspricht die Geschwindigkeit der Fallgeschwindigkeit aus dieser Höhe. Die Höhe ist aber der Radius.  und   Damit wird:  Damit geht man in die Gleichung der Radialkraft:  Die Länge der Schaukel ist nicht notwendig. Nun lässt sich die Gesamtkraft berechnen: | | |
| Antwort: | Die Streben müssen einer Belastung von 3,8 kN widerstehen können. Das ist das dreifache der Gewichtskraft der Person. | | |

335.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Es soll das y-x-Diagramm gezeichnet werden, also ein Bild vieler Schwinger zum Zeitpunkt 0,05 s.  Die allgemeine Gleichung für eine Welle lautet:  Aus den gegeben Größen lässt sich die Wellenlänge berechnen:  Damit wird die Wellengleichung für die Zeit t hergeleitet: | | |
| Diese Gleichung muss grafisch dargestellt werden. Da eine Welle 0,05 m lang ist, empfiehlt es sich, z.B. einen Bereich von 0 bis 0,05 cm in Schritten zu 0,005 cm zu berechnen. | | |
| b) Es ist die Wellengleichung für ein Teilchen in einem Abstand von 3,75 cm vom Erregerzentrum aufzustellen.  Da ein Schwinger in 0,02 s eine vollständige Schwingung durchführt, kann man das Zeitintervall von 0 s bis 0,02 s in Schritten von 0,001 s berechnen. Der Schwinger befindet sich aber in 3,75 cm Entfernung vom Erreger. Das heißt, er fängt erst 0,015 s nach der ersten Erregung mit Schwingen an. Damit muss das Zeitintervall erweitert werden und bis zur ersten Anregung nach 0,015 s ist die Elongation 0. | | |
|  | | |
|  | [Zur Excel-Tabelle](m335.xls) | | |

378.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | f |
| Lösung: | a) Zur Berechnung der Frequenz wird zuerst die Schwingungsdauer des Federschwingers berechnet:  b) Zum Zeichen des Diagramms müssen einige Punkte der Sinusschwingung berechnet werden. Aus der bekannten Schwingungsdauer ergeben sich die Nulldurchgänge: 0s, 0,32s, 0,63s, 0,95 s, 1,26 s Die Zeiten, zu denen die Schwingung ihre Maximalauslenkung erreicht, liegen zeitlich genau zwischen den Nulldurchgängen: 0,16s, 0,48s, 0,79s, 1,11s Mit diesen Werten lassen sich die ersten zwei Schwingungen zeichnen.  [Excel-Tabelle](m378.xls) c) Die Zeiten sind bereits in b) berechnet worden: 0,16s, 0,48s, 0,79s, 1,11s | | |
| Antwort: | Das Pendel hat eine Frequenz von 1,58 Hz. | | |

389.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | Die Schwingungsdauer eines Pendels berechnet sich nach der Formel:  Für das gesuchte Pendel ist das dann: | | Nebenrechnung: Für das erste Pendel wird die Formel nach der Länge umgestellt: | |
| In diese Gleichung wird die Länge des ersten Pendels eingesetzt: | | | |
| Antwort: | Die Schwingungsdauer verkürzt sich um 13%. | | | |

407.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | p |
| Lösung: | Der Schweredruck entsteht durch das Gewicht des Wassers über dem unteren Teil der Staumauer, das darüberliegende Wasser drückt darauf.  Es gilt :  F ist die Gewichtskraft des Wassers und A eine Fläche, auf der das Wasser lastet. Weder das Gewicht des Wassers noch die Fläche sind gegeben. Vielleicht ergibt sich aber eine Lösung. Die Kraft des Wassers ist die Gewichtskraft des Wassers, das in einer Säule über der Fläche A steht.  Die Gewichtskraft ist die Masse dieses Wassers mal die Fallbeschleunigung:  Die Masse ergibt sich aus dem Volumen dieser Wassersäule. Das Volumen ist allgemein die Höhe der Säule mal die Grundfläche, also:  Und weiterhin gilt zwischen der Masse und dem Volumen:  Das ist die Dichte des Wassers. Diese Gleichung wird nach der Masse umgestellt:  und das Volumen eingesetzt:  Damit lässt sich die Gewichtskraft angeben:  Diese wird nun endlich in die erste Formel für den Druck eingesetzt:  Überraschung: die Fläche spielt keine Rolle mehr. Der Druck hängt nur noch von der Tiefe und der Dichte der Flüssigkeit ab. (g ist die Fallbeschleunigung und auf der Erde praktisch überall gleich)  Nun wird der Druck berechnet. Die Dichte von Wasser ist 1 g/cm³ oder 1000 kg/m³. | | |
| Antwort: | In 45 m Tiefe herrscht ein Druck von 442 kPa. | | |

432.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Man kann davon ausgehen, dass der Radiumkern von dem Zerfall in Ruhe ist. Er besitzt damit keinen Impuls.  Der Zerfall geschieht ohne äußere Einfluss, wir haben es also mit einem abgeschlossenen System zu tun. Damit ist der Gesamtimpuls der beiden voneinander weg fliegenden Teilchen ebenfalls Null.  Die Zerfallsgleichung sieht so aus:  Aus dem Radiumkern wird plötzlich und unerwartet ein Alphateilchen mit hoher Geschwindigkeit raus geschleudert. Der verbleibende Radonkern mit der Masse 222u fliegt durch den Rückstoß in die entgegen gesetzte Richtung. Da die Summe der beiden Impulse (Radonkern und Alphateilchen) Null ergeben muss, sind sie vom Betrag her gleich groß, unterscheiden sich nur im Vorzeichen. | | |
| Antwort: | Das Radonteilchen fliegt mit einer Geschwindigkeit von 270 km/s weg. | | |

433.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  | |
| Lösung: | Es wird vereinbart: nach links ist Minus und nach rechts ist Plus. Kugel 1 kommt von links und bewegt sich nach rechts, als Plus, Kugel zwei kommt von rechts und bewegt sich nach links, also Minus. | | | | |
| a) elastischer Stoß: Kugel 1 | | | | Kugel 2 |
| Beide Kugeln rollen nach dem Stoß in die entgegen gesetzte Richtung. | | | | |
| b) unelastischer Stoß | | | | |
| Die beiden zusammenhängenden Kugeln rollen nach links. | | | | |
| c) Energie der beiden Kugeln vor dem Stoß: | | Summe der Energien vor dem Stoß: | | |
| Energien der beiden Kugeln nach dem elastischen Stoß: | | Summe der Energie nach dem Stoß: | | |
| Die Summe der Energien vor und nach dem Stoß ist ungefähr gleich groß. Abweichungen entstehen durch Rundungsfehler. | | | | |
| Energie der beiden Energie nach dem unelastischen Stoß:  Die Energie der beiden Kugeln nach dem unelastischen Stoß ist kleiner als die Summe der Energie vor dem Stoß. Die Energiedifferenz beträgt etwa 280 J. Diese Energie wurde beim Zusammenstoß z.B. in Wärmeenergie umgewandelt. | | | | |

434.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a) n |
| Lösung: | a) Wie groß ist der Drehwinkel in der Anlaufphase? Es gilt für eine gleichmäßig beschleunigte Drehbewegung    ist der Drehwinkel der Trommel während der Beschleunigungsphase,  die Winkelbeschleunigung und t die Zeit, in der die Trommel ihre Endgeschwindigkeit erreicht.  Die Winkelbeschleunigung ist die Änderung der Winkelgeschwindigkeit je Zeit, also    Die Winkelgeschwindigkeit zu Beginn in 0. Die Winkelgeschwindigkeit zum Ende der Anlaufphase ist aber nicht bekannt. Es gilt aber:    und damit    Das kann ich die Gleichung für den Drehwinkel eingesetzt werden:    Das ist der Drehwinkel währen der Anlaufphase im Bogenmaß. Da eine Umdrehung  sind, ergibt das    Umdrehungen.  b) Die Bahngeschwindigkeit ist | | |
| c) Die Radialkraft ist | | |
| Antwort: | Während der Anlaufphase macht die Trommel 587 Umdrehungen. Der Wassertropfen bewegt sich dann mit 38,4 m/s und muss sich mit 1,13 N festhalten. Da er das auf Grund der geringen Kräfte zwischen Wasser und Gewebe nicht kann, wird ihn die Fliehkraft nach außen treiben. | | |

439.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | s |
| Lösung: | Da die Bewegung gleichförmig ist, kann man schreiben:    s ist der gesuchte Weg und t die vorgegebene Millisekunde.  Die Geschwindigkeit lässt sich aus den gegebenen Größen berechnen. Der Weg des Teilchens ist ein Kreis, so dass man dafür den Kreisumfang verwenden kann:    Diesen Weg schafft das Teilchen in einer Minute 23 940 mal, also in einer Sekunde 399 mal. Das heißt, die Zeit für einen Umlauf beträgt    Aus dem Weg und der zeit kann die Geschwindigkeit bestimmt werden:    Das Teilchen legt also 251,4m in einer Sekunde zurück. Gefragt ist der Weg in einer Millisekunde, also dem tausendstel Teil einer Sekunde. Das sind dann 0,2514 m, also rund 25 cm. | | |
| Antwort: | Das Teilchen legt in einer Millisekunde rund 25 cm zurück. | | |

440.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) An der Schaukel sei 1 der obere Punkt und 2 der unter Punkt. Die Schaukel besitzt im Punkt 1 kinetische und potenzielle Energie, im Punkt 2 nur noch kinetische Energie. (Wird als Höhe=0 betrachtet)  b) Im unteren Punkt wirkt auf die Person die Zentrifugalkraft = Radialkraft = Scheinkraft und die Gewichtskraft: | | |
| Antwort: | Die Gondel hat im unteren Punkt eine Geschwindigkeit von 10,3 m/s. Im unteren Punkt hat die Person ein etwa 5faches vom Normalgewicht. | | |

489.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die untere Kiste rutscht dann los, wenn die Hangabtriebskraft etwas größer ist als die Reibungskräfte. Bei Gleichheit der Kräfte bleibt sie gerade noch liegen, eine winzige Vergrößerung des Winkels stört die Ruhe.  Die Hangabtriebskraft ergibt sich aus den Gesetzen zur geneigten Ebene:  Die Reibungskraft setzt sich aus zwei Kräften zusammen:  1. Die Reibungskraft, die an der Unterseite der unteren Kiste entsteht 2. Die Reibungskraft, die an der Oberseite der unteren Kiste entsteht.  zu 1. Da zwei Kisten übereinander liegen, drücken beide auf die Unterseite. Es muss die Summe beider Massen verwendet werden. zu 2. Die Masse der unteren Kiste spielt keine Rolle mehr, es wird nur die Masse der oberen Kiste verwendet.  Und Gleichsetzen: | | |
| Antwort: | Die untere Kiste rutscht bei einem Winkel von über 36,9° los. | | |

490.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Da auf den Satelliten keine äußeren Kräfte wirken, gilt der Drehimpulserhaltungssatz.  Wie ändert sich das Trägheitsmoment durch den Verlust des Treibstoffes? Für einen Vollzylinder gilt:  Damit wird: | | |
| Antwort: | Durch den Verlust des Kühlmittels verkürzt sich die Umdrehungszeit auf 1,8 s. | | |

491.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | m |
| Lösung: | Die Gesamtmasse setzt sich aus zwei Teilmassen zusammen: 1) die Masse des Eisenkerns und 2) die Masse des Goldmantels. 1) Der Eisenkern hat einen Durchmesser von 9,5 cm. Damit lässt sich über das Volumen seine Masse berechnen.  Die Masse der Eisenkugel berechnet sich nach der Gleichung für die Dichte:  2) Das Volumen des Goldes ist das Volumen der gesamten Kugel mit 10 cm Durchmesser minus dem Volumen der Eisenkugel:  Die Masse des Goldes:  Damit ergibt sich eine Gesamtmasse: | | |
| Antwort: | Die Kugel der Prinzessin hat eine Masse von 5,74 kg. Das entspricht etwa der Masse von einem halb vollem Eimer Wasser. | | |

