Rechenübungen zur Experimentellen Physik I, WS 04/05

1) Eine Substanz weist eine Dichte von 62.428 lb/ft³ (pounds per cubic foot) auf; um welche Substanz könnte es sich da handeln?

2) Ein Schiff fährt mit 20 kt (Seemeilen/Stunde), ein anderes legt pro Sekunde 9 Meter zurück. Welches Schiff ist schneller?

3) Die Wärmeleitfähigkeit von Eichenholz wird vom Handbook of Chemistry and Physics als 1.02 BTU/(h*sqf*(°F/in)) angegeben. Um wieviel % ist diese Wärmeleitfähigkeit höher als die von Kork (0.0629 W/K*m)?
(BTU britisch thermal units, h .. Stunde, sqf .. square foot, °F Fahrenheit, in .. inch;
1 BTU = 1.055 kJ, 1 ft = 12 in = 30.48cm, 1 in = 2.54 cm, T°C = (T°F – 32)*5/9)

4) Ein Staubkorn (Ann: kugelförmig) hat einen Durchmesser von 1 µm. Berechnen Sie die Masse dieses Staubkorns in mg, wenn das Material eine Dichte von 1800 kg/m³ hat.

5) Der Erdradius beträgt etwa 6378 km. Welche Längen entsprechen an der Erdoberfläche jeweils gerade 1°, 1', 1'', 1 rad?

6) Der Abstand zwischen Sonne und Erde beträgt etwa 150 Millionen km, der Erdradius 6378 km, der Sonnenradius 696 000 km.

Unter welchem Winkeldurchmesser erscheint die Sonne von der Erde aus gesehen?

7) Die Erde bewegt sich in ca. 365,25 Tagen einmal um die Sonne. Die Zeit zwischen zwei Sonnenhöchstständen (Mittag) beträgt etwa 24 Stunden.
Welche Zeit benötigt die Erde, um sich einmal um Ihre Achse zu drehen (Drehung um 360°) ?

Fehlerrechnung

8) Um die Periode eines Pendels zu bestimmen, brauchen Sie nur die Zeitdauer einer Schwingung zu messen. Warum messen Experimentalphysiker immer mehrere Oszillationen? Erklären Sie das mit einem Beispiel.

9) Um den Strom durch einen Widerstand zu bestimmen, wird sein Widerstand mit (9 ± 1) kΩ und der an ihm auftretende Spannungsabfall U mit (1040 ± 20) V gemessen. Wenn Sie den die Wahl haben, den Messfehler einer der Größen zu halbieren, welche Größe würden Sie wählen?

10) Die Theorie sagt für eine bestimmte physikalische Größe den Wert 3.37 voraus, wobei die Unsicherheit mit ± 0.02 angegeben ist. Wiederholte Messungen dieses Parameters ergaben die folgenden Werte: 3.24 3.45 3.32 3.39 3.19.
Steht die Theorie im Einklang mit den Messungen?
(Fehlt eigentlich etwas bei diesen Angaben, und wenn ja, was?)

11) Zur Qualitätskontrolle werden aus einer Serie von Werkstücken einige vermessen (Messgröße x; Tabelle). Zeichnen Sie ein Häufigkeitsdiagramm, berechnen Sie Mittelwert und Standardabweichung der Messgröße.

X (µm)	Häufigkeit
24.5 - 27.5	1
27.5 - 30.5	4
30.5 – 33.5	13
33.5 – 36.5	23
36.5 – 39.5	22
39.5 – 42.5	29
42.5 – 45.5	29
45.5 – 48.5	16
48.5 – 51.5	11
51.5 – 54.5	2

12) Der spezifische Absorptionskoeffizient einer Substanz für Gammastrahlung einer bestimmten Energie wird mit einem Geigerzähler gemessen. Nach dem Durchtritt durch eine x=(3±0.1)mm dicke Schicht der Substanz ist die Aktivität von ursprünglich A_0=(10000±100)Bq auf A=(1800±42)Bq gesunken. Wie groß ist der spezifische Absorptionskoeffizient k der Substanz und wie groß ist der absolute und der relative Messfehler, wenn die Dichte ρ der Substanz (11350±100)kg/m³ beträgt?

$$A = A_0 \exp(-kb)$$
$$b = \rho x$$

13) Ein Schiff fährt mit konstanter Geschwindigkeit eine bestimmte Strecke stromabwärts und anschließend wieder gegen den Strom zurück. Geben Sie die Gesamtreisezeit in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit und der Schiffsgeschwindigkeit an und zeichnen Sie ein Diagramm, in dem die Gesamtreisezeit einmal als Funktion der Schiffsgeschwindigkeit und einmal als Funktion der Strömungsgeschwindigkeit aufgetragen ist.

14) Ein Geschoss wird von einem erhöhten Punkt aus in horizontaler Richtung mit einer Geschwindigkeit von 40 m/sek abgeschossen. Wie viel Höhe verliert es, wenn die horizontale Flugstrecke 10, 100 bzw. 1000 m beträgt? (Luftreibung vernachlässigen)

15) Ein Auto, welches mit b=-4m/sek² bremsen kann, fährt bei Nebel (Sichtweite 30m) auf einer Autobahn. Wie groß darf seine Geschwindigkeit höchstens sein, wenn die Reaktionszeit des Fahrers 0.5 sek beträgt? (Frage am Rande: und was machen Sie bei Nebel?)

16) Zwischen zwei in gleicher Höhe liegenden Befestigungspunkten an zwei Wänden (Normalabstand zwischen den Wänden a) wird ein Draht der Länge L gezogen und in der Mitte mit dem Gewicht G belastet. Wie groß ist die längs des Drahtes wirkende Kraft? Wie groß ist die horizontale und die vertikale Kraftkomponente an den Befestigungspunkten? (Vernachlässigen Sie die Dehnung des Drahtes)

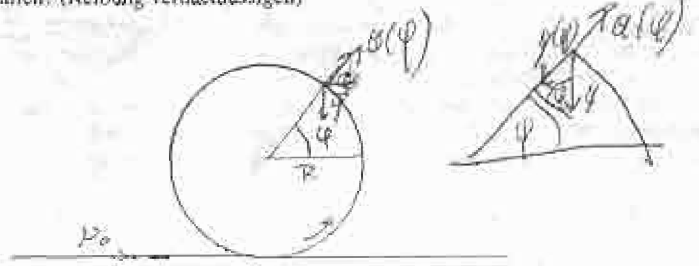
17) Mit welcher Winkelgeschwindigkeit und welcher Bahngeschwindigkeit bewegt sich ein Punkt auf der Erdoberfläche? Welche Zentripetalbeschleunigung und welche Winkelbeschleunigung wirken auf einen Körper an diesem Punkt? (Erdradius: 6378 km)

18) Berechnen Sie die Beschleunigung auf einen Körper an der Erdoberfläche, die sich durch die Rotation der Erde ergibt, in radialer Richtung und in tangentialer Richtung.

19) Geostationäre Satelliten stehen scheinbar über einem Ort am Äquator still, dh. Sie bewegen sich genau mit der Winkelgeschwindigkeit der Erde. In welcher Höhe über dem Erdboden muss so ein Satellit "stehen"? (Erdmasse $5.977\ 10^{24}$ kg, G= $6.67\ 10^{-11}$ Nm^2/kg^2)

20) Nehmen Sie an, sie befinden sich in einer Raumstation auf geostationärer Bahn und lassen einen Schraubenzieher (Masse 150g) los. Welche Schwerkraft wirkt auf den Schraubenzieher? Welche Bahn wird der Schraubenzieher beschreiben (qualitativ, nicht ausrechnen)?

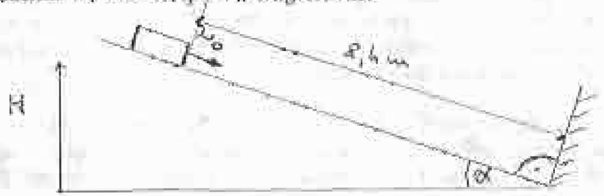
21) Eine Achterbahnwagen mit Anfangsgeschwindigkeit v_0 durchläuft von unten kommend einen senkrecht stehenden Looping, wobei sie durch eine Schiene gelenkt wird. Wie groß muss v_0 mindestens sein, damit der Wagen die Bahn zur Gänze durchlaufen kann, ohne herunterzufallen? (Reibung vernachlässigen)



22) Geben Sie für die oben gezeichnete Achterbahn den Betrag der Kraft an (die im Massenmittelpunkt des Wagens angreift), mit der er an die Schiene gepresst wird (als Funktion von R und ϕ).