498.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Wenn der Kessel mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit das Brett hinauf gezogen werden soll, muss nach dem Newtonschen Trägheitsgesetz die Summe aller einwirkenden Kräfte Null sein. Zwei Kräfte wirken der Bewegung entgegen, die durch die ziehende Person aufgehoben werden müssen:  1. Die Hangabtriebskraft, die durch die Schräge des Brettes hervorgerufen wird und 2. die Reibung zwischen dem Brett und dem Kessel. Die zweite Kraft würde auch wirken, wenn der Kessel auf ebener Erde über ein Brett gezogen würde, jedoch etwas stärker als auf dem geneigten Brett. Wenn das Brett senkrecht stehen würde, fiele diese Reibungskraft weg. Sie ist also von der Neigung des Brettes abhängig und berechnet sich aus der Normalkraft. Das ist die Kraft, mit der der Kessel senkrecht nach unten auf das Brett drückt. Diese Kraft wäre bei einem waagerechten Brett genau so groß wie die Gewichtskraft und bei einem senkrechten Brett Null.  Der Winkel Alpha ist der Winkel zwischen dem Brett und dem Erdboden. Da Erdboden, Brett und LKW ein rechtwinkliges Dreieck bilden, kann er durch eine Winkelfunktion beschrieben werden:  Damit kann die Reibungskraft berechnet werden:   Für die erste Kraft wird die Gleichung der Hangabtriebskraft verwendet:  Die notwendige Gesamtkraft ist die Summe beider Kräfte:  Das entspricht etwa der Kraft die man braucht, um einen 45 kg schweren Sack zu heben (z.B. Zement), ist aber einfacher, als den Kessel direkt hochzuheben. | | |
|  | b) Lässt die Person das Seil los, wirkt immer noch die Hangabtriebskraft, die den Kessel nach unten zieht. Die Reibung zwischen Brett und Kessel wirkt dieser Bewegung entgegen. Ist sie größer, bleibt der Kessel stehen, ist sie kleiner, rutscht er nach unten. Diese Reibungskraft berechnet sich wie in Aufgabe a), nur das jetzt die Haftreibungszahl verwendet wird:  Das ist natürlich viel größer als die nach unten ziehende Kraft, so dass die Person ruhig das Seil locker lassen kann. Der Kessel rutscht nicht wieder runter.  c) Der Kessel würde gerade nicht rutschen, wenn die Hangabtriebskraft und die Reibungskraft gleich groß sind. Wie groß ist dann der Winkel?  Damit lässt sich die Höhe der Ladefläche berechnen: | | |
| Antwort: | a) Es ist eine Kraft von 432,5 N notwendig.  b) Da die Reibungskraft größer ist als die Hangabtriebskraft, rutscht der Heizkessel beim Lockerlassen des Seiles nicht. c) Die LKW-Ladefläche kann 2,1 m hoch sein. | | |

502.

a) Energieumwandlungen: Die anfliegende Kugel besitzt kinetische Energie, die sie beim Eindringen in den Holzklotz in Wärmeenergie und kinetische Energie des Metallzylinders mit Holzklotz umwandelt. Dieser Vorgang ist ein unelastischer Stoß.  
Die kinetische Energie des Metallzylinders wandelt sich nach dem Auftreffen auf die Feder in Federspannenergie um.

b) c) Mit welcher Geschwindigkeit vZ bewegt sich der Metallzylinder, nachdem die Kugel in das Holz eingedrungen ist? Es ist ein unelastischer Stoß, bei dem der eine Körper vor dem Stoß in Ruhe ist. (unelastisch, da beide Körper nach dem Stoß verbunden sind)  
  
Die gesuchte Größe ist die in dieser Gleichung enthaltene Geschwindigkeit v.  
Mit dieser Geschwindigkeit trifft der Zylinder auf die Feder und wandelt seine kinetische Energie vollständig in Federspannenergie um:  


504.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Das allgemeine Gesetz für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung lautet:  Der Wert vor t² ist die Hälfte der Beschleunigung. Damit ist für beide Gleiter die Beschleunigung  groß. Das Minus weist darauf hin, dass die Beschleunigungen zum Punkt 0 zeigen. Für den nach oben gleitenden Körper heißt das, dass er langsamer wird (er bewegt sich ja vom Nullpunkt weg), die Geschwindigkeit des anderen Gleiters wird vom Betrag her größer, er bewegt sich zum Nullpunkt hin.  In der Skizze sind die drei Abschnitte der Bewegung dargestellt. Da die Körper als Massepunkte betrachtet werden, ist es egal, welches Ende des Körpers bei der Wegmessung betrachtet wird. Im ersten Bild hat der Körper A eine Anfangsgeschwindigkeit, die zum Bild 2 hin kleiner wird. Im Bild 3 stößt er mit dem Körper B zusammen. Der Körper B hat in 1 keine Geschwindigkeit, die zum Bild 2 hin größer wird. b) Zum Nachweis der vorgegeben Größen muss man fragen, was den Punkt des Zusammenstoßes kennzeichnet.  \* Beide Körper sind die gleiche Zeit gerutscht, nämlich die 1,2 s \* Beide Körper haben zusammen den Gesamtweg von 1,8 m zurückgelegt \* Körper A ist 1,6 m nach oben gerutscht \* Körper B ist 0,2 m nach unten gerutscht. Die letzten beiden Punkte sind am leichtesten zum Überprüfen der Größen geeignet: | | |
|  | Es lassen sich auch beide Gleichungen in einem [s-t-Diagramm](m504.xls) darstellen und der Schnittpunkt ablesen. c) Da beide Körper nach dem Stoß zusammenbleiben, liegt ein unelastischer Stoß vor. Die Geschwindigkeit des vereinten Körpers berechnet sich nach:  Es fehlen noch die Geschwindigkeiten beider Körper beim Zusammenstoß. Beide Bewegungen sind beschleunigt, also gilt:  Für den Körper A wird das dann:  und für Körper B:  Beide Geschwindigkeiten werden in die Gleichung für den Stoß eingesetzt:   Das [v-t-Diagramm](m504.xls). | | |
| Antwort: |  | | |

506.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Für den gesuchten Zeitpunkt sind zwei Dinge bekannt: 1. Beide Fahrzeuge sind gleich weit von der Startlinie entfernt. Dabei ist Auto 2 2 m weiter gefahren.  Das Auto 2 fährt die Strecke sx zuzüglich den 2 m. Damit ist sx um 2 m kürzer als s2  2. Beide Autos sind eigentlich die gleiche Zeit seit dem Start unterwegs. Aber Auto 1 ist 0,2 s weniger gefahren, weil es ja später losgekommen ist.    Die gesuchte Größe steckt in der ersten Aussage. Leider gibt es aber über die Strecke s1 und s2 keine Aussagen. Der Weg lässt sich jedoch über die Gesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung ausdrücken:  Damit wird:  und   Nun kann in die erste Aussage einsetzen:  t2 ist die einzige unbekannte Größe. Nach ihr muss umgestellt werden.   Das ist die Zeit, die Auto 2 bis zur gesuchten Entfernung fährt. | | |
| Diese Entfernung kann nun berechnet werden:  Das Auto 1 fährt 0,2 s weniger, also:   Das Auto 1 fährt 2 m weniger als Auto 2.  Die Aufgabe lässt sich auch gut grafisch lösen. Dazu sind die Weg-Zeit-Gesetze für beide Autos aufzustellen und in einen Weg-Zeit-Diagramm darzustellen. Auto 1  [zur Excel-Tabelle](m506.xls) | | |
| Antwort: | Die beiden Autos sind 4,59 m von der Startlinie entfernt auf gleicher Höhe. | | |

507.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der gesuchte Zeitverlust ist die Differenz aus der Zeit, die der Fahrer vom Bremsen bis zum Erreichen der ursprünglichen Geschwindigkeit braucht und der Zeit, die er benötigt hätte, wenn er nicht bestraft wurden wäre.  Für die Zeit ohne Strafe muss man wissen, wie weit er mit Strafe gefahren ist.  Diese Strecke setzt sich aus drei Teilen zusammen: 1. Das Abbremsen auf 80 km/h. (s1) 2. Die 300 m Fahren mit dieser Geschwindigkeit. (s2) 3. Das Beschleunigen auf 240 km/h. (s3)  zu 1. Es gilt:  Zuvor muss die Zeit zum Abbremsen berechnet werden:  Jetzt der Weg:  zu 3.  Zuerst muss die Beschleunigung berechnet werden:  Nun kann der Weg bestimmt werden:  Damit ergibt sich ein Gesamtweg von | | |
|  | Welche Zeit hätte er mit der vollen Geschwindigkeit für diesen Weg benötigt?  Die wirklich benötigte Zeit ist die Summe der berechneten Teilzeiten. Es fehlt noch die zeit für die Strecke, die das Auto mit der konstanten, langsamen Geschwindigkeit fährt.  Damit wird:  Jetzt kann endlich der Zeitverlust berechnet werden: | | |
| Antwort: | Der Fahrer hat einen Zeitverlust von 10,8 s. | | |

508.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Fallbeschleunigung wird durch die Gravitation hervorgerufen. Es gilt:  Damit kann die Masse des Planeten berechnet werden, damit er die gleiche Fallbeschleunigung wie die Erde aufweist.  Die Dichte wird über das Volumen ermittelt:  Damit wird dann:  Ein Kubikmeter dieses Materials müsste eine Masse von 6,38 Millionen Tonnen haben. Das ist fast ein Neutronenstern. | | |
| Wenn man nun bedenkt, dass der Planet auch noch rotiert, muss die Gravitation nicht nur die Gewichtskraft, sondern auch noch die Radialkraft aufbringen. Damit wird aus der ersten Gleichung:  Für die Dichte ergibt sich dann:  Das ist die gleiche Dichte wie bei der Betrachtung ohne Rotation! | | |
| Antwort: | Der Planet des kleinen Prinzen muss eine Dichte von 6,38 Mill. t je m³ haben. Durch die Rotation des Planeten ändert sich an diesem Wert nichts. | | |

509.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: |  | | |
| a) Bewegt sich das Karussell mit gleichmäßiger Fahrt, bleibt der Betrag der Geschwindigkeit konstant. Damit wirkt auch keine Kraft in Fahrtrichtung. Es wirken zwei Kräfte: die Gewichtskraft nach unten und die Fliehkraft senkrecht zur Drehachse des Karussells. Die Fliehkraft ist eine Trägheitskraft (Scheinkraft). Sie ist genau so groß wie die Radialkraft, wirkt aber nach außen.  Es stellt sich eine solche Lage ein, dass die resultierende Kraft genau in einer Linie zur Aufhängung wirkt. Das heißt, aus Gewichtskraft und Fliehkraft ergibt sich ein Parallelgramm (hier Rechteck), dessen Diagonale die Verlängerung der Aufhängung ist.  b) Die Umlaufzeit ergibt sich aus der notwendigen Fliehkraft, um die Ketten um 40° gegen die Vertikale zu neigen.  Die Fliehkraft = Radialkraft berechnet sich:  Dabei ist r der Abstand von der Drehachse, der aber jetzt größer ist als die 5 m. In der Skizze ist es die Strecke x. | | |
|  | | |
| Es ist zu erkennen, wie sich x errechnet:  Damit ist die Gondel 7,6 m von der Drehachse entfernt. Die resultierende Kraft ist die Hypotenuse in einem rechtwinkligen Dreieck mit der Radialkraft und der Gewichtskraft als Katheten. Zwischen den beiden Katheten besteht der Zusammenhang:  Die Geschwindigkeit bei der Kreisbewegung ist:  T ist die gesuchte Größe, die Umlaufzeit. Einsetzen und umstellen:  c) Die Zentrifugalkraft ist genau so groß wie die Radialkraft, also:   d) Zur Berechnung der resultierenden Kraft verwendet man den Satz des Pythagoras: | | |
| e) Welche Energie hat die Person? 1. Bewegungsenergie aus der Bewegung um das Karussell. 2. Potenzielle Energie, da er ja angehoben wurde.  Die Bewegungsenergie kann aus den vorhandenen Größen berechnet werden. Für die potenzielle Energie ist noch die Höhe zu ermitteln. Aus der Skizze ist zu erkennen, dass sich der Abstand zur Aufhängung auf den Wert y verkürzt, die Person wird also um den Wert   gehoben.  y ist:  Die Person wird also um 0,9m gehoben. Die Gesamtenergie ist damit:  Das ist dann auch die Arbeit, die notwendig ist. | | |
|  | b) Die Umlaufzeit beträgt 6 s. c) Auf die Peron wirkt eine Zentrifugalkraft von 583,4N. d) In seiner Sitzfläche verspürt er eine Kraft von 901N. Das ist auch die Kraft, die die Kette aufbringen muss. Schafft sie das nicht, reist sie.  e) Es sind 2,8 kJ notwendig, um die Person in diesen Bewegungszustand zu versetzen. | | |

512.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Durchschnittsgeschwindigkeit ist der gesamte Weg durch die gesamte dazu benötigte Zeit.  Wenn der Schulweg mit w bezeichnet wird, ist die gesamte Strecke 2w.  Die Zeit berechnet sich mit    Eingesetzt: | | |
| Antwort: | Die Durchschnittsgeschwindigkeit beträgt 13,3 km/h. | | |

513.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | P |
| Lösung: | Die Leistung ist ganz allgemein die verrichtete Arbeit je Zeit. Die Arbeit, die an der Turbine verrichtet wird, kommt aus der potenziellen Energie, die das Wasser vor dem Herabfallen hat.  Diese potenzielle Energie wird beim Fallen in kinetische Energie umgewandelt und dann im Generator zu elektrischer Energie gemacht.    Die Masse muss noch berechnet werden. 1 m³ Wasser sind 1000 Liter und hat eine Masse von 1000 kg.    Durch den Verlust reduziert sich diese Leistung: | | |
| Antwort: | Die Wasserkraftanlage hat eine Leistung von 126,5 MW. | | |

514.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | p |
| Lösung: | Der Druck ist Kraft je Fläche. Die Fläche ist die Grundfläche des Zylinders mit dem Radius 1 mm. Die Kraft ist die Gewichtskraft des 100g-Stückes verstärkt durch die Hebelkonstruktion.  1. Wie groß ist die Kraft?  Der Hebel ist ein einseitiger Hebel mit den beiden Armlängen 2,5 cm und 7,5 cm. Der lange Arm ist also drei mal so lang wie der kleine Arm. Das heißt, am kurzen Arm wirkt die dreifache Kraft. 100 g erzeugen eine Gewichtskraft von 0,981 N. Damit wirkt am kurzen Arm 2,94 N.  2. Wie groß ist die Fläche des Zylinders? Da es ein Kreiszylinder ist, gilt:  Das sind 3,14 mm².  3. Damit kann der Druck berechnet werden: | | |
| Antwort: | Das Ventil spricht bei einem Druck von 936 kPa an. | | |

515.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | n |
| Lösung: | Ursache für das Abheben mit den Ballons ist der Auftrieb. Jeder Körper, der sich in einer Flüssigkeit oder in einem Gas befindet, spürt eine Kraft entgegen der Schwerkraft. (In der Schwerelosigkeit gibt es keinen Auftrieb).  Diese Auftriebskraft ist immer so groß wie das Gewicht des verdrängten Stoffes. (Archimedisches Gesetz) Die Ballons müssen also soviel Luft verdrängen, dass das Gewicht der verdrängten Luft mindestens so groß ist wie das Gewicht des Kindes und das Gewicht der Ballons. n ist die Anzahl der Ballons.  Bei Gleichheit würde das Kind schweben, etwas mehr Ballon bringt es dann zum Steigen. 1. Berechnung des Volumens eines Ballons:  2. Gewicht des Ballons    Die Masse des Heliums berechnet man über die Dichte:  Damit wird: | | |
| 3. Auftriebskraft eines Ballons = Gewicht der verdrängten Luft    Das heißt, jeder Luftballon bringt einen Kraftgewinn von 1,213 N.  4. Nun kann die Anzahl berechnet werden:  Das geht natürlich nicht, da es nur ganze Ballons gibt. Es sind also 243 Ballons notwendig und das Kind schwebt davon. | | |
| Antwort: | Es sind 243 Ballons notwendig. | | |

516.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der Vorgang des Erwärmens der Luft läuft isobar ab, der Druck bleibt im Ballon konstant beim Außenluftdruck. Damit gilt:  Das ist das Volumen, das die Luft nach dem Erwärmen hat. Da der Ballon sein eigenes Volumen aber nicht geändert hat, ist die überschüssige Luft entwichen, also fort.  Das sind 3096m³ - 2700m³ = 396m³  Da die Luft im Ballon fehlt, ist er um die Masse dieser Luft leichter geworden. Der Auftrieb ist aber immer noch der selbe wie vorher, da ja das Volumen der verdrängten Luft und damit deren Gewicht unverändert sind.  Die Masse der entwichenen Luft entspricht der Masse, die der Ballon mit Gondel und Fahrer haben darf, um angehoben zu werden. | | |
| Antwort: | Aus dem Ballon entweichen 396m³ Luft. Es kann eine Masse von 511 kg angehoben werden. | | |

517.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | Der Baustellenbereich teilt sich in drei Strecken auf: 1. Der Weg zum Abbremsen s1  2. Die Baustelle sb  3. Der Weg zum Beschleunigen s3  Wie groß ist der Weg zum Abbremsen und wie lange braucht der Zug dafür? | | | |
|  | |  | |
| Der Zug muss also 937,5 m vor der Baustelle mit dem Bremsen beginnen.  Wie weit hinter der Baustelle hat er seine ursprüngliche Geschwindigkeit wieder erreicht? | | | |
|  | |  | |
| Insgesamt benötigt er also für den Brems- und Beschleunigungsvorgang 225 s und legt dabei 2812,5 m zurück.  Wie lange hätte er für diese Strecken gebraucht, wenn er nicht gebremst hätte?    Er hätte für diese Strecke 140,6 s benötigt.  Da er aber für diese Strecke 225 s benötigt hat, hat der durch das Bremsen und Beschleunigen 84,4 s verloren. Das Durchfahren der Baustelle kostet also von den 3 min Verspätung die restlichen 95,6 s.  Hätte der Zug die Baustelle ohne Abbremsen durchfahren können, wäre dabei die Zeit tnorm verstrichen. Durch das Abbremsen dauerte es aber tbau. Und es gilt:  Weiterhin kann man schreiben: | | | |
| Damit kann man zur Bestimmung einer der beiden unbekannten Zeiten Umstellen und Einsetzen:  Damit kann nun endlich die Länge der Baustelle ausgerechnet werden: | | | |
| Antwort: | Die Baustelle ist 637,5 m lang. | | | |

518.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Man geht davon aus, dass die Windgeschwindigkeit bei Gegenwind von der Reisegeschwindigkeit abgezogen und bei Rückenwind addiert wird.  Allgemein gilt:  Fliegt das Flugzeug bei Windstille, ist die benötigte Reisezeit:  Mit Wind ergeben sich zwei Zeiten, die zur Gesamtzeit addiert werden:  Nun wird die Windgeschwindigkeit hineingerechnet:  Die Struktur der letzen Formel entspricht der Formel für die Zeit ohne Wind. Der Unterschied besteht darin, dass von der Geschwindigkeit v immer ein Wert w²/v abgezogen wird. Damit ist die Zeit mit Wind immer kleiner als die Zeit ohne Wind, da ja der Wert unter dem Bruchstrich immer kleiner ist als v.  Der Grund liegt darin, dass das Flugzeug eine längere Zeit mit der kleineren Geschwindigkeit fliegt (also Gegenwind) und damit die Durchschnittsgeschwindigkeit kleiner ist als die Geschwindigkeit ohne Wind. | | |
| Antwort: | Die Gesamtreisezeit größer als bei Windstille. | | |

519.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v2 |
| Lösung: | Die Frage ist, wie schnell muss man sein, damit man 20 km in 10 min schafft? Also: | | |
| Antwort: | Die restlichen 20 km müssen Sie mit 120 km/h fahren. | | |

520.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v2 |
| Lösung: | 1. Wie weit ist der Autofahrer mit der langsamen Geschwindigkeit gekommen?  Damit verbleiben für die restlichen 7 km noch 4,5 min.  Also weiter: | | |
| Antwort: | Den Rest der Strecke muss er mit 93,3 km/h fahren, damit er pünktlich ist. | | |

521.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | b) Energieerhaltungssatz:  Die Last hebt sich durch den Schwung um 0,051m = 5,1 cm.  Welchem Winkel entspricht das?  Die Last wird jetzt als Massepunkt betrachtet. | | | |
| Aus der Zeichnung erkennt man die Beziehung: | |  | |
| c) Das Seil wird mit der Kraft FB belastet. Wenn die Last senkrecht nach unten hängt, ist diese Kraft bei Stillstand genau so groß wie die Gewichtskraft FG.  Wird die Last ausgelenkt, entsteht durch die immer noch nach unten wirkende Gewichtskraft die Rückstellkraft FÜ .  Es muss gezeigt werden, dass diese Kraft proportional mit der Auslenkung wächst. | |  | |
| Am Kräfteparallelogramm FÜ, FG und FB kann man sehen, dass gilt:  Der Proportionalitätsfaktor ist der Sinus des Winkels und das ist keine direkte Proportionalität!  Misst man den Winkel jedoch im Bogenmaß, so gilt für Winkel unter 10°:  Wenn man das noch in die obere Gleichung einsetzt, erhält man:  Die Gewichtskraft und die Länge des Seiles sind konstant, so dass gilt:  Für kleine Winkel ist die Rückstellkraft proportional zur Auslenkung, es liegt eine harmonische Schwingung vor. | | | |
| d) Das lässt sich aus der Länge des Seiles berechnen:  Wie in Lösung c) gezeigt wurde, gilt  wenn der Winkel im Bogenmaß vorliegt. Der Gradwinkel lässt sich aber ins Bogenmaß umrechnen, so dass die Amplitude berechnet werden kann:  e) Die größte Belastung spürt das Seil am unteren Punkt. Es muss die Gewichtskraft und die Radialkraft aufbringen. | | | |

525.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der Skifahrer hat in der Starthöhe von 12 m und in der Zielhöhe 8 m potenzielle Energie. Da er sich an beiden Punkten in Ruhe befindet, ist seine kinetische Energie jeweils Null. Nach dem Energieerhaltungssatz muss er unterwegs Energie verloren haben, da im Endpunkt die potenzielle Energie kleiner ist als im Startpunkt. Die verlorene Energie wurde durch Reibungsarbeit in Wärme umgewandelt.  Damit gilt:    Durch Einsetzen erhält man:    FR ist die Kraft, die durch die Reibung erzeugt wird und die gesuchte Größe.  Durch Umstellen kann diese Größe berechnet werden:  Bemerkung: Die Reibungskraft ist die Normalkraft mal die Reibungskonstante. Die Normalkraft ist die Kraft, die senkrecht auf den Untergrund wirkt. Durch die Muldenform der Ablaufstrecke ändert sich diese Kraft ständig und damit auch die Reibungskraft. Die Normalkraft ist nur auf waagerechtem Untergrund so groß wie die Gewichtskraft, sonst ist sie immer kleiner. (Bei einer senkrechten Wand wäre sie Null). Im unteren Teil der Mulde wirkt zusätzlich noch die Radialkraft, so dass die Reibungskraft dort am größten ist. | | |
| Antwort: | Die mittlere Reibungskraft ist 19,6 N groß. | | |

526.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a)F |
| Lösung: | a) Eine Steigung von 1,5% bedeutet, dass die Straße auf 100 m um 1,5 m fällt. Damit lässt sich der Winkel berechnen, unter dem die Straße zur Horizontalen geneigt ist.    Da das Auto bei 95 km/h seine Endgeschwindigkeit erreicht, gilt für diesen Zustand: die Summe aller wirkenden Kräfte ist Null. Nach dem Newtonschen Grundgesetz ist dann keine Beschleunigung vorhanden und die Geschwindigkeit bleibt gleich.  Auf das Auto wirken zwei Kräfte: die Reibungskraft oder Fahrwiderstandskraft FR und die Hangabtriebskraft FH als Wirkung der abschüssigen Straße. Beide Kräfte wirken in entgegen gesetzte Richtungen und sind bei konstanter Geschwindigkeit gleich groß. Damit heben sie sich auf.   b) Die Leistung berechnet sich über  Da die Kraft und die Geschwindigkeit konstant sind, kann man auch schreiben: | | |
| c) Die Arbeit ist   Die Zeit ist die Zeit, die das Auto mit dieser Geschwindigkeit für die 100 km benötigt:  Damit wird dann:  d) In den 6,8 l Diesel stecken    Damit ergibt sich ein Wirkungsgrad von  e) | | |
| Antwort: | Die Fahrwiderstandskraft ist 265 N groß. Damit diese Geschwindigkeit gehalten werden kann, muss der Motor eine Leistung von 6,99 kW aufbringen.  Für die 100 km Fahrstrecke sind 26,5 MJ Energie notwendig. Der Wirkungsgrad beträgt 11 %. | | |