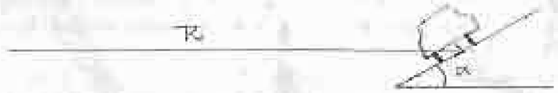
23) Die Masse einer Kanone ist 50 mal größer als die Masse des Geschosses, das von der Kanone abgefeiert wird. Der Winkel zwischen dem Kanonenrohr und dem (horizontalen) Boden beträgt 45°. Wenn die Kanonenräder fixiert sind, beträgt die Geschwindigkeit des Geschosses v=180 m/sek. Wie groß wäre die Geschwindigkeit des Geschosses, wenn die Räder nicht fixiert wären?

24) Ein Körper (Masse 10 kg) gleitet eine schiefe Ebene (Neigungswinkel 35°) hinunter. Anfangsgeschwindigkeit v_0= 3m/s. Dieser Bewegung wirkt eine Reibungskraft von 10N (parallel zur schiefen Ebene) entgegen. Nach 8.4 m trifft der Körper auf ein ideal elastisches festes Hindernis (siehe Zeichnung), von dem er reflektiert wird. Bis zu welcher Höhe über diesem Hindernis wird der Körper zurückgestoßen?



25) Für eine Straßenkurve mit Radius 100 m gilt eine Geschwindigkeitsbeschränkung von 50 km/h. Um welchen Winkel müsste die Kurve überhöht sein, damit Fahrzeuge bei dieser Geschwindigkeit auch ohne Reibung auf der Fahrbahn bleiben?

Zentripetalkraft



26) Ein Boot (Masse M=140kg) befindet sich auf einem See in einer Entfernung d=[illegible] von der Kaimauer. [illegible] he. Ein Mann (Masse m=60kg) sitzt ursprünglich an dem Ende des Bootes, das näher bei der Mauer ist. Er beginnt, zum anderen Ende zu gehen. Wenn der Mann zum Ende des Bootes kommt, hat das Boot die Mauer erreicht? Die Länge des Bootes
ist D=2m. (Reibung vernachlässigen, ursprünglicher Schwerpunkt in halber Länge des Bootes)

27) Ein Turmspringer, der einen Salto vorwärts beabsichtigt, springt in gestreckter Körperhaltung so ab, dass er dabei eine anfängliche Winkelgeschwindigkeit $\omega = \pi$ erreicht. Der Körperschwerpunkt befindet sich zum Zeitpunkt des Absprungs in 13 m Höhe. Beim Durchgang des Körperschwerpunkts durch die 10 m Marke rollt sich der Springer so zusammen, dass sein Trägheitsmoment dadurch auf ein Viertel reduziert wird. Wie viele Drehungen führt er aus, bis der Körperschwerpunkt die Wasseroberfläche erreicht ?
Ist hier die Rotationsenergie erhalten?

28)
Ein homogener Zylinder mit Masse m und Radius r rollt eine schiefe Ebene mit Länge L und Neigungswinkel α hinunter. Geben Sie die Linearbeschleunigung des Zylinders als Funktion von α an. Welche Geschwindigkeit besitzt der Schwerpunkt des Zylinders am Fuß der schiefen Ebene ?

Formel ein Trägheitsmoment

29)
Vergleichen Sie Beschleunigung und Endgeschwindigkeit des Zylinders im vorigen Beispiel mit den entsprechenden Werten einer Kugel gleicher Masse, die die schiefe Ebene hinunterrollt. Welche Beschleunigung und welche Endgeschwindigkeit hätte ein homogener Körper gleicher Masse, der die schiefe Ebene reibungsfrei hinuntergleitet, ohne zu rollen?

30)
Ein Zug mit Masse m fährt einer bestimmten Geschwindigkeit v auf einer geraden Strecke. Geben Sie den allgemeinen Ausdruck für die Kraft an, mit der der Zug auf Grund der Erdrotation seitlich gegen die Schienen drückt. Diskutieren Sie diesen Ausdruck in Abhängigkeit von
a) der geographischen Breite ϕ
b) der Fahrtrichtung (Norden, Süden, Osten, Westen)
c) Nord- bzw. Südhalbkugel
Vernachlässigen Sie dabei die Zentrifugalkraft.

31)
Eine scheibenförmige Raumstation soll in Rotation versetzt werden, um mit Hilfe der Zentrifugalkraft einen künstlichen Schwerkraftersatz zu schaffen. Angenommen, die Aufenthaltsräume liegen in 30 m Entfernung vom Zentrum. Wie groß muss die Rotationsgeschwindigkeit gewählt werden, wenn die Besatzung sich gerade so schwer fühlen soll wie auf der Erde ? Wie lange dauert eine Umdrehung der Station ?

32)
In 40 m Entfernung vom Zentrum der oben gegebenen Raumstation verläuft ein ringförmig angelegter Gang, der von der Besatzung gelegentlich zum Joggen benützt wird. Vergleichen Sie die Gewichtsänderungen zweier mit 12 km/h laufenden Personen, von denen sich eine gleichsinnig, die andere ungleichsinnig zur Rotation der Raumstation bewegt.

33)
Berechnen Sie die kinetische (Rotations)energie und den Drehimpuls für die Sonne und einen Neutronenstern gleicher Masse (Masse: 2×10^{30} kg, Sonnenradius 696 000km, Rotationsperiode 27d; Neutronenstern Radius = 3 km, Rotationsperiode 50 ms).

34)
Der Abstand unseres Sonnensystems vom Zentrum unserer Milchstraße beträgt etwa 2.2×10^{20} m. Die Rotationsdauer beläuft sich auf ungefähr 1.7×10^{8} Jahre. Wie groß ist die Geschwindigkeit des Sonnensystems auf seiner Umlaufbahn? Wie groß ist der Gesamtdrehimpuls und die Gesamtenergie jetzt?

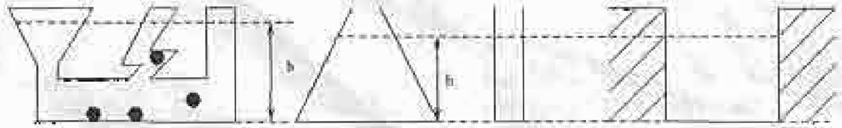
35)
In einem Becken (30m x 20m) schwimmt ein Schiff mit Leermasse 40kg. Im Schiff befinden sich zwei Personen (Masse je 80 kg, Dichte 0.99 g/cm³) und zwei Metallkisten mit Metallkugeln (Masse je 50 kg, Dichte 7.8 g/cm³). Die Kisten und eine Person fallen über Bord ins Wasser. Um wie viel ändert sich der Wasserstand im Becken?

36)
In einem horizontalen Rohr mit zylindrischem Querschnitt (Durchmesser 20 cm) strömt eine ideale Flüssigkeit (Dichte 1 g/cm³) mit einer Geschwindigkeit von 0.1 m/s. Das Rohr enthält eine Engstelle mit Durchmesser 5 cm. Wie schnell strömt dort die Flüssigkeit und wie groß ist der Druck an beiden Stellen? (p_0 = 1 bar)

$\cancel{P} + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = const$

$\underbrace{\frac{p \cdot V}{}}_{E_{vol}} + \underbrace{\frac{1}{2}\frac{m}{V} V v^2}_{E_{kin}} + \underbrace{\frac{m}{V} V g h}_{E_p} = const$

37)
Welcher Druck herrscht am Boden der folgende Gefäße, die alle bis zu einer Höhe von 20 cm mit Wasser befüllt sind? Welcher Gesamtdruck herrscht an den angegebenen Stellen der Gefäße?



38)
[illegible] einen Behälter strömt durch mehrere seitl[illegible] verschiedener Höhe) Wasser aus. Wie groß ist die Ausströmgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Höhe? Der Wasserspiegel im Behälter ist durch eine Zuflussregelung konstant bei Höhe H.