527.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a) n |
| Lösung: | a) Die Bewegung kann in drei Teilbewegungen zerlegt werden: bis zur 4. Sekunden eine beschleunigte Bewegung, von der 4. Sekunde bis zur 18. Sekunde eine gleichförmige Bewegung und von der 18. Sekunde bis zum Ende eine abbremsende, also negativ beschleunigte Bewegung.  Für die gesuchte Anzahl der Umdrehungen benötigt man den Drehwinkel für die gesamte Bewegung.  Es gilt für die gleichmäßig beschleunigte Rotation:  Die Anfangswerte kann man 0 setzen und die Winkelbeschleunigung aus dem Diagramm bestimmen:  Damit lässt sich der Drehwinkel berechnen:  Für die zweite Bewegung lässt sich der Drehwinkel über die Gleichung für die gleichförmige Bewegung berechnen:  Beim dritten Bewegungsabschnitt muss die Winkelbeschleunigung neu bestimmt werden:  Der negative Wert weist auf die abbremsende Bewegung hin. In der folgenden Berechnung ist der Anfangswert der Wert aus der gleichförmigen Bewegung: | | |
| Das ergibt einen Gesamtdrehwinkel von 102 rad. Es gilt:    Das sind 16,2 Umdrehungen.  b)  1. gleichmäßig beschleunigte Rotation  2. gleichförmige Rotation  3. gleichmäßig negativ beschleunigte Bewegung.  c) Aus den in a) berechneten Drehwinkeln lassen sich die Wege berechnen. Es gilt:  Nach 4 s hat sich der Aufzug um 15 m bewegt, nach 18 s um 120 m und nach 20 s um 127,5 m.  d) Das Seil muss in der ersten Bewegungsphase die Kraft für die Beschleunigung, die Gewichtskraft und die Reibungskraft aufbringen. Damit ist die Gesamtkraft:  Die Beschleunigung für den ersten Teil der Bewegung ist noch nicht bekannt. Es gilt aber:  Damit kann nun die Reibungskraft berechnet werden: | | |
| e) In den letzten zwei Sekunden liegt eine abbremsende Bewegung vor. Auf das Seil wirkt die Gewichtskraft des Aufzuges und die in der Aufgabe d) berechneten Reibungskraft. Die Fallbeschleunigung wird aber um die negative Beschleunigung der Abbremsung vermindert.  Die Beschleunigung für den Bremsvorgang muss noch berechnet werden.  Damit ergibt sich für die Kraft: | | |
| Antwort: | Die Seiltrommel macht in den 20 s 16,2 Umdrehungen.  Nach 4 s hat sich der Aufzug um 15 m bewegt, nach 18 s um 120 m und nach 20 s um 127,5 m. Die Reibungskraft ist 1,02 kN groß.  In der dritten Bewegungsphase muss das Seil eine Kraft von 11,9 kN aufbringen. | | |

528.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | s |
| Lösung: | Der Radfahrer fährt mit konstanter Geschwindigkeit die Steigung hinauf. Die Kraft, die er aufbringt, dient zur Überwindung der Reibungskraft und der Hangabtriebskraft. Da die Reibung nicht berücksichtigt werden soll, muss die Hangabtriebskraft bestimmt werden.  Der Winkel ist nicht bekannt. 10% Steigung bedeutet aber, dass die Straße auf 100 m um 10 m ansteigt. Damit kann der Steigungswinkel berechnet werden:  und die Hangabtriebskraft:  Das ist die Kraft, mit der der Radfahrer in die Pedale tritt. Diese Kraft bleibt bei der folgenden Steigung konstant.  Welche Kraft wäre notwendig, damit er die 12%-Steigung mit weiterhin 15 km/h hochfahren kann. Das ist ebenfalls die Hangabtriebskraft. Die Steigung von 12% steigt unter einem Winkel von 6,8° an. Die Hangabtriebskraft ist dann 87,1 N groß. Diese Kraft wäre also notwendig, um mit konstanter Geschwindigkeit weiter zu fahren.  Da aber nur 73,2 N zu Verfügung stehen, fehlen 13,9 N. Das heißt aber, die Bewegung wird mit einer Kraft von 13,9 N abgebremst.  Die gleichförmige Bewegung geht in eine negativ beschleunigte Bewegung über. Die Beschleunigung lässt sich über das Newtonsche Grundgesetz berechnen: | | |
| Mit den Gesetzen der gleichmäßig beschleunigten Bewegung kann der gesuchte Weg berechnet werden:  [EXCEL-Tabelle](m528.xls) dazu | | |
| Antwort: | Der Radfahrer bleibt nach 45,7 m stehen. | | |

531.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | h |
| Lösung: | Der Druck am Erdboden entsteht durch den Schweredruck der Luft:  Diese Gleichung wird nach h umgestellt:  Vor dem Einsetzen und Ausrechnen müssen die gegeben Werte so verändert werden, dass sich die Einheiten rauskürzen oder zusammengefasst werden können.      Nun kann man einsetzen:  Einheitenbetrachtung: | | |
| Antwort: | Hätte die Luft in jeder Höhe die gleiche Dichte, wäre die Atmosphäre nur 7,9 km hoch. Das heißt, die höchsten Berge der Erde würden bereits außerhalb der Luftschicht liegen.  Da die Dichte der Luft nach oben aber schnell kleiner wird, ist die Luftschicht wesentlich höher. Eine genaue Grenze lässt sich nicht angeben. Selbst in 200 km Höhe lassen sich noch Teilchen der Luft nachweisen und bremsen ganz schwach den Flug der Raumschiffe. | | |

532.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Es liegt eine isochore Zustandsänderung vor. Das heißt, das Volumen des Reifens bleibt konstant und braucht deshalb nicht betrachtet werden. Es gilt das Amontonsche Gesetz (die Temperaturen müssen in Kelvin umgerechnet werden!!): | | |
| Antwort: | Der Druck steigt um 39 kPa oder um etwa 16%. Das ist nicht viel und der Reifen braucht vor der Sonne nicht geschützt werden. | | |

541.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | | v |
| Lösung: | Die bremsende Bewegung des Autos ist eine gleichmäßig negativ beschleunigte Bewegung, da die Kraft konstant wirkt. Damit gelten die Gesetzt der gleichmäßig beschleunigten Bewegung:    Da bis zum Stillstand abgebremst wird, ist v die gesuchte Geschwindigkeit. Über die Beschleunigung und die Bremszeit fehlen noch Angaben.  Die Zeit kann über den Bremsweg angegeben werden:    Und eingesetzt:  Mit Hilfe des Newtonschen Grundgesetzes kann die Beschleunigung berechnet werden.    Nun fehlt noch die Kraft, mit der das Auto gebremst wird. Diese Kraft setzt sich aus zwei Teilkräften zusammen: die Hangabtriebskraft und die Kraft der bremsen. | | | |
|  | Hangabtriebskraft: | | Bremskraft: | |
|  | Damit ist die Gesamtkraft    und die Beschleunigung:    und endlich die Anfangsgeschwindigkeit: | | | |
| Antwort: | Das Auto hatte eine Anfangsgeschwindigkeit von 78 km/h. | | | |

543.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Auf den ersten Blick könnte man sagen, wenn der Körper, der von der höheren Plattform kommt, an der unteren Plattform vorbeifliegt, muss der Körper dort losgelassen werden. Der Körper aus der größeren Höhe hat aber dort schon eine beachtliche Geschwindigkeit und kommt mit Sicherheit als erster unten an.  Also anders.  Wie lange würde jeder Körper benötigen, um herunterzufallen? untere Plattform:    Mit der gleichen Formel kann die Fallzeit für den Körper von der oberen Plattform berechnet werden. Sie beträgt 4,86 s  Die Differenz aus diesen beiden Werten ist die gesuchte Zeit. | | |
| Antwort: | Der Körper von der unteren Plattform muss 1,44 s nach loslassen des Körpers von der oberen Plattform gestartet werden. | | |

544.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | b) Es wird die Gleichung für die Wurfweite verwendet:  c) Wenn man davon ausgeht, dass der Abstoß- und Auftreffpunk tauf gleicher Höhe liegen, ist die Gesamtflugzeit die doppelte Steigzeit. Der schräge Wurf ist symmetrisch.    d) Die maximale Höhe entspricht der Wurfhöhe.    d) Für die gesuchten Strecken kann man die Gleichungen verwenden, die die Abhängigkeit der Höhe und Weite von der Zeit ausdrücken.      e)  y ist gegeben und die Zeit gesucht. Es kann die letzte Gleichung aus d) verwendet werden. | | |
| Das ist eine quadratische Funktion in der Normalform, die nun gelöst wird.    Die Flugbahn als [Excel-Tabelle](m544.xls).  f)  Um den Durchmesser der Kugel zu berechnen, braucht man das Volumen. Das erhält man über die Dichte und die Masse der Kugel.    Daraus kann nun der Durchmesser berechnet werden. | | |
| Antwort: | Randy Barnes hat die Kugel mit 15,06 m/s gestoßen. Die Kugel fliegt 2,17 s und erreicht eine maximale Höhe von 5,78 m.  Nach einer halben Sekunde war die Kugel 5,32 m weit und 4,09 m hoch geflogen.  De Kugel erreicht die Höhe von 1m nach 0,11 s (beim Steigen) und nach 2,07 s (beim Fallen).  Sie hat einen Durchmesser von 12,1 cm.  a) Bei Aufgabe b) und c) muss beachtet werden, dass die Kugel unterhalb des Abwurfpunktes ankommt. | | |

545.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Es wird die Gleichung für die Wurfweite verwendet:    und nach v0 umgestellt. | | |
| Antwort: | Damit die Kugel unter idealen Bedingungen mindestens 8 m weit fliegt, muss sie mit einer Geschwindigkeit von 8,9 m/s abgeworfen werden. | | |

549.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die erste Frage, die beantwortet werden muss: in welchem Intervall überholt der Läufer die Radfahrerin?  Dazu werden die zurückgelegten Wege berechnet:  Intervall 1:    Intervall 2:    Für die beiden weiteren Intervalls berechnet sich der Weg entsprechend:    Danach ist der Lauf beendet.  Wie weit kommt die Radfahrerin?  Sie hat beim ersten Überholvorgang bereits 630 m Abstand von der Startmarke des Läufers.    Der Läufer überholt die Radfahrerin im 3. Trainingsintervall, denn am Ende dieses Abschnitts hat er 2160 m und sie 2142 m zurückgelegt.  Wo überholt er sie nun genau?  Am Überholpunkt haben beide wieder den gleichen Abstand von der Startmarke. Es gilt also:    Der zurückgelegte Weg zu Beginn des 3. Intervalls ist bekannt (=Weg am Ende des 2. Intervalls!) und es gilt:    Die beiden Wege sxL und sxR sind die Wege, die im 3. Intervall vom Läufer und von der Radfahrerin bis zum Treffpunkt zurückgelegt werden müssen.  Diese Wege sind zwar unterschiedlich, aber die Zeit, in der sie zurückgelegt werden, sind gleich. Denn vom Beginn des 3. Intervalls bis zum Treffpunkt vergehen für beide die gleiche Zeit tx.  Damit wird dann:    In dieser Gleichung ist nur noch die Zeit tx unbekannt, so dass sie berechnet werden kann: | | |
| Das heißt, dass der Läufer in der 120. Sekunde des 3. Intervalls die Radfahrerin überholt.  Wie weit sind dann beide vom Startpunkt entfernt.  Radfahrerin (Zeit seit 1. Überholvorgang 180 s + 120 s):    Läufer | | |
| Antwort: |  | | |

550.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | Der Ball führt einen waagerechten Wurf aus. Das heißt, er bewegt sich in x-Richtung mit der konstanten Geschwindigkeit von 2 m/s weiter und in y-Richtung liegt ein freier Fall vor.  Die Lage der Treppenstufen kann durch eine lineare Gleichung beschrieben werden.  Der Ball schlägt auf der Stufe auf, die unter dem Schnittpunkt der Wurfparabel mit der Gerade der Treppenstufen liegt. | |  | |
| Die Wurfparabel für den waagerechten Wurf lautet:    Die Gerade der Stufen lässt sich mit der Gleichung    beschreiben.  a ist der Anstieg und, da die Gerade fallend ist, negativ:    Die beiden Gleichungen werden gleichgesetzt, da ja der Punkt gesucht ist, an dem die beiden Funktionen bei gleichem x-Wert den gleichen y-Wert liefern.    Der Ball fliegt also 0,65 m in x-Richtung, bis er mit seiner Unterkante die Verbindungslinie der Treppenstufen berührt. Er befindet sich dann über der dritten Stufe, auf der er auch aufschlägt. | | | |
| Antwort: | Der Ball schlägt auf der 3. Stufe auf. | | | |

551.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v |
| Lösung: | Der gesamte Bremsweg sG setzt sich aus zwei Teilwegen zusammen: im ersten Teil fährt der Fahrer mit konstanter Geschwindigkeit bis zum Ablauf der Reaktionszeit weiter, im zweiten Teil bremst er bis zum Stillstand.    Die Einzelwege können so dargestellt werden:    Die Zeit tb ist die notwendige Bremszeit. Da bis zum Stillstand gebremst werden soll, kann die Gleichung für den Bremsweg s2 wie oben vereinfacht geschrieben werden.  Für den Bremsvorgang gilt weiterhin:    Da wird umgestellt und in die Gleichung für den Bremsweg eingesetzt:    Beide Weggleichungen werden in die Gleichung für den Gesamtweg eingesetzt:    Das ist eine quadratische Gleichung und muss auch entsprechend gelöst werden:    Die in der Rechnung 2. mögliche Geschwindigkeit ist negativ und fällt weg. | | |
| Antwort: | In der Nähe des Kindergartens dürfen die Autos höchsten 14 km/h fahren. | | |

553.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Zeit, die die Kugel auf der Ebene rollt, wird mit bezeichnet, die Zeit des freien Falls mit und die Zeit, die die Kugel gleichförmig nach vorn rollt, mit .  Die Aufgabenstellung verlangt, dass gilt:    Die Strecken erhalten folgende Bezeichnungen:  Die rote Kugel rollt die Strecke c entlang. Die blaue Kugel fällt erst die Strecke a hinunter um dann die Strecke b nach vorn zu rollen.  1. Welche Zeit benötigt die rote Kugel, um die Strecke zu durchlaufen?  Da die Ursache der Bewegung die Hangabtriebskraft ist und die die gesamte Zeit der Bewegung konstant wirkt, ist es eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.  Für den Weg gilt also:  oder für die Aufgabe umgeschrieben:  Wie groß ist a? Aus dem Newtonschen Grundgesetz  kann die Beschleunigung bestimmt werden. Die Kraft F ist die Hangabtriebskraft und es wird:  Diese Beschleunigung wird noch eingesetzt: | | |
| 2. Welche Geschwindigkeit hat die blaue Kugel nach dem Durchfallen der Strecke a und welche Zeit benötigt sie dafür? Da es ein freier Fall ist, gilt:  Über die Länge der Strecken wird in der Aufgabenstellung keine Aussage gemacht. Es erscheint günstig, die beiden Strecken a und b in Abhängigkeit der Länge der Strecke c und dem gesuchten Winkel  anzugeben.  Damit wir die Fallzeit:  und die Geschwindigkeit    3. Welche Zeit benötigt die blaue Kugel zum Durchlaufen der Strecke b?  Da es eine gleichförmige Bewegung ist, gilt:  Damit sind die drei Zeiten bekannt und können in die Ausgangsgleichung eingesetzt werden. | | |
| Diese Gleichung muss nach dem gesuchten Winkel umgestellt werden. ☹  Durch geschicktes Umstellen kann die Gleichung erheblich vereinfacht werden:    Nun folgt noch etwas pure Mathematik:    Das ist eine quadratische Gleichung. Zur Vereinfachung setzt man    Dann heißt es    Mit diesen Werten kann nun der Winkel berechnet werden: | | |
| Antwort: | Die Ebene muss um 36,9° geneigt werden. | | |

554.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der gesuchte Weg s setzt sich aus zwei Teilwegen zusammen, dem Weg, den der 1. PKW zum Überholen braucht (s1) und dem Weg, den der 2 PKW in der Überholzeit fährt (s2).  Als erstes werden der Überholweg und die Überholzeit berechnet. Als Bezugssystem kann der fahrende LKW benutzt werden. Damit hat er keine Geschwindigkeit und der PKW1 fährt mit der Differenzgeschwindigkeit an ihm vorbei.  Die Differenzgeschwindigkeit:  Welchen Weg muss der PKW1 zurücklegen, wenn der LKW als ruhend betrachtet wird?  Die beiden Sicherheitsabstände von je 50 m, die Länge des LKW von 15 m und seine eigene Länge von 4 m. Das sind zusammen 119 m. Damit kann die Überholzeit berechnet werden:  Welchen Weg legt der PKW1 in dieser Zeit wirklich zurück?  Welchen Weg legt der PKW2 in dieser Zeit zurück? Mit der gleichen Formel erhält man 417 m.  Damit ergibt sich ein Gesamtweg von 814 m. | | |
| Antwort: | Der Abstand der beiden PKW sollte mindestens 814 m betragen. | | |

555.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | Der Bezugspunkt der beiden Bewegungen wird in den Interregio gelegt. Zu Beginn der Bremsvorganges hat er der Weg 0 zur Zeit 0 zurückgelegt. Der Güterzug befindet sich 230 m vor diesem Nullpunkt.  Damit lassen sich die Bewegungsgleichungen aufstellen: | |  | |
| Die beiden Züge prallen zusammen, wenn die Wege gleich groß sind, also    Die Zeit ist in dieser Gleichung die einzige Unbekannte und kann berechnet werden. Da sie sowohl quadratisch als auch linear auftaucht, ist das eine quadratische Gleichung und muss auch so gelöst werden.,    Nun liegt die Gleichung in der Normalform vor und kann mit der bekannten Lösungsvorschrift gelöst werden.    Der Zusammenstoß erfolgt nach 16,5 s. Die zweite Zeit fällt weg, da sie nur einmal zusammenstoßen können.  Wenn sie nebeneinander fahren würden, wäre eine zweite Begegnung möglich. Erst überholt der Interregio den Güterzug und dann fährt der Güterzug an dem immer langsamer werdenden Interregio vorbei. | | | |
| [Excel-Tabelle](m555.xls)  Lösungsvorschlag für den grafikfähigen Taschenrechner TI-83  Die beiden Gleichungen werden grafisch dargestellt. Dazu sind sie den Werte Y1 und Y2 zuzuweisen.  Y=  Y1=(-1/2)\*X²+33.3\*X  Y2=11.1\*X+230  Das X findet man auf der Taste  X,T,Θ,n  Es stellt hier die Zeit dar.  In WINDOW setzt man die Grenzen für die Darstellung: X von 0 bis 50  Y von 0 bis 600  Hier muss man solange probieren, bis die Darstellung optimal ist, der Schnittpunkt also gut zu erkennen ist.  Berechnung des Schnittpunktes: CALC, 5:intersect, First curve? ENTER, Second curve? ENTER, Guess? ENTER  Wenn der untere Schnittpunkt nicht ausgewählt wird, kann man mit den Cursor-Tsten korrigieren.  Man erhält: X=16,46... Das ist der Zeitpunkt des Zusammenstoßes  Y=412,8.. Das ist die Entfernung vom Ausgangspunkt. | | | |
| Antwort: | Der Schnellzug prallt nach 16,5 s auf den Güterzug auf. | | | |

556.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Der relativistische Massenzuwachs berechnet sich mit    c ist die Lichtgeschwindigkeit und m0 die Ruhemasse. Damit muss die Gleichung nur noch nach v umgestellt werden    Da sich die Massen wie 1 zu 2 verhalten sollen, verhalten sich die Quadrate der Massen wie 1 zu 4. | | |
| Antwort: | Bei 0,87 c oder 260 000 km/s hat sich die Ruhemasse eines Körpers verdoppelt. | | |

560.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v |
| Lösung: | Als erstes muss die Zeit in die Grundeinheit Sekunde umgerechnet werden:  Nun kann die Gleichung für die gleichförmige Bewegung verwendet werden:  Dieser Wert kann noch in die übliche Einheit  umgerechnet werden. Es gilt:    Mit diesem Faktor muss der erhaltene Wert multipliziert werden:    Das ist eine recht geringe Fließgeschwindigkeit. | | |
| Antwort: | Der Fluss hat eine Geschwindigkeit von. | | |

561.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Da zwei unabhängige Bewegungen vorliegen, muss man etwas finden, was die beiden Bewegungen verbindet, etwas, was bei beiden gleich ist.  Wenn der Kumpel den Axel eingeholt hat, haben beide vom Quartier aus den gleichen Weg zurückgelegt. Es gilt also:  Da beide Bewegungen gleichförmig verlaufen, kann man die Gleichung für die gleichförmige Bewegung verwenden:  In die Beziehung der Wege eingesetzt, ergibt das:  Leider fehlen noch Angaben über die benötigten Zeiten. Bekannt ist nur, dass der Kumpel 15 min weniger benötigt als Axel, denn er ist ja eine viertel Stunde später losgelaufen.  Das kann so ausgedrückt werden:  Und eingesetzt:  In dieser Gleichung ist nur noch als unbekannte Größe vorhanden und kann berechnet werden:  Das ist die Zeit, die Axel läuft, bis er von seinem Kumpel eingeholt wird. Da er 8.00 Uhr loslief, treffen sie sich 8.40 Uhr. Sie sind zu diesem Zeitpunkt etwa 3,3 km vom Startpunkt entfernt. | | |
| Antwort: | Axel wird etwa 8.40 Uhr nach rund 3,3 km Weg von seinem Kumpel eingeholt. | | |

562.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | v |
| Lösung: | Wenn der Fußgänger in einer Minute 70 Schritte zu 80 cm macht, sind das insgesamt  Damit kann die Geschwindigkeit berechnet werden: | | |
| Antwort: | Der Fußgänger läuft in einer Stunde 4,8 km. | | |

563.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Als erstes werden die gegebenen Größen, soweit erforderlich, in Grundeinheiten umgerechnet:  Nun wird der entsprechende Ansatz gesucht. Die Strecke, die die Flamme an der Zündschnur und der Sprengmeister zusammen zurücklegen sollen, ist 120 m lang. Beide bewegen sich in entgegen gesetzter Richtung exakt die gleiche Zeit, denn sie starten beide zum gleichen Zeitpunkt und die Flamme erreicht das Dynamit dann, wenn der Sprengmeister in Deckung gehen soll. Es gilt also:  und    Da sich beide mit konstanter Geschwindigkeit bewegen, können beide Bewegungen mit der Gleichung für die gleichförmige Bewegung beschrieben werden:  Diese Gleichung wird in die aufgestellte Wegebeziehung eingesetzt:  Die Zeit t ist die einzige unbekannte Größe in dieser Gleichung, so dass nach ihr umgestellt werden kann.    Die Zündschnur muss also 29,94 s brennen, damit der Sprengmeister die Deckung erreichen kann. Da die Abbrenngeschwindigkeit bekannt ist, kann ihre Länge berechnet werden. | | |
| Antwort: | Die Zündschnur sollte mindestens 24 cm lang sein, damit der Sprengmeister genau zum Zeitpunkt der Sprengung die Deckung erreichen kann. | | |

564.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Kugel bewegt sich auf der geneigten Rinne gleichmäßig beschleunigt. Durch die konstante Neigung wirkt auf der gesamten Länge eine gleichbleibende Kraft, die Hangabtriebskraft.  Die Beschleunigung lässt sich mit dem Weg-Zeit-Gesetz bestimmen:    Mit dem gleichen Gesetz lassen sich jetzt die Positionen der ersten Fähnchen berechnen:    Von diesem Punkt aus bewegt sich die Kugel gleichförmig weiter. Zur Berechnung der weiteren Positionen ist die Geschwindigkeit der am Ende der geneigten Rinne wichtig:    Damit stehen die weiteren Fähnchen in einem Abstand von 0,8 m, also  Ein weiteres Fähnchen ist nicht nötig, da die Rinne zu Ende ist. | | |