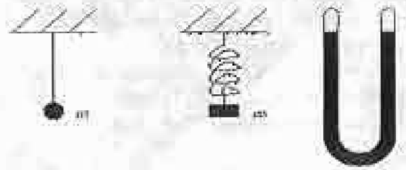
39)
Eine kleine Glaskugel (ρ_{gl} = 2.2 g/cm³, d = 1mm) fällt in Öl zu Boden. Welche Gleichgewichtsgeschwindigkeit erhält diese Kugel? ($\rho_{Öl}$ = 0.9 g/cm³, $\eta_{Öl}$ = 160 mPas)
Welche Geschwindigkeit würde sie in Luft erreichen? (ρ_L = 1.2 kg/m³, η_L = 1.7 10^{-5} Pas)

40)
Frühe Tauchversuche in der Tiefsee wurden mit Stahlkugeln unternommen, die an Stahlseilen ins Wasser gelassen wurden. Betrachten Sie folgendes Beispiel:

Kugelradius = 0.75 m Wandstärke = 5 cm
Dichte von Stahl = 7.5 g cm^{-3}
Nutzlast (Besatzung und Instrumente) = 500 kg
Durchmesser des Stahlseils = 3 cm
Zugfestigkeit von Stahl = 7×10^{8} Nm^{-2}

Berechnen Sie unter Berücksichtigung des Auftriebs die theoretisch maximal mögliche Tauchtiefe sowie die maximale Tauchtiefe unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors 10.

41)
Im Bild sind drei schwingungsfähige Systeme dargestellt. Welches von ihnen wird (wenn überhaupt eines) auch in einem sich antriebslos im schwerefreien Raum bewegenden Raumschiff schwingen können? Welches (wenn überhaupt) in einem Raumschiff auf stabiler Umlaufbahn um einen Planeten?



42) Die Kreisfrequenz eines harmonischen Oszillators beträgt 1 rad/s. Be[illegible] [illegible] die Auslenkung (Elongation) x als Funktion der Zeit t für folgende Anfangsbedingungen

a) x_0=3 cm, v_0 = 0 cm/s

b) x_0=6 cm, v_0 = 3 cm/s.

(mögliche Ansätze: $x=a*\sin\omega t + b*\cos\omega t$, $x=A*\cos(\omega t-\phi)$)

43)

Die Schwerebeschleunigung auf dem Mond beträgt etwa 1/6 der Erdbeschleunigung. Nehmen Sie an, ein Pendel mit 20 cm Länge ist am Mond aufgehängt. Wie groß müsste die Länge eines irdischen Pendels sein, damit das Frequenzverhältnis Erd- zu Mondpendel 1:1 bzw. 3:1 ist?

4[illegible]

Gegeben sind zwei Wellen mit den Gleichungen

Welche Resultierende entsteht bei der Überlagerung der beiden Wellen?

$$f_1(x,t) = A\sin(2\pi(\upsilon t - \frac{x}{\lambda}))$$

$$f_2(x,t) = A\sin(2\pi(\upsilon t - \frac{x}{\lambda} + \frac{d}{\lambda}))$$

?

45)

Eine Violinsaite aus Stahl habe die Länge l = 0.33m, den Radius r = 0.12 mm und die Dichte ρ = 7.5 g/cm³. Mit welcher Kraft F muss die Saite gespannt werden, um in der Grundschwingung einen Ton mit 652 Hz zu erzeugen (früher für E-Saite üblich)? (m.... Masse)

Um wieviel ändert sich die Kraft, wenn die Saite auf 660 Hz gestimmt werden soll?

$$c_{ph} = \sqrt{\frac{l * F}{m}}$$

46)

Die Temperatur einer Salzschmelze soll bestimmt werden. Dazu wird eine Platinkugel (spezifische Wärme 130 J kg^{-1} K^{-1}) von 0.35 kg in die Schmelze gegeben und danach in einem Kalorimeter abgekühlt, in dem sich 1 kg Wasser von 10°C befindet. Nachdem Gleichgewicht erreicht worden ist, misst man eine Wassertemperatur von 12°C. Wie heiß ist die Salzschmelze?

47)

Betrachten Sie das Verhalten eines gasgefüllten Ballons in der Atmosphäre, der teilweise mit einem Gas gefüllt ist, dessen Dichte ρ_g kleiner ist als die Luftdichte ρ_L (dh V_B [illegible] V_g). Welches Volumen muss das Gas mindestens haben, um den Ballon samt Nutzlast zu heben (Ausgangshöhe: Meeresniveau; Anm: das nicht mit Gas gefüllte Volumen des Ballons bleibt „leer"; das Volumen der Ballonhülle und der Nutzlast werden vernachlässigt)?

Beim Steigen kommt der Ballon in Schichten mit niedrigerem Luftdruck, wodurch sich das Gas im Inneren des Ballons ausdehnt. In welcher Höhe ist dann $V_g(h) = V_B$? (Annahme: Temperatur nicht von der Höhe abhängig, T im Innern des Ballons gleich T der Luft)

48)

Wie groß ist die maximale Steighöhe des Ballons, wenn er geschlossen ist (dh. Es kann kein Gas entweichen; Anm: die Hülle hält den Gasdruck immer aus) und wie groß ist sie für einen offenen Ballon?

49)

auf wie viel Grad erhitzt sich die Luft in einem Dieselmotor vor der Einspritzung bei der adiabatischen Kompression (Kompressionsverhältnis 30, Ausgangsdruck und Temperatur: 1 bar, 20°C)

50)

Die Analyse einer Gasmischung ergab folgende molekulare Zusammensetzung:

N_2 = 60 %, CO_2 = 20 %, O_2 = 20 %. Wie groß sind die Massenanteile und das Mol[illegible] der Mischung. Wie groß ist die Masse von 100 m³ bei 0[illegible]

Aufpassen

Geben Sie ein ungefähres Bild der Maxwell-Boltzmann-Verteilung für zwei verschiedene Temperaturen. Berechnen Sie $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$, $\langle v \rangle$ und v_{max} für He und N_2 für 100 K, 300 K und 1000 K. Was bedeuten die verschiedenen Geschwindigkeiten?

52)

In einem geschlossenen Behälter mit dem Volumen V = 10 Liter und einer Temperatur von 300 K befindet sich ein Gemisch von 16 g Helium und 10 g molekularem Wasserstoff. Wie groß ist der Druck auf die Behälterwände? Welcher partielle Druck ist größer und warum?

53)

Eine ideale (reversibel arbeitende) Wärmepumpe soll Wärme für Heizzwecke bei einer Temperatur von T^+ = 350 K liefern. Ein (unerschöpflicher) See mit der Wassertemperatur T^- = 280 K dient als unteres Wärmereservoir. Wie groß ist die Leistungsziffer und wie viel Arbeit ist pro Joule bei T^+ abgegebener Wärme aufzuwenden?

54)

Wirkungsgrad von Dampfmaschinen

Eine Dampfmaschine arbeitet zwischen den Temperaturen 100 °C und 200 °C.

Wie groß ist der theoretische Wirkungsgrad?

Welche Arbeit leistet die Maschine, wenn sie dem heißeren Reservoir 12000 J in Form von Wärme entnimmt?

Berechnen Sie die Änderung der Entropie pro Zyklus, wenn die gesamte vom heißen Reservoir aufgenommene Wärmemenge an das kalte Reservoir abgegeben wird.

55)

Die Wirkungsweise eines Motors sei – idealisiert – durch folgende Prozesse beschrieben:

a) $v_1 \rightarrow v_2$ (adiabatisches Verdichten, wobei $p_1 \rightarrow p_2$; das Verdichtungsverhältnis sei $v_1/v_2 = 10$);

b) $p_2 \rightarrow p_3$ (v = const., Verbrennung unter Freisetzung von Q);

c) $v_2 \rightarrow v_1$ (adiabatisches Expandieren, wobei $p_3 \rightarrow p_4$);

d) $p_4 \rightarrow p_1$ (v = const, sodass der Ausgangszustand erreicht wird).

Berechnen Sie den Wirkungsgrad Arbeit/Verbrennungswärme Q. (Es wird c_V = const angenommen).