566.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Bewegung setzt sich aus drei Teilen zusammen: Anfahren, gleichförmige Bewegung und Abbremsen. Damit ergibt sich für den Gesamtweg:  Man kann nun die Gleichungen für die Wege einsetzen:  Da das Anfahren und das Abbremsen in der gleichen Zeit passiert und der Vorgang von Null oder bis Null geht, wirkt bei beiden die gleiche Beschleunigung, nur beim Abbremsen eben negativ und der erste und dritte Summand können zusammengefasst werden:  Die Beschleunigung berechnet sich mit:  Als Geschwindigkeit wird die gesuchte Geschwindigkeit für die gleichförmige Bewegung eingesetzt, da die ja das Ende des ersten und der Anfang des zweiten Beschleunigungsvorganges ist.  Die Zeiten sind bekannt, der Zug fährt 240 s mit der konstanten Geschwindigkeit.  Damit wird aus der Weggleichung: | | |
| Antwort: | Der S-Bahnzug fährt mit einer maximalen Geschwindigkeit von 66,7 km/h. | | |

571.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a, s |
| Lösung: | a) Die Beschleunigung gibt an, um welchen Wert sich die Geschwindigkeit in einer bestimmten Zeit ändert. Bei dieser Bewegung ändert sich die Geschwindigkeit von 50km/h auf 80 km/h in 3 Sekunden. Also kann man schreiben:    Das bedeutet, dass sich die Geschwindigkeit in einer Sekunde um 2,8 m/s oder 10km/h erhöht.  b) Der dabei zurückgelegte Weg setzt sich aus zwei Wegen zusammen: dem Weg, den das Auto gefahren wäre, wenn es nicht beschleunigt hätte und dem Weg, der durch die Beschleunigung hinzugekommen ist.  Der erste berechnet sich nach den Gesetzen der gleichförmigen Bewegung, er zweite nach denen für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung. | | |
| c) Bei der gleichmäßig beschleunigen Bewegung sind die Zeit und die Geschwindigkeit zueinander proportional. Im Diagramm stellt sich das durch eine Gerade dar. Da bereits eine Anfangsgeschwindigkeit vorhanden war, beginnt die Gerade nicht im Ursprung.  d) Für das Zeit-Weg-Diagramm sind Zwischenwerte zu berechnen, das zwischen den beiden Größen ein quadratischer Zusammenhang besteht, die Kurve also eine Parabel wird und sich nicht so einfach zeichnen lässt. Dazu sind einige Zeiten zwischen 0 und 3 s selbst auszuwählen und die bis dahin zurückgelegten Wege mit der Gleichung aus b zu berechnen. Es empfiehlt sich z.B. ein 0,5-Sekunden Abstand.  [Excel-Tabelle](m571.xls) | | |
| Antwort: | Die Beschleunigung beträgt 2,8 m/s². Während der Beschleunigung legt das Auto 54,3 m zurück. | | |

573.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | |  |
| Lösung: | Die Bewegung stellt einen waagerechten Wurf dar. Die Wurfweite x ist abhängig von der Abwurfgeschwindigkeit und der Abwurfhöhe y. Dieser Zusammenhang wird mit der Gleichung für die Wurfparabel:  Das negative Vorzeichen im Ergebnis bedeutet, dass der Stein nach unten fällt, gibt als die Richtung an.  Der Stein führt gleichzeitig zwei Bewegungen durch, die sich ungestört zur Gesamtbewegung überlagern. Die Flugzeit kann auf zwei verschiedenen Wegen berechnet werden: über die gleichförmige Bewegung in x-Richtung und den freien Fall in y-Richtung.  In x-Richtung:  In y-Richtung:    Beide Zeiten stimmen überein, was ja auch o.k. ist. | | | |
| Der Stein bewegt sich sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung. Daraus ergibt sich eine Bewegung schräg nach unten. Die eigentliche Geschwindigkeit ergibt sich aus der vektoriellen Addition der beiden Teilbewegungen. Aus dem Bild ist zu erkennen, dass vr mit dem Satz des Pythagoras berechnet werden kann:  Der Auftreffwinkel Alpha lässt sich über eine Winkelbeziehung bestimmen: | |  | |
| Antwort: | Der Stein wurde aus einer Höhe von 19,6 m abgeworfen und flog 2 Sekunden. Er trifft mit 28 m/s in einem Winkel von 44,4° auf dem Boden auf. | | | |

574.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | t |
| Lösung: | Die gesuchte Zeit setzt sich aus zwei Zeiten zusammen: die für den Weg nach unten und die für den Weg nach oben. Die beiden Bewegungen verlaufen symmetrisch, das heißt, die Zeiten sind gleich groß.  Der senkrechte Wurf nach unten ist die Summe aus zwei Bewegungen: der Bewegung, die sich aus der Anfangsgeschwindigkeit ergibt (gleichförmig) und  dem freien Fall (gleichmäßig beschleunigt). Der zurückgelegte Weg berechnet sich aus der Summe der beiden Wege    die Geschwindigkeit aus der Anfangsgeschwindigkeit plus dem Geschwindigkeitszuwachs durch den freien Fall.    Mit der ersten Gleichung lässt sich die Zeit für den Weg von der Hand bis zum Boden berechnen:    Die zweite Zeit ist negativ und fällt weg.  Nun lässt sich die Geschwindigkeit berechnen: | | |
| Antwort: | Der Ball kommt mit einer Geschwindigkeit von 7,8 m/s auf und ist nach 0,18 s wieder an der Hand des Ballspielers.  [Diagramme](m574.xls) | | |

578.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | N |
| Lösung: | Wenn die Testperson in der Kabine sitzt, beschreibt sie eine Kreisbewegung. Damit ein Körper eine Kreisbewegung machen kann, muss auf ihn eine Kraft wirken, die Radialkraft. Diese wird hier von der Kabinenwand aufgebracht, an die der Kosmonaut auf Grund seiner Trägheit gedrückt wird. Die Kraft, die er spürt ist genau so groß wir die Radialkraft:    Diese kann man mit der allgemeinen Gleichung für die Kraft (Newtonsches Grundgesetz) gleichsetzten:    Da sich die Masse rauskürzt, spielt sie keine Rolle.    Das a ist die Beschleunigung, die der Kosmonaut spürt und die soll ja 8g groß sein. Damit kann die Geschwindigkeit berechnet werden:    Das ist aber noch nicht die gesuchte Größe. Die lässt sich jetzt aber schnell berechnen, denn es gilt: | | |
| Antwort: | Die Zentrifuge muss sich etwa 28 mal in der Minute drehen, um diesen Andruck zu erzeugen. | | |

579.

Eine Feder wird durch die Federkonstante gekennzeichnet. Dieser Wert gibt an, welches Gewicht notwendig wäre, um sie um einen Meter auszudehnen. (Dabei ist uninteressant, ob die Feder das überhaupt verkraftet.)

Für die beiden Federn werde die beiden Konstanten berechnet:



Für die erste Feder ist weniger Gewicht notwendig, um sie eine bestimmte Länge auszudehnen, sie ist weicher als die zweite Feder.

Für die Lösung der Frage muss berechnet werden, welche Federkonstante die Kombination der beiden Federn zusammen hat.

Wenn beide Federn nebeneinander gehängt werden, dehnen sich sich um den gleichen Wert aus. Es ist als  


Gleichzeitig teilt sich die Kraft auf beide Federn auf:  


Aus der Definition der Federkonstanten leitet sich ab:

  
und eingesetzt:  


Hinweis: Durch das seitliche Verschieben des Gewichtes werden die beiden Federn nicht gleichmäßig belastet. Die weiche Feder spürt:



und die harte Feder 0,6 N.

581.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | 1. Mit welcher Geschwindigkeit trifft m1 auf m2? Die Kugel besitzt vor dem Loslassen potenzielle Energie, die vollständig in kinetische Energie umgewandelt wird.  2. Zwischen den Kugeln findet ein unelastischer Stoß statt. Welche Geschwindigkeiten haben die Kugeln nach dem Stoß?  3. Die zusammenklebenden Kugeln bewegen sich mit dieser Geschwindigkeit zusammen weiter. Sie besitzen kinetische Energie, die sie beim Hochschwingen vollständig in potenzielle Energie umwandeln. | | |
| Antwort: |  | | |

583.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Es gilt die Gleichung für die Zeitdilatation:    Diesen Wert zieht man von der Zeit, die für die ruhenden Zuschauer vergeht ab und kommt auf 200 ps. | | |
| Antwort: | Am Ende des Rennens ist jeder Rennfahrer um 200 ps weniger gealtert.  (Dabei sind Alterungen durch Stress nicht berücksichtigt!) | | |

584.

Das Trägheitsmoment einer Kreisscheibe berechnet sich mit:



Die Masse ist



und das Volumen



Damit berechnet sich das Trägheitsmoment mit



Das ist das Trägheitsmoment der unbehandelten Scheibe.

Wird vom Durchmesser 10% abgedreht, verringert sich auch der Radius um 10%, oder schrumpft auf den 0,9. Teil.

Damit kann das Trägheitsmoment der kleineren Scheibe berechnet werden:  


Dieses Trägheitsmoment ist um den Faktor 

kleiner als das ursprüngliche Trägheitsmoment. Das heißt, es ist um 0,344 oder 34,4% kleiner geworden.

586.

Das Trägheitsmoment einer Kreisscheibe berechnet sich mit:



Die Masse ist



und das Volumen



Damit berechnet sich das Trägheitsmoment mit



Das ist das Trägheitsmoment der unbehandelten Scheibe.

Wird zum vorhanden Durchmesser 10% hinzugegeben, vergrößert sich auch der Radius um 10%, oder wächst auf den 1,1. Teil.

Damit kann das Trägheitsmoment der kleineren Scheibe berechnet werden:  


Dieses Trägheitsmoment ist um den Faktor 

größer als das ursprüngliche Trägheitsmoment. Das heißt, es ist um 0,46 oder 46% größer geworden.

591.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die allgemeine Wellengleichung lautet:    Die Schwingungsdauer muss berechnet werden:  Und eingesetzt:  [Excel-Tabelle](m591.xls) | | |
|  |  | | |

593.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Geschwindigkeiten der beiden Wagen nach dem Stoß berechnen sich nach den Gesetzten für den elastischen Stoß:      b) Die kinetischen Energien müssen für beide Wagen vor und nach dem Stoß berechnet werden:    Berechnet man die Summe der Energien vor dem Stoß und nach dem Stoß, stellt man fest, dass beide gleich sind: | | |
|  | c) Wenn die Wagen aufeinander zulaufen, muss eine Geschwindigkeit negativ werden. Die Richtung des Wagen 1 soll positiv sein: | | |
| Antwort: | a) Wagen 1 bewegt sich nach dem Stoß mit der kleineren Geschwindigkeit 0,5e m/s weiter. Der Wagen 2 ist auf 1,13 m/s schneller geworden.  b) Die Summe der kinetischen Energien vor dem Stoß ist so groß wie die Summe der kinetischen Energie nach dem Stoß.  c) Wenn die Wagen aufeinander zulaufen, fahren nach dem Stoß beide Wagen in die entgegen gesetzte Richtung zurück, Wagen 1 mit 0,8 m/s und Wagen 2 mit 1 m/s. | | |

594.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Energie tritt hier nur in Form von kinetischer Energie auf. Die gesamte Energie vor dem Stoß ist die Summe der beiden kinetischen Energien:    Da der zweite Wagen steht, besitzt er keine kinetische Energie und man kann schreiben:    Für die kinetische Energie nach dem Stoß braucht man die Geschwindigkeit der beiden gekoppelten Wagen. Da sie nach dem Stoß zusammen bleiben, liegt ein unelastischer Stoß vor:    Mit dieser Geschwindigkeit kann die kinetische Energie nach dem Stoß berechnet werden: | | |
| Antwort: | Die kinetische Energie nach dem Stoß ist kleiner als vor dem Stoß. Der Differenzbetrag wird in Verformungsarbeit umgewandelt. | | |

608.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a |
| Lösung: | Die Kinder erreichen beim Sprung eine bestimmte Geschwindigkeit, mit der sie dann im Sand auf die Geschwindigkeit 0 abgebremst werden. Der Vorgang kann als gleichmäßig beschleunigt (negativ) betrachtet werden. Es gilt also:    Die Abbremszeit kann über die Landegeschwindigkeit bestimmt werden:    In die erste Gleichung eingesetzt, ergibt das    Nun braucht man nur noch die Landegeschwindigkeit. Die berechnet sich mit den Gesetzten des freien Falls, da bei diesen kleinen Sprunghöhen die Luftreibung noch keine bremsende Wirkung hat:    Das wird in die Gleichung für die gesuchte Beschleunigung eingesetzt: | | |
| Antwort: | Auf den Fuß wirkt eine Beschleunigung von 15 g. Das ist sehr viel und muss durch entsprechende Landetechnik abgefangen werden. (z.B. Abrollen des Fußes, Einknicken der Knie, Hinwerfen) | | |

609.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | b) Die Winkelbeschleunigung ist definiert als die Änderung der Winkelgeschwindigkeit je Zeit:    c)  Der Drehwinkel berechnet sich nach    Der zweite Summand entsteht, weil sich ja das Rad auch ohne Beschleunigung schon bewegt.  Die Gleichung wird nun mit technischen Hilfsmitteln (grafischer Taschenrechner, Tabellenkalkulation) dargestellt.  [Excel-Tabelle](m609.xls) | | |
| d) Die zugeführte Energie bewirkt eine Änderung der Winkelgeschwindigkeit. Es gilt der Zusammenhang:    Zu Beginn des Vorganges besaß das Rad die Energie    am Ende die Energie    Die Differenz    ist die zugeführte Energie entsprechend der Aufgabenstellung.  Damit wird: | | |
| Antwort: | Die Winkelbeschleunigung beträgt 5,3 s-2.  Das Schwungrad hat ein Trägheitsmoment von 41,6 kgm². | | |

610.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | t, s |
| Lösung: | a) Es wird die Gleichung für die Beschleunigung verwendet:    Der Weg berechnet sich mit: | | |
| Antwort: | Der PKW 2 beschleunigt 4,6 s und legt dabei einen Weg von 32 m zurück. | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Sind die Autos mehr als 100 m von der Haltelinie entfernt, bewegen sie sich gleichförmig. Das heißt, sie haben die Beschleunigungsphase abgeschlossen.  Wie lange dauern die Beschleunigungsphasen, bis sie jeweils die 50 km/h erreicht haben?  Es gilt:    Damit werden für das erste Auto eine Zeit von 6,9s und das zweite Auto von 4,6 s berechnet.  Damit beschleunigt der langsame PKW 2,3 s länger. In dieser Zeit fährt der schnelle PKW schon die 50 km/h und der Abstand zwischen beiden wird noch größer.  Wie groß ist der Abstand am Ende der Beschleunigungsphase des schnellen PKW?  Nun, der langsame PKW hat am Ende seiner Beschleunigungsphase einen Weg von 47,6 m zurückgelegt. Der schnelle PKW fährt zu dieser Zeit schon 2,3 s mit der Endgeschwindigkeit von 13,9 m/s und legt damit einen Weg von 32 m zurück, ist also insgesamt 64 m gefahren. Damit beträgt der Abstand 16,4 m. Berücksichtigt man noch die Länge des Fahrzeuges von 4 m, dann beträgt der freie Raum zwischen den Autos 12,4 m. | | |
| Antwort: | Nach 100 m beträgt der Abstand zwischen beiden Autos 12,4 m. | | |

611.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Wenn ein Auto beschleunigt, muss eine Kraft wirken. Es gilt das Newtonsche Grundgesetz:    Die Kraft wird durch die Reibung aufgebracht. Die Reibungskraft berechnet sich mit    FN ist die Normalkraft, also die Kraft, mit der das Auto senkrecht auf den Boden drückt.  Da die Straße ohne Steigung verläuft, wirkt die gesamte Gewichtskraft des Autos.    Diese Gleichung kann nun mit dem Newtonschen Grundgesetz gleich gesetzt werden:    b) Ist die Straße um 10% geneigt, wirkt die Normalkraft nicht mehr so stark. Sie berechnet sich nach    Alpha ist der Steigungswinkel, der noch berechnet werden muss. Bei 10% steigt die Straße auf 100 m um 10 m. Damit gilt:    Gleichzeitig wirkt nun aber noch die Hangabtriebskraft entgegen zur beschleunigenden Kraft.    Die Reibungskraft muss also die Kraft zur Überwindung der Hangabtriebskraft und die beschleunigende Kraft aufbringen:    Nun setzt man ein: | | |
| Antwort: | Bei ebener Straße muss der Reibungskoeffizient 0,31 betragen. Bei einer Neigung von 10% muss die Reibungszahl für die geforderte Beschleunigung 0,41 betragen. | | |

613.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Beim Ausstoßen des Impulses ist die Fledermaus die Strecke sA von der Wand entfernt. Der Schall wird von der Wand reflektiert und trifft nach der Strecke sB wieder auf die Feldermaus. Die hat aber in dieser Zeit die Strecke sF zurückgelegt.  Der Schall legt insgesamt die Strecke    zurück.  Da bekannt ist, dass der Schall vom Ausstoßen bis zum Hören 0,03 s unterwegs war, kann diese Strecke berechnet werden:    In dieser Zeit legt die Fledermaus den Weg sF zurück:    Nun ist im Bild zu erkennen, dass der Weg sA sich aus den beiden Wegen sB und sF zusammensetzt:    Wenn man nun die erste Gleichung nach sA umstellt, kann man gleichsetzten:    und: | | |
| Antwort: | Wenn die Fledermaus den Impuls hört, ist die noch 4,65 m von der Mauer entfernt. | | |

614.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | | m |
| Lösung: | Auf den Eiswürfel mit der Kugel wirken zwei Kräfte:  die Auftriebskraft drückt ihn nach oben, die Gewichtskraft zieht ihn nach unten. Da er schwimmt, ist die Auftriebskraft genau so groß wie die Gewichtskraft, er befindet sich in einem Kräftegleichgewicht. | |  | |
| Die Gewichtskraft setzt sich aus dem Gewicht des Eises und der Kugel zusammen. Die Auftriebskraft ist nach dem Archimedischen Gesetz so groß wie die Gewichtskraft des Wassers, was der Würfel verdrängt.  Die Auftriebskraft lässt sich berechnen, da man weiß, wie groß der Würfel ist und wie weit er ins Wasser taucht. Damit hat man dann die Gewichtskraft des Eises mit der Kugel und kann daraus die Masse der Kugel berechnen.  Zur Vereinfachung werden in den folgenden Betrachtungen nur noch die Massen betrachtet, da Masse und Gewichtskraft zueinander proportional sind.  1. Es wird die Masse des Wassers berechnet, dass der Eiswürfel verdrängt. Die Masse erhält man aus der Dichte des Wassers und dem Volumen des untergetauchten Teiles des Würfels. Da der Würfel 1 mm aus dem Wasser schaut, haben wir es mit einem Quader von 2cm x 2 cm x 1,9 cm zu tun. Das ergibt ein Volumen von 7,6 cm³. Da Wasser eine Dichte von 1 g/cm³ hat, wiegt das verdrängte Wasser 7,6 g.  2. Der Eiswürfel mit der Kugel hat damit auch eine Masse von 7,6 g, | | | |
| 3. Die Masse des Würfels setzt sich aus der Masse des Eises und der Masse der Kugel zusammen:    Sowohl vom Eis als auch von der Kugel kennt man die Dichten. Da allgemein die Masse = Volumen mal Dicht ist, kann man schreiben:    Das Gesamtvolumen des Würfels setzt sich aus dem Volumen des Eises und dem Volumen der Kugel zusammen:    Damit ist das Volumen des Eises das Volumen des Würfels minus dem Kugelvolumen:    Das Volumen des Würfels ist bekannt:    Damit wird es möglich, das Volumen der Kugel zu berechnen:    Mit diesem Volumen und der Dichte des Messings kann die Masse der Kugel bestimmt werden. Sie beträgt 0,447 g. | | | |
| Antwort: | Die eingeschlossene Messingkugel hat eine Masse von 0,447 g. | | | |

616.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | s |
| Lösung: | Rechnerische Lösung:  Ein Radfahrer, der sich mit einer konstanten Beschleunigung bewegt, legt in der Zeit t einen Weg s zurück, der sich mit    berechnet.  Der Radfahrer 2 hat eine größere Beschleunigung und bewegt sich also in der gleichen Zeit weiter als Radfahrer 1.  Der Abstand zwischen beiden ist die Differenz der zurückgelegten Wege:    Und eingesetzt:    Zeichnerische Lösung:  Es müssen die beiden s-t-Kurven in ein Koordinatensystem gezeichnet werden.  Dazu kann man entweder eine Wertetabelle aufstellen und daraus die Kurven zeichnen oder die konkreten s-t-Funktionen in einen grafischen Taschenrechner eingeben.    [Excel-Tabelle](m616.xls)    Aus dem Diagramm kann man dann den Unterschied der Wege bei 3,5 s ablesen. | | |
| Antwort: | Nach den 3,5 s sind die beiden Radfahrer 1,2 m voneinander entfernt. | | |

617.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | s, v |
| Lösung: | Es liegt ein waagerechter Wurf vor, bei dem sich zwei Bewegungen überlagern: ein freier Fall nach unten und eine gleichförmige Bewegung nach vorn. Beide Bewegungen zusammen ergeben den Wurf.  Die Verbindung zwischen den beiden Bewegungen ist die Zeit. Die Zeit, die der Schlüssel nach unten fällt, bewegt er sich auch nach vorn.  Wie lange braucht der Schlüssel, bis er unten ist? Es gelten die Gesetze des freien Falls:    Nach dieser Zeit liegt der Schlüssel unten. In dieser Zeit bewegt er sich gleichförmig nach vorn, also gilt:    Die Aufschlaggeschwindigkeit kann wieder mit den Gesetzten des freien Falls berechnet werden: | | |
| Antwort: | Der Schlüssel landet 1,9 m von der Hauswand entfernt. Er schlägt mit einer Geschwindigkeit von  auf. | | |

620.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | m |
| Lösung: | Die Frequenz einer gespannten, schwingenden Saite berechnet sich nach der Gleichung:    Im Versuch wird die Spannkraft durch das Gewicht erzeugt. Es gilt:    Der Querschnitt A berechnet sich mit der Gleichung für den Kreis:    Das wird jetzt alles in die Gleichung für die Seite eingesetzt, nach der gesuchten Größe umgestellt und die Masse berechnet: | | |
| Antwort: | Die Saite muss mit 12,4 kg belastet werden. | | |

621.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | T |
| Lösung: | Die gesuchte Zeit zwischen zwei Bahnen ist T.  Da sich sowohl die Bahn als auch der Fußgänger mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegen, gilt für beide:    Zum Zeitpunkt 0 wird der Fußgänger gerade von einer Bahn am Nullpunkt überholt. Wenn ihn die nächste Bahn überholt, haben beide vom Nullpunkt aus den gleichen Abstand.  Es gilt also:    Was passiert nun einzelnen?  Der Fußgänger läuft 10 min und legt dabei    zurück.  In diesem Augenblick passiert die nächste Straßenbahn den Nullpunkt und fährt hinter dem Fußgänger her. In der Zeit hat sie ihn eingeholt. Der Fußgänger ist dann noch zusätzlich diese Zeit gelaufen.  Insgesamt läuft der Fußgänger also die Zeit  ,  bis ihn die Bahn einholt. Dabei legt er insgesamt die Strecke    zurück.  Die Bahn legt den gleichen Weg zurück, der aber so berechnet:    Nun kann man die beiden Weggleichungen gleichsetzen: | | |
| Es fehlt aber noch die Zeit . Man kann jedoch schreiben:    und einsetzen:    Diese Gleichung stellt man nach der gesuchten Zeit T um: | | |
| Antwort: | Der Fußgänger wird alle 11 min von einer Bahn überholt. | | |

622.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Wenn das Geschoss in den Körper eindringt, findet eine Impulsübertragung statt, es ist ein unelastischer Stoß. Dabei gilt der Impulserhaltungssatz. Nach diesem ist die Geschwindigkeit der beiden Körper zusammen nach dem Stoß:    Die Geschwindigkeit des Pendelkörpers vor dem Stoß ist Null, so dass sie die Formel vereinfacht:    Die stellt man nach der gesuchten Größe um:    In der Formel steht aber noch die Geschwindigkeit, die Pendelkörper und Geschoss zusammen nach dem Stoß haben, also u. Die ist aber leider nicht bekannt.  Dafür wissen wir, dass der Körper nach dem Eindringen des Geschosses um 1,3 cm nach oben pendelt. Dabei wandelt er die kinetische Energie, die er sofort nach dem Eindringen hatte, in potentielle Energie um,. Es gilt also der Energieerhaltungssatz:    Diese Formel kann nun in den Impulserhaltungssatz eingesetzt und die gesuchte Größe berechnet werden: | | |
| Antwort: | Das Geschoss hatte eine Geschwindigkeit von . | | |