1) 62,428 lb/ft³

$28,3168(6)59\ kg/ft^3$ $1\,ft^3 = 0,0283168$

$1000\ kg/m^3 = 1\ kg/l \rightarrow$ Wasser

2) $20\ Kn = 37,04\ km/h = 10,2\dot{8}\ m/s$

Schiff 1 ist schneller

9 m/s

3) $1,02\ BTU/(h\ sqft\ (°F/in))$

$C = (F-32)\cdot\frac{5}{9}$

$\frac{9}{5}C = F - 32$

$\frac{9}{5}C + 32 = F$

$\frac{W}{K\,s}$

$1,02\ \frac{1055}{3600}\ \frac{0,0254}{0,0929\ 0,3048}\ \frac{9}{5} = 0,0945\ W/Km$

$1,02 = \cancel{0,0020199}$

$\cancel{0,0037\ 0,379\ W/Km}$

$0,0709\ W/Km$

$p = \frac{A \cdot 100}{G} = \cancel{167,8\ \%}$ $\Rightarrow$ um 29,25 % geringer

$p = \frac{A \cdot 100}{G}$

4) 0,5 μm $V = \frac{4r^3\pi}{3} \approx 5,2359\ldots \cdot 10^{-14}\ m^3$ ~~1800 kg/m³ = 1800 mg/μm³~~

$0,5\ \mu m = 0,5 \cdot 10^{-6}\ m$

$1800\ kg/m^3$

↓ 71 % dichtest mögliche Packung

$1278\ kg/m^3$

$m = V\,\rho \approx 6,69116 \cdot 10^{-11}\ kg$ $\rho = \frac{m}{V}$

$\approx 6,69116 \cdot 10^{-10}\ mg$

5)

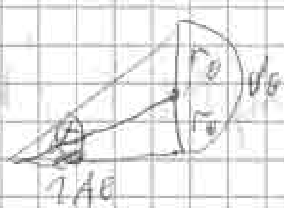
$1^\circ \quad \frac{2 \cdot r \cdot \pi}{360} = 111{,}317 \text{ km}$

$1' = 1{,}855 \text{ km}$

$1'' = 30{,}9 \text{ m}$

$1 \text{ rad} = 6378 \text{ km}$

6) $\frac{69000\ \cancel{150 \cdot 10^6}}{150 \cdot 10^6\ \cancel{69000}} = \tan(\alpha)$



$\alpha \approx 31' 54''$

7) $\cancel{24 \cdot 60 \cdot \frac{1}{365{,}25} = 3{,}9425 \text{ min}}$

$\cancel{24 h - 3{,}9425 \text{ min}}$

$\frac{1}{24} + \frac{1}{365{,}26 \cdot 24} = \frac{1}{23{,}934}$

$23^\circ 56' 04''$

8) bei mehr Messungen heben sich kleinere Fehler auf

9) Widerstand weil der relative Fehler dort größer

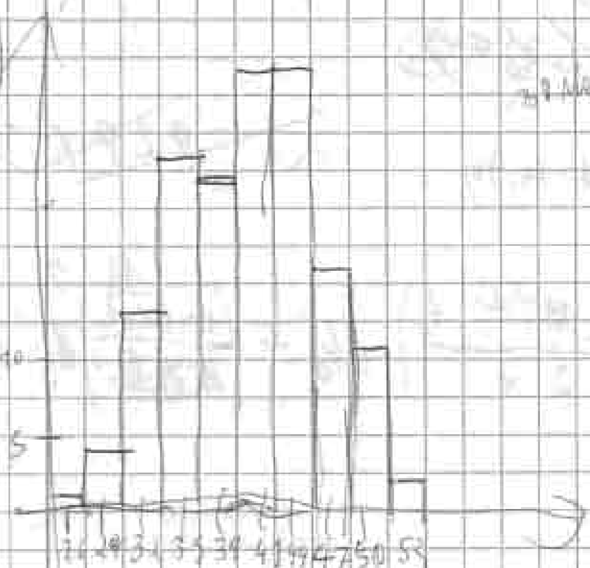
10) $\bar{x} = \frac{3{,}24 + 3{,}45 + 3{,}32 + 3{,}39 + 3{,}19}{5} = 3{,}318$

$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \underbrace{\left((-0{,}078)^2 + (0{,}132)^2 + (0{,}0000\ldots) + (0{,}005184) + 0{,}016384\right)}_{0{,}045116}$

$\sigma = 9{,}41$ Durchaus in Ordnung zu bringen da Trennwert gibt an Streuung

Einheiten fehlen

11)



$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} \cdot e^{\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right)}$$

$$\frac{1}{140}\cdot\left(2\cdot 26^2 + 4\cdot 29^2 + 13\cdot 32^2 + 23\cdot 35^2 + 22\cdot 38^2 + 29\cdot 41^2 + 24\cdot 44^2 + 16\cdot 47^2 + 11\cdot 50^2 + 2\cdot 53^2\right) \approx 43{,}37_{mm} = \bar{x}$$

[illegible]

$$\overline{x^2} = \frac{1}{n}\sum x_i^2 = \frac{250650}{140} = 1790{,}36$$

$$\bar{x}^2 = 1881{,}08$$

$$\overline{x^2} - \bar{x}^2$$

$\sigma \approx 9{,}82$

$$\frac{\sigma}{\bar{x}} = 21{,}86\,\%$$

12) $A = A_0 e^{-kb}$ $b = 9x$

$A = A_0 e^{-k9x}$ $\ln(A_0) = \ln(A_0)\cdot(-k)\cdot 9x$

Ableiten

$$-\frac{\ln\frac{A}{A_0}}{9x} = k \qquad -\frac{\ln(A)}{\ln(A_0)\cdot 9\cdot x} = k = -\frac{\ln(A)}{\ln(A_0)}\cdot 9^{-1}\cdot x^{-1} = 2{,}3 \cdot \ldots \approx 0{,}23 \frac{\ldots}{\ldots}$$

$\sigma_K = \frac{1}{A_0 \ln(A_0)} \cdot \frac{-\ln(42)}{\ln(100)} \cdot 100^{\frac{7}{100}} \cdot 0{,}1^{-1} = \ldots \approx 8{,}12\,\%$

$\frac{K \cdot 100}{S} = \sim 7\,\%$

$\frac{-\ln(42)}{\ln(10100)} \cdot \frac{1}{3{,}7 \cdot 11450} = -6{,}1\ldots$

~~$\sim 3{,}8296\,\%$~~

$K = -\frac{\ln(A)}{\ln(A_0)\,\varrho\, x}$ $\qquad \ln(A - \ln A_0)$

$$S^2 = \left(\frac{-1}{\ln(A_0) A \varrho x}\right)^2 dA^2 + \left(\frac{-\ln(A)}{\varrho x}\,A_0\right)^2 dA_0^2 + \left(\frac{\ln(A)}{\ln(A_0)\varrho x^2}\right)^2 d\varrho^2 + \left(\frac{\ln(A)}{\ln(A_0)\, x^2}\right)^2 dx^2$$

Unsicherheit Fehler +

13)

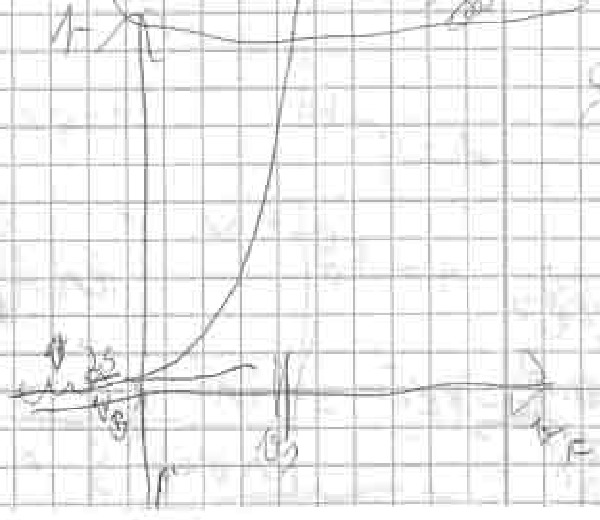
$v_{ges} = v_S + v_F$ stromabwärts $\qquad t_{ab} = \frac{s}{v_S + v_F}$

$v_{ges} = v_S - v_F$ stromaufwärts $\qquad t_{auf} = \frac{s}{v_S - v_F}$

s = Strecke eine Richtung $\qquad t_{ges} = t_{ab} + t_{auf}$

$$t_{ges} = \frac{s}{v_S + v_F} + \frac{s}{v_S - v_F} = s \cdot \left(\frac{1}{(v_S + v_F)} + \frac{1}{(v_S - v_F)}\right)$$

$$= s\,\frac{v_S + v_F + v_S - v_F}{v_S^2 - v_F^2} = \boxed{2 s\, v_S \cdot \frac{1}{v_S^2 - v_F^2} = t}$$



14)

$w = v \cdot t \qquad t = \frac{w}{v}$

$h - \frac{g t^2}{2} = 0$

$h - \frac{g \frac{w^2}{v^2}}{2} = 0$

$h = \frac{g w^2}{v^2 2}$

bei $w = 10\,m \quad h = 0{,}3066\,m$

$w = 100\,m \quad h = 30{,}66\,m$

$w = 1000\,m \quad h = 3066\,m$

15)

$v = \frac{s}{t} \qquad s = \frac{g t^2}{2}$

$\Rightarrow 30 = v \cdot 0{,}5 + \frac{g s^2}{v^2}$

$t = \frac{s}{v}$

$\cancel{30 = v \cdot 0{,}5} + \frac{g \cdot 900}{v^2}$

$s = s_0 + v \cdot t = \frac{a \cdot t^2}{2}$

$s = v \cdot t + \frac{g t^2}{2} + v \cdot 0{,}5$

$s_1 + s_2 = 30$

$s_1 = v \cdot t = v \cdot 0{,}5$

$s = \frac{a \cdot t^2}{2}$

$s = \frac{g s^2}{2 v^2}$

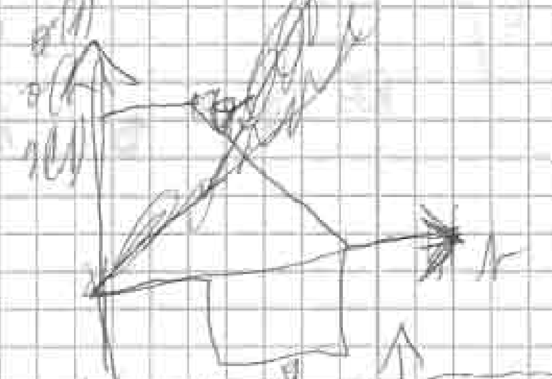
$s = \frac{v^2}{a}$

$x_1 + x_2 = 30$

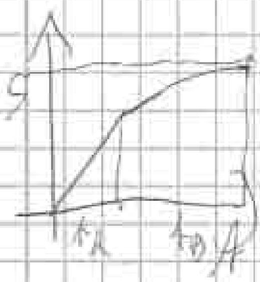
$x_1 = v \cdot 0{,}5$

$x_2 = \frac{v^2 \cdot 2}{4}$

$\frac{v}{4} + \frac{v^2}{2} = 30$



$v^2 + 4v - 240 = 0$

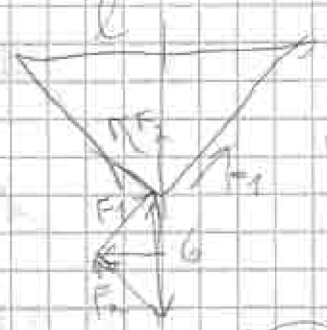


$v = -\frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} + 60} = 8{,}0\ m/s$

$v = -2 \pm \sqrt{\frac{16}{4} + 240}$

$v = -2 + \sqrt{244} = 13{,}6\ m/s$

16)



$\vec{F}_1 = \vec{F}_2$

$|\vec{F}| = \sqrt{G^2 + \frac{\ell^2}{4}}$

$F_y = G$

$F_x = \frac{\ell}{\sqrt{G^2 + \frac{\ell^2}{4}} \cdot 2}$

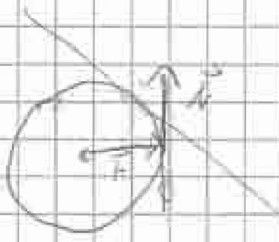
$F_{1,2\,y} = \frac{G}{2}$

$F_{1x} =$

$|\vec{F}_1| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

$\vec{F}_1 \quad \frac{G^2}{4}$

17) + 18)



$F = \omega^2 m r = m a$

$\omega^2 r = a$

$v = r \pi 2$

24 h = 2π

~~103680~~ = 2π

~~$\omega = 6{,}06 \cdot 10^{-6}$~~

Winkelbeschl. = 0

2π pro 86400 sec

$\omega^2 m r = m a$

6370000 m

$\omega = 7{,}27 \cdot 10^{-5}$ /sec

$\omega^2 r = a = 3{,}373 \cdot 10^{-2}$ m/sec²

$\frac{s}{t} = v = \frac{r \pi 2}{86400} = 463{,}82$ m/s $= v$

Äquator

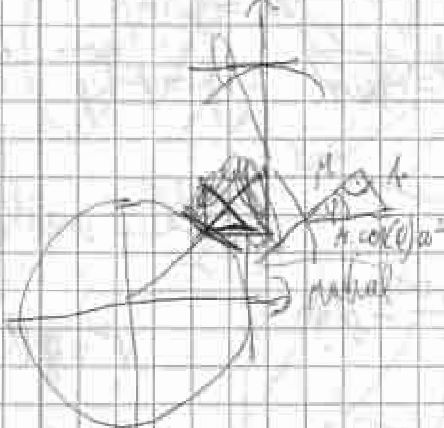
18)

$\frac{r \pi 2}{86400} \cdot \cos(\varphi) = v$

allgemein

Breite

18)



19)

$\omega = \frac{2\pi}{86400} \simeq 7{,}27 \cdot 10^{-5}$

$F = \frac{m_S}{} \omega^2 r = \frac{m_S}{} = G \frac{m_S m_E}{r^2}$

$r^3 = \frac{G m_E}{\omega^2}$ $r = 4152287 2{,}49\ m$

$h = r - r_E = 3\ 5154872{,}49\ m$

20) Schwerkraft die laut $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ wirken soll wirkt auf ihm — wird aber durch die Zentrifugalkraft aufgehoben

Der Schwerelosigkeit wird sich gelahrten zum Haben nicht bewegen.

Er umkreist die Erde auf einer Kreisbahn

21)

$mgh = \frac{mv^2}{r}$

$\frac{mv^2}{2} = mgh$

$mgh = \frac{mv^2}{r}$

$v^2 = ghr$

$v = \sqrt{g2h} = r\sqrt{2g}$

$v = \sqrt{2g}$

$mgh = \frac{mv^2}{2}$

$v = \sqrt{gh2}$

$mg = \frac{mv^2}{R}$

22)

$F = m\omega^2 r - mg$

$E_{kin}(\varphi) = g(\varphi) - g(\varphi)$

$\varphi(\varphi) = g \sin(\varphi)$

$F = \frac{m_1 v^2}{r} - mg$

$E_{kin} = \frac{m v^2(\varphi)}{2}$

$E_{pot} = mg \frac{5R}{2}$

$\frac{mv_e^2}{2} = mg2R + \frac{mv^2}{2}$

$v^2 = gR$

$\frac{v^2}{2} = g2R + \frac{gR}{2}$

$v = \sqrt{5gR}$

23)

$E_{pot} = mgh = mgR(1+\sin(\varphi))$

$a(\varphi) = \frac{v^2(\varphi)}{r}$

$E_{kin}(\varphi) = E_{ges} - E_{pot}$

$= \frac{mg}{2}5R - mgR(1-\sin(\varphi))$

$mgR\cdot\left(\frac{5}{2} - 1 - \sin(\varphi)\right) =$

$mgR\left(\frac{3}{2} - \sin(\varphi)\right) = \frac{m v^2(\varphi)}{2}$

$gR\cdot(3-2\sin(\varphi)) = v^2(\varphi)$

$a(\varphi) = g(3-2\sin(\varphi))$

$\varphi(3-2\sin(\varphi)) - g\sin(\varphi)$

$F = 3g(1-\sin(\varphi))$

$\boxed{F(\varphi) = 3gm(1-\sin(\varphi))}$

$m_K = m_0 50$

v_0 180

$x\cdot\sqrt{v_x^2+v_y^2} = \sqrt{2v_x^2}$

$v_0 = \sqrt{2}\, v_x$

$x = y$

$v_x = \frac{v}{\sqrt{2}}$

$m_0 \cdot \frac{180}{\sqrt{2}} = 50 m_0 v_K + m_0 v_N$

$\frac{\left(\frac{180}{\sqrt{2}}\right)^2 m_0}{2} = \frac{50 m_0 v_K^2}{2} + \frac{m_0 v_N^2}{2}$