623.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | a) Zur Berechnung von Energie und Impuls muss man von beiden Körpern bekannt sein. Aus dem Diagramm kann man für beide Bewegungen die Geschwindigkeiten vor und nach dem Stoß berechnen, indem man die Wege und die dazu benötigten Zeiten abliest. Körper 1 Weg vor dem Stoß: 1,0 m  Zeit für diesen Weg: 1,0 s  Weg nach dem Stoß: 0,32 m  Zeit für diesen Weg: 1,0 s  Geschwindigkeit vor dem Stoß: 1,0 m/s  Geschwindigkeit nach dem Stoß: -0,32 m/s (Minus, da der Körper zurückläuft.) Körper 2 Weg vor dem Stoß: 0,0 m  Zeit für diesen Weg: 1,0 s  Weg nach dem Stoß: 0,5 m  Zeit für diesen Weg: 0,75 s  Geschwindigkeit vor dem Stoß: 0,0 m/s  Geschwindigkeit nach dem Stoß: 0,67 m/s  Mit diesen Werten lassen sich die beiden Erhaltungssätze überprüfen. Energieerhaltungssatz Summe der Energien vor dem Stoß = Summe der Energien nach dem Stoß   Impulserhaltungssatz Summe der Impulse vor dem Stoß = Summe der Impulse nach dem Stoß    Näherungsweise bleibt Energie und Impuls erhalten. | | |
|  | c) Man muss fragen, wie groß die kinetische Energien der beiden Körper vor dem Stoß ist. Diesen Wert vergleicht man mit der kinetischen Energie zum Zeitpunkt, an dem die beiden Geschwindigkeiten gleich sind. Die Differenz der beiden Energiesummen steckt zu diesem Zeitpunkt in der Feder. Körper 1 Geschwindigkeit vor dem Stoß: Körper 2 Geschwindigkeit vor dem Stoß:  Damit kann die erste Energiesumme berechnet werden:    Nun nach dem Stoß:  Die Geschwindigkeit der beiden Körper ist zum gefragten Zeitpunkt. Damit ergibt sich nach der gleichen Formel eine Energie von 0,063 J. Die Differenz zwischen den beiden Energiewerten beträgt 0,01J. Diese Energie steckt in der Feder und wird beim Entspannen an die Wagen wieder zurückgegeben. | | |
| Antwort: | Im Moment der gleichen Geschwindigkeiten sind in der Feder 0,01J gespeichert. | | |

625.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Dichte gibt an, welche Masse ein bestimmtes Volumen ist, also z.B, wie viel Gramm ein Kubikzentimeter wiegt.    Die Masse ist bekannt und das Volumen kann aus dem Radius berechnet werden, da die Erde Kugelgestalt hat.    und eingesetzt:    Da der äußere Bereich der Erde eine deutlich kleinere Dichte hat, muss im Kern der Erde eine deutlich größere Dichte sein, damit im Mittel der berechnete Wert entsteht. Das liegt daran, dass im Kern ein höherer Druck herrscht und die Stoffe stark zusammengepresst werden und die stoffliche Zusammensetzung anderes ist. So weiß man, dass der Kern einen deutlich größeren Eisengehalt als die Kruste hat. | | |
| Antwort: | Die mittlere Dichte der Erde ist . | | |

626.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Was ist bekannt?  1. Die Masse der Krone setzt sich aus der Masse des Goldes und der Masse des Silbers zusammen:    2. Das Volumen der Krone setzt sich aus dem Volumen des Goldes und dem Volumen des Silbers zusammen:    3. Die Dichte eines jeden Stoffes ist die Masse geteilt durch das Volumen:    Aus 3. folgt:    Das kann man in die Volumengleichung einsetzen: | | |
| Wenn man nun z.B. die Masse des Silbers durch die Masse der Krone minus der Masse des Goldes ersetzt, erhält man eine Gleichung, in der nur noch die Masse des Goldes als Unbekannte auftaucht. Das lässt sich dann lösen: | | |
| Antwort: | In der Krone sind 2026,5 g Gold und 367,5 g Silber enthalten. | | |

627.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Dichte wird allgemein mit    berechnet.  Über die Einzelmassen lassen sich folgende Aussagen machen:  Die Masse des Silbers beträgt 60% der Gesamtmasse des Lotes, die Masse des Blei beträgt 40% der Gesamtmasse.    Damit lässt sich das Volumen angeben, dass die beiden Stoffe einnehmen:    Die Dichte des Lotes ist die Masse durch das Volumen. Das Volumen setzt sich aus dem Zinn- und dem Bleivolumen zusammen. Man kann also schreiben:    Das kann man noch weiter umstellen und erhält:    Als Dichte des Lotes wird damit 8,5 g/cm³ berechnet. | | |
| Antwort: | Das Lot hat eine Dichte von 8,5 g/cm³. | | |

628.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a, t |
| Lösung: | Es gelten die Gesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung. Für den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Beschleunigung gilt:    und Weg, Beschleunigung und Zeit:    In beiden Gleichungen sind gesuchte Größen enthalten. Es fehlen aber jeweils zwei weitere Größen. Deshalb muss umgestellt werden. Die erste Gleichung wird nach der Zeit umgestellt und in die zweite Gleichung eingesetzt:      Damit kann die Beschleunigung berechnet werden:    Mit dieser Beschleunigung kann die gesuchte Zeit berechnet werden: | | |
| Antwort: | Das Flugzeug beschleunigt mit  und benötigt 36 s bis zum Abheben. | | |

629.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | D |
| Lösung: | a) Die Federkonstante ist der Proportionalitätsfaktor zwischen der Ausdehnung einer Feder und der Kraft, die diese Ausdehnung hervorruft.    D berechnet sich dann mit    Die Kraft ist die Gewichtskraft. Da vier Federn parallel hängen, verteilt sie sich aber auf diese und muss also noch durch 4 geteilt werden.    b) In der Gleichung aus a) wird die 4 durch die Anzahl der Federn n ersetzt: | | |
| Antwort: | a) Eine Feder hat eine Federkonstante von.  b) Damit er sich bei gleicher Belastung nur 20 cm ausdehnt, müssen noch zwei Federn eingebaut werden. | | |

630.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Da die Uhr nachgeht, schwingt das Pendel zu langsam, es ist zu lang. Es müssen durch die Verkürzung in der gleichen Zeit mehr Schwingungen gemacht werden, damit die Uhr wieder richtig geht, die Schwingungsdauer T muss verkürzt werden.  Die Schwingungsdauer muss im gleichen Maße kürzer werden, wie die Uhr schneller werden soll.  Beispiel: Wenn die Uhr in 24 Stunden nur 12 Umdrehungen schaffen würde, muss sie zum richtigen Gehen doppelt so schnell werden. Dazu muss das Pendel doppelt so schnell schwingen, also die Dauer für eine Schwingung halbiert werden.  Die Schwingungsdauer T ist also umgekehrt proportional zu der Zeit t, die die Uhr anzeigt. Kurze Schwingungsdauer bedeutet schnelle Uhr  Die Schwingungsdauer eines Pendels berechnet sich nach der Gleichung    Da die Fallbeschleunigung g konstant ist, gilt:    Wenn man zwei Pendel betrachtet, dann gilt:    oder bei Betrachtung der Zeit, die die Uhr anzeigt:    Nun kann man folgendes festlegen:  **Vor der Korrektur:**    nämlich die richtige Zeit minus die Minute, die die Uhr nachgeht.    **Nach der Korrektur:**    ist de gesuchte neue Länge.  Damit kann man die gesuchte Größe berechnen: | | |
| Antwort: | Das Pendel muss um 0,7 mm verkürzt werden. | | |

631.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | µ |
| Lösung: | a) Durch die Reaktionszeit von 0,3 s verkürzt sich der eigentliche Bremsweg.    Damit verkürzt sich der eigentliche Bremsweg auf 24 m.  Um das Auto nun auf dieser Strecke zum Halten zu bringen, muss eine bestimmte negative Beschleunigung (Bremsbeschleunigung) erreicht werden. Diese Beschleunigung wird nach dem Grundgesetz der Mechanik durch eine Kraft, der Bremskraft, aufgebracht. Die Bremskraft wirkt vom Auto über Reibung auf die Straße, die nach dem Wechselwirkungsgesetz die gleich große Gegenkraft aufbringen muss. Ist die Reibungszahl zu klein, kann sie das nicht und das Auto rutscht. Dadurch wird aber die geforderte Beschleunigung nicht erreicht und das Auto kommt nicht zum Stillstand. Aber so weit sind wir noch nicht.  Zuerst die Beschleunigung. Es gilt:    Durch Umstellen und Einsetzen erhält man    Diese Beschleunigung wird durch die Bremskraft erreicht. Es gilt:    Die Bremskraft wiederum wird durch die Reibungskraft zwischen Reifen und Straße aufgebracht. Für die Reibungskraft gilt:    FN ist die Normalkraft, also die Kraft, mit der ein Körper auf seine Unterlage (Straße) drückt. Da die Straße keine Steigung hat, ist sie gleich der Gewichtskraft:    Beide Kräfte sind nach dem Wechselwirkungsgesetz gleich groß und können deshalb gleichgesetzt werden: | | |
| b) Ist die Reibungszahl vorgegeben, kann man die mögliche Beschleunigung bestimmen. Daraus lässt sich über den zur Verfügung stehenden Bremsweg die Aufprallgeschwindigkeit berechnen.  Beschleunigung:    Da dieses eine Bremsbeschleunigung ist, schreibt man    Die negative Beschleunigung reduziert die Geschwindigkeit. Es gilt allgemein:    v2 ist die Endgeschwindigkeit, also die, mit der das Auto auf den Baum fährt. v1 ist die Anfangsgeschwindigkeit, also die 20 m/s. Die Zeitspanne t2-t1 ist die Zeit vom Beginn der Bremsung bis zum Auffahren und wird einfach als t geschrieben.  Die Geschwindigkeit  ist die gesuchte Größe, also wir die Gleichung danach umgestellt.    Das heißt, die Aufprallgeschwindigkeit ist die ursprüngliche Geschwindigkeit plus eines Werts. Da a aber negativ ist (negative Beschleunigung), wird von der ursprünglichen Geschwindigkeit etwas abgezogen.  In der Gleichung für die gesuchte Geschwindigkeit fehlt noch die Zeit für den Bremsvorgang. Es gilt die Gleichung    Der hintere Ausdruck wäre der Weg ohne Bremsen, der vordere Teil bewirkt durch die negative Beschleunigung eine Verringerung dieses Weges.  Die Gleichung muss nach der Zeit umgestellt werden. Das geübte Auge sieht eine quadratische Gleichung:  Mit dieser Geschwindigkeit kracht das Auto auf den Baum.  Die kinetische Energie des Autos berechnet sich mit    Da die Masse unverändert bleibt, gilt:    Das Verhältnis von zwei Energien ist deshalb gleich dem Verhältnis der Quadrate der Geschwindigkeiten.    Das sind noch 35% der ursprünglichen Energie. | | |
| Das sieht schlimmer aus als es ist. Wichtig beim Rechnen ist die konsequente Berücksichtigung der Vorzeichen.    Die erste Zeit ist die Zeit für den Zusammenstoß. Damit kann nun die Geschwindigkeit berechnet werden:    Mit dieser Geschwindigkeit kracht das Auto auf den Baum.  Die kinetische Energie des Autos berechnet sich mit    Da die Masse unverändert bleibt, gilt:    Das Verhältnis von zwei Energien ist deshalb gleich dem Verhältnis der Quadrate der Geschwindigkeiten.    Das sind noch 66% der ursprünglichen Energie. | | |
| Antwort: | Die Reibungszahl zwischen Reifen und Straße muss mindestens 0,85 betragen. Das entspricht den üblichen Werten bei trockener Straße.  Auf nasser Straße prallt das Auto mit etwa 57,8 km/h auf den Baum und besitzt noch 66% seiner ursprünglichen Energie. | | |