$\frac{180^2}{2} = 50 v_K^2 + v_N^2$

$\frac{\frac{180^2}{2} - v_N^2}{50} = v_K^2$

$\sqrt{324 - \frac{v_N^2}{50}} = v_K$

$\frac{180}{\sqrt{2}} = 50\sqrt{324 - \frac{v_N^2}{50}} + v_N$

$+50\sqrt{324 - \frac{v_N^2}{50}} = \frac{180}{\sqrt{2}} + v_N$

$2500\cdot\left(324 - \frac{v_N^2}{50}\right) = v_n^2 - \frac{90}{\sqrt{2}} v_n + 16200$

$810000 - 50v_n^2 = v_n^2 - \frac{90}{\sqrt{2}} v_n + 16200$

$49 v_n^2 - \frac{90}{\sqrt{2}} v_n + 793800 = 0$

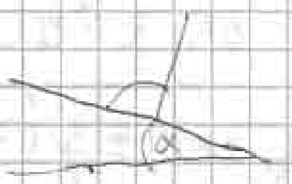
$$v_1^2 - \frac{90}{12{,}49} v_1^2 - 16200 = 0$$

$$v_N = \frac{180}{12{,}49} \pm \sqrt{\frac{90^2}{2{,}4{,}49^2} + 16200}$$

127,28

$$\sqrt{v_1^2 + v_x^2} = v_{ges} = 181{,}847\ m/s$$

2a)



$$F_G = F_H - F_W = 56{,}27N$$

$$F_G = m \cdot a$$

$$E + \frac{m v_1^2}{2} - E_{kin} = E_{pot}$$

$$F_x = F \cdot \cos(\alpha)$$

$$\frac{a t^2}{2} + v_0 t - 0 = 0$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - F \cdot \cos(\alpha) + m \cdot g \cdot h = 440{,}84$$

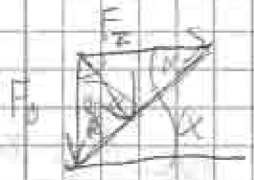
$$t_{1,2} = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 4 \frac{a}{2} s}}{a}$$

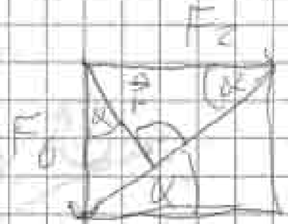
$$t_1 = 1{,}360$$

$$h = 4{,}8180\ m$$

$$\frac{440{,}84}{F_R \cos(\alpha) - g\,m \sin(\alpha)} = l = 9{,}32$$

25)





$F = m\omega^2 r$ $\quad F = m \cdot g \quad \vec{F} \begin{pmatrix} \frac{m v^2}{r} \\ m \cdot g \end{pmatrix}$

$\vec{F}$

$\vec{F}_G + \vec{F}_z$

$50 km = 13\frac{8}{9} m/s$

$\tan(\alpha) = \frac{m \cdot g \cdot r}{m v^2}$

$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{g \cdot 150}{...}\right) = -78{,}875° + 90° = 11{,}125°$

~~$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{g}{...}\right) =$~~

26)

$m_B v_B = m_M v_M$

$v = \frac{s}{t}$

$m_B \frac{s_B}{t} = \frac{m_M s_M}{t}$

$s_B = \frac{m_M \cdot s_M}{m_B} = \frac{60 \cdot 2}{140} \approx 0{,}8571 m$

$1{,}45$

$2(1{,}75 - 1{,}45) = 0{,}6 m$

$0{,}75 m - 0{,}6 m = 0{,}15 m$

$0{,}553 \cdot \frac{1}{2} + 1{,}1511 \cdot 2$ $\quad 0{,}75 m < 0{,}8571 m$

$= 2{,}5798$

ja, Boot hat Mauer erreicht

27)

$h\ \text{ca.}\ 10 m$

$mgh = \frac{m v^2}{2}$ $\quad t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$

$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = 14{,}52 m/s$ $\quad 0{,}782 \cdot \frac{1}{2} + 0{,}688 \cdot 2 = 1{,}108 U$

$\frac{mv^2}{2} = 5 \ldots + mgh$ $\quad t = \sqrt{\frac{2s}{g}} \Rightarrow t = 0{,}782$ $\quad \frac{s}{v} = t = 0{,}689$

$mgh = \frac{mv^2}{2}$

$gh = \frac{v^2}{2}$

$0{,}1 \cdot \pi$ $\quad 1{,}5$ $\quad 0{,}688 \cdot \pi$

$v_0 = \frac{s_0}{t_1}$ $\quad 0 = t^2 + \frac{20 \cdot 2}{10 \cdot g} t - \frac{2s}{g}$

$s = v_0 \cdot t + \frac{g}{2} t^2 = s = \frac{s_0 t}{t_0} + \frac{g t^2}{2}$ $\quad t_{1,2} = -\frac{s_0}{t_0 g} \pm \sqrt{\frac{s_0^2}{t_0^2 g^2} + \frac{2s}{g}}$

unten $14 m/s$ 4π

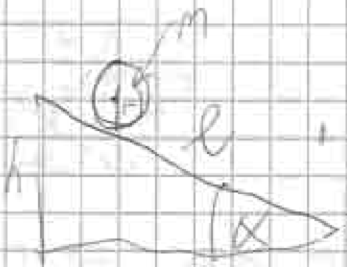
$t = \sqrt{\frac{2gh}{g}}$ $\quad v = \sqrt{\frac{2s}{t}}$

$v = s/t$ $\quad \frac{s}{v} = t = 0{,}782$

28)

$I_{Walze}: \frac{1}{2} r^2 m$

Kugel $\frac{2}{5} m r^2$



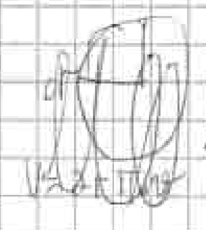
$a = \frac{m g \sin(\alpha)}{m + \frac{I}{R^2}}$

$E_{kin} = E_{pot}$

$\frac{1}{2} \frac{1}{2} r^2 m \omega^2 = m g h$

$l \sin(\alpha)$

$a_0 = \frac{m g \sin(\alpha)}{R^2 m + I_A}$



$\omega = \frac{2\pi r}{v}$

l

$\frac{1}{4} \frac{r^2 4\pi^2 r^2}{v^2} = g l \sin(\alpha)$

$v = \sqrt{\frac{4}{3} g \sin\alpha\, L}$

$$\boxed{v = \frac{4^2 \pi}{\sqrt{g l \sin(\alpha)}}}$$

$s = \frac{a}{2} t^2$

$a = \frac{mg\, l \sin\alpha\, \frac{1}{m}}{t^2}$

$a = \frac{5}{7} g \sin(\alpha)$

$\frac{7}{10} m v^2 = m g l \sin(\alpha)$

29) Kugel

$E_{kin} + E_{rot} + E_{pot} = const.$

$\frac{2}{5} m r^2 \omega^2 = m g l \sin(\alpha)$

Körper

$\frac{m v^2}{2} = m g l \sin(\alpha)$

am Anfang $= 0$

$m g h$

$m g \sin(\alpha) l$

$\frac{2}{5} r^2 \frac{4\pi^2 r^2}{v^2} = g l \sin(\alpha)$

$v = \sqrt{2 g l \sin(\alpha)}$

am Ende $= 0$

$v = \sqrt{\frac{8}{5} g\, l \sin(\alpha)}$

$s = \frac{a t^2}{2}$

$t = \frac{v}{a}$

$s = \frac{v^2}{2a}$

$a = m g \cos(\alpha) \sin(\alpha)$

$a = g \sin(\alpha) \sin(\alpha)$

30)

a) $\frac{2\pi}{v} \cdot r \cos(\varphi)$

31)

$m g = \frac{m \cdot v^2}{r}$

$\sqrt{r g} = v = 17{,}15\ m/sec$

$t = \frac{s}{v} = \frac{2r\pi}{v} = 10{,}9976\ sec$

32)

$12 km/h = 3{,}3\ m/s$

$v = \frac{2\pi r}{T} = 21{,}8\ m/s$

$g = \frac{v^2}{r}$

$-30{,}82\%$

$+36{,}84\%$

$a_1 = 15{,}75\ m/s$

$a_2 = 8{,}56\ m/s$

35)

$v = \frac{\omega r}{b}$

$v_r = \frac{r}{\omega}$

$\int_0^r \frac{mr}{\omega} \cdot dr = \frac{mr^2}{2\omega} = \frac{mrv}{2}$

$I = mr \cdot \alpha$

$\int_0^{180°} mrv \cdot \sin(\alpha) \cdot d\alpha = mrv \cos(\alpha) \Big|_{0°}^{180°}$

$= mrv \cdot 1 + 1\, mrv$

$= 2mrv = I_{Kugel}$

$V \cdot \frac{mr}{2} =$

$E_{kin} = \frac{1}{2} I(\omega, \omega) = \frac{1}{5} m r^2 \omega^2 = \cancel{5{,}2 \cdot 10^{..}\, J}$

$\approx 1{,}4057 \cdot 10^{30}$ J für $\odot$

$\approx 9 \cdot 10^{33}$ J für Neutronenstern

$I = \frac{2}{5} m r^2$

$\frac{2\pi}{27 \cdot 24 \cdot 3600} = \omega^2 = 0{,}00000269$

$L = \frac{2}{5} m r^2 \omega = 1{,}0439 \cdot 10^{42}$ für $\odot$

$= 3{,}6 \cdot 10^{35}$ für Neutronenstern

34)

$V = \frac{U}{T} \cong 2,57660 \cdot 10^5 \ m/s$

$U = 2r\pi$

$E_{kin\ umlauf} \cong 6,6389 \cdot 10^{40} \ J$

$L = r \cdot m \cdot v \cong 1,1337 \cdot 10^{56}$

$E_{ges} = 6,638904 \cdot 10^{40} \ J$

$L_{ges} = 1,133704 \cdot 10^{56}$

35)

$A_{Becken} = 600 \ m^2$

$m_{BV} = 40 + 2 \cdot 80 + 2 \cdot 50 = 300 \ kg$

$\rho_{H_2O} = 1000 \ kg/m^3$

$V_{MK} = 0,0808 \ m^3$

Mensch Kiste

$V_K = 0,00641 \ m^3$

$\Delta V_K = -0,04359 \ m^3$

$V = \frac{m}{\rho}$

$Verdr_K = 0,05 \ m^3$

$\Delta V_M = 0 \ m^3$

$Verdr_M = 0,08 \ m^3$ weil ein Teil aus dem Wasser herausragt

$\Delta h = \frac{V}{A} = 0,07265 \ mm$

36) $p + \frac{\rho v^2}{2} = const$

$A_\emptyset = r^2\pi$

$A_1 = 314,1592\ cm^2$

$A_2 = 19,6350\ cm^2$

$\frac{A_1 \cdot v_1}{A_2} = v_2 = 8\ m/s$

$p_1 = 1\ bar = 10^5$ pascal $\qquad \rho = 1000\ kg/m^2$

$p_2 = p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} - \frac{\rho v_2^2}{2} = 68005$ pascal

98726

37)

$p = \rho g h = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \cdot 0,2m$

$p = 1962\ Pa$

38)

$$\rho g (H-h) = \frac{1}{2}\rho v^2$$

$$\sqrt{2g(H-h)} = v$$

39)

$$\eta_{ж} = \frac{d^2(\rho_к - \rho_ж)g}{18 v} \qquad v = \frac{d^2(\rho_к - \rho_ж)g}{18\,\eta_ж}$$

$V_ж = 0{,}004428$ m/sec

$V_{вод} = 70{,}4909$ m/sec

$$6 - A = F_R$$

$3\pi\eta_ж d v$

40)

Masse Kugel: $\frac{4}{3} r^3 \pi = 1{,}7671\ m^3$ (außen)

(innen) $= 1{,}4368\ m^3$

Masse Stahl pro Meter: $V_{Stahl} = 0{,}3303\ m^3$

$m = \rho \cdot V = 2477{,}9313\ kg$

$m_{Kugel} = 2477{,}9313\ kg$

$h \cdot r^2 \pi = 0{,}00070686$

$5{,}3014\ kg$ / m

$V_{unten} = 1{,}7671 + A \cdot 0{,}00070686$

$M_{unten} = 2477{,}9313 + A \cdot 5{,}3014$

$F_A = V_{innen} \cdot 1000\ kg \cdot g$

$F_G = M_{unten} \cdot g$

$F_{max} = \frac{7 \cdot 10^8}{} \cdot 0{,}015^2 \pi = 4{,}9480 \cdot 10^5\ N$

$4{,}948 \cdot 10^4\ N = \frac{F_{max}}{10} = F_G - F_A$

$$4{,}9480 \cdot 10^4 = 9{,}81 \cdot \left((1{,}76411 + h \cdot 0{,}00070686) \cdot 1000 + 2977{,}9313 + h \cdot 5{,}3014\right)$$

$$4{,}9480 \cdot 10^4 = 9{,}81 \cdot \left(-1764{,}11 - h \cdot 0{,}70686 + 2977{,}9313 + h \cdot 5{,}3014\right)$$

$$5{,}0438 \cdot 10^3 = 1213{,}8213 + 4{,}59454 \cdot h$$

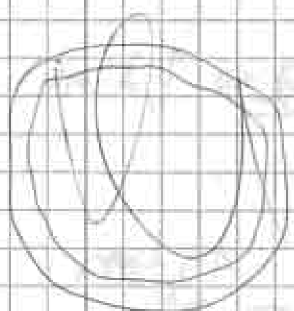
$$3829{,}9787 = 4{,}59454\, h$$

$$\underline{\underline{h = 833{,}5935\ \text{m}}}$$

4)

die Stimmgabel, weil sie nicht von der Gravitation abhängt

F = ...



42) a) $x = 3 \cdot \cos(t)$

b)

$$x = A \cos(\omega t - \varphi)$$

$$6 = A \cdot \cos(-\varphi)$$

$$v = -A \sin(\omega t - \varphi)\,\omega$$

$$3 = -A \sin(-\varphi)$$

$$-2 \sin(-\varphi) = \cos(-\varphi)$$

$$\cancel{-2 = \frac{\cos(-\varphi)}{\sin(-\varphi)}}$$

$$-\frac{1}{2} = \frac{\sin(-\varphi)}{\cos(-\varphi)}$$

$$-\tan^{-1}\left(-\frac{1}{2}\right) = \varphi \cong 0{,}4636 \text{ rad}$$

$$A \cong 6{,}7082$$

$$x = 6{,}7082 \cdot \cos(t - 0{,}4636)$$

43) $T = 2\pi\sqrt{l/g}$

Verhältnis umgehen (und [illegible])

$1:1 \rightarrow l = 3{,}3 \text{ cm} \Rightarrow 1{,}2 \text{ m}$

$3:1 \rightarrow 3\sqrt{20} = \sqrt{l \cdot 6}$

13,3 cm

$\frac{9 \cdot 20}{6} = l = 30 \text{ cm} \Rightarrow$

44)

$$y_3(x,t) = A \cdot \sin\left(2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda}\right)\right) + A \sin\left(2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda} + \frac{d}{\lambda}\right)\right)$$

$$= A\left[\sin\left(2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda}\right)\right) + A \sin\left(2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda} + \frac{d}{\lambda}\right)\right)\right]$$

$$= \underbrace{2A \cos\left(-\frac{\pi d}{\lambda}\right)}_{A} \sin\left(2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda} + \frac{\pi d}{\lambda}\right)\right)$$

45)

$m = V \cdot \rho$

$V = r^2 \pi l$

$m \approx 1{,}1197 \cdot 10^{-04}\ kg$

$r = 0{,}00012\ m$

$l = 0{,}33\ m$

$\rho = 7500\ kg/m^3$

$c_{pu} = \sqrt{\frac{lF}{m}}$

$\cancel{\frac{c_m^2 m}{l} = F}$ 651 Hz $\approx 144{,}2344\ N$

660 Hz $147{,}7956\ N$

$\Delta F \approx 3{,}5612\ N$

$F = \frac{c_m^2 \cdot m}{l} = 62{,}84\ N$

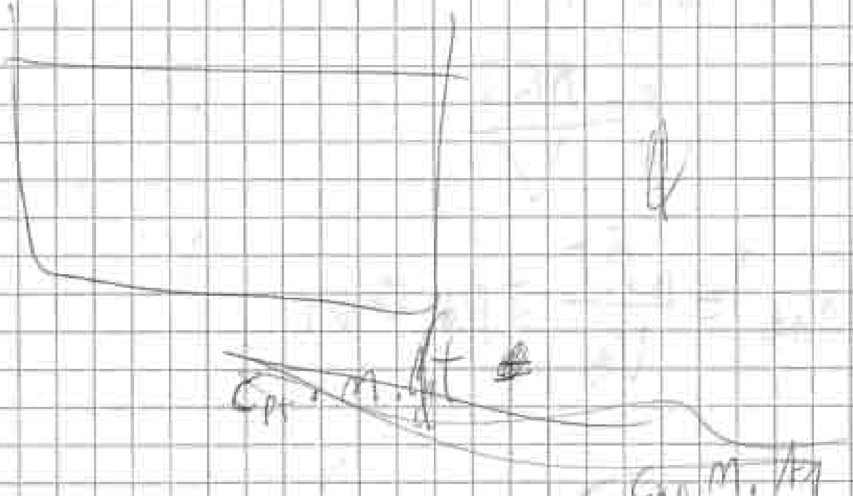
$c_{pu} = \lambda f$

$\frac{\lambda}{2} = l$ $F_2 = 64{,}38\ N$

$2 l f = 433{,}4\ m/s$

$F_2 - F_1 = 1{,}55\ N$

46)



$c_{H_2O} = 4190$

$$c_{pt} \cdot m_p (t_{pec}) + c_{H_2O}\, m_w\, t_1 = (c_{pt}\, m_p + c_{H_2O}\, m_w) \cdot t_2$$

$$\sim 1192{,}22\,°C \Leftarrow t_{pec} = \frac{(c_{pt}\, m_p + c_{H_2O}\, m_w) \cdot t_2 - c_{H_2O}\, m_w\, t_1}{c_{pt} \cdot m_p}$$

4 $\boxed{1}$

$$F_A \geq m_{\ddot{o}ssz}\, g$$

$$m_{\ddot{o}ssz} = m_B + m_N + m_g$$

ballon műszer gáz

$$m_g = V_g\, \rho_g$$

$$F_A = V_g^{(0)}\, \rho_L^{(0)}\, g$$

$$\cancel{g}\, V_{g(0)} \cdot \rho_{L(0)} \geq \left(m_B + m_n + V_{g(0)}\, \rho_{g(0)}\right) \cancel{g}$$

$$V_{g(0)}\, \rho_{L(0)} - V_{g(0)}\, \rho_{g(0)} \geq m_B + N$$

$$V_{g(0)} \geq \frac{m_B + m_n}{\rho_{L(0)} - \rho_{g(0)}}$$

Folytatás

$$p(h) = p_0\, e^{\left(-\frac{\rho_{L0}}{p_0} g h\right)}$$

$$\rho(h) = \rho_0\, e^{(\ldots)}$$

$$pV = nRT$$

$$p = \frac{nRT}{V}$$

$$p(h_{max}) = \frac{nRT}{V_B} = p_0 \exp(\quad)$$

$$\frac{nRT}{p_0 V_B} = e^{(\quad)}$$

$$\ln\left(\frac{nRT}{p_0 V_B}\right) = -\frac{\rho_{L0}}{p_0}\, g h \qquad = h_{max} = \frac{-p_0 \ln\left(\frac{nRT}{p_0 V_B}\right)}{\rho_0\, g}$$

$$(m_B + m_N + \rho_{He} V_{go}) = \rho_e(h) \cdot V_B$$

$$m_B + m_N + \rho_{He} V_{ge} = V_B \ \rho_{el} \cdot e^{\left(-\frac{\rho_{el}}{p_0} g h\right)}$$

$$e^{(\dots)} = \frac{m_B + m_N + \rho_{og} V_{og}}{V_B \cdot \rho_{el}}$$

$$h = -\frac{p_0}{\rho_{eL} \cdot g} \cdot \ln\left(\frac{m_B + m_n + \rho_{0,g} V_{0g}}{V_B \ \rho_{0e}}\right)$$

$V_B = V_0$ at h

$$m_B + m_n + \rho_g(h) \cdot V_B = V_B \ \rho_e(h)$$

$$m_B + m_n = V_B (\rho_{e0} - \rho_{g0}) \cdot \exp(\ , \ )$$

$$-\frac{\rho_{0L}}{p_0} g h = \ln\left(\frac{m_B + m_N}{V_B (\rho_{L0} - \rho_{g0})}\right)$$

$$h_{max} = -\frac{p_0}{\rho_{0L} g} \cdot \ln\left(\frac{m_B + m_n}{V_B(\rho_{e0} - \rho_{g0})}\right)$$

$$h = -\frac{p_0}{\rho_{0L} g} \cdot \ln\left(\frac{m_B + m_n + \rho_{0g} V_{0g}}{V_B \ \rho_{0L}}\right)$$

49)
$\kappa = \frac{7}{5}$ $\quad T \cdot V^{\kappa-1} = const$

$$T_1 \cdot V_1^{\kappa-1} = T_2 V_2^{\kappa-1}$$

$$\frac{T_1 \cdot V_1^{\kappa-1}}{V_2^{\kappa-1}} = T_2$$

$T_1 = 293K$ $\quad 293 \cdot \frac{V_1^{\frac{2}{5}}}{\left(\frac{V_1}{30}\right)^{\frac{2}{5}}} = 293 \cdot 30^{\frac{2}{5}} = \underline{\underline{1142K}}$

$V_2 = \frac{V_1}{30}$

50) $O_2 \to 32u$

$CO_2 \to 44u$

$N_2 \to 28u$

$28\frac{6}{10} + 44\frac{2}{10} + 32\frac{2}{10} = 32\,g/mol$

$28 \cdot 60 = 1680$ $\quad 52,5\%$ Masse

$44 \cdot 20 = 880$ $\quad 27,5\%$

$32 \cdot 20 = 640$ $\quad O_2$ 20% Masse

3200

$pV = nRT$ $\quad 273°$

75400 Pa $\quad 1,0\,m^3$

$n = 3,3059\,kmol\ O_2$

$m = 32 \cdot 3,3 = 105\,kg$

52) $p \cdot V = nRT$

$p = \frac{nRT}{V}$

He : 4u $\quad 4 \quad 4$

H : 1u $\quad 10 \quad 10$

$-$ 0,004 kmol

$4\,He : 5\,H_2$

0,005 kmol

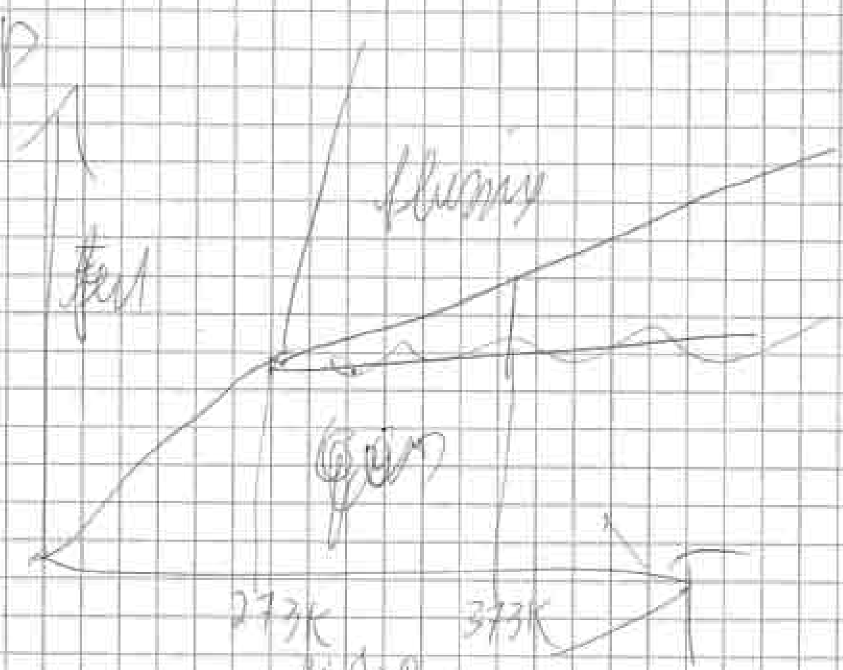
0,004 kmol Partialdruck von H ...

53)

$$\eta = 1 - \frac{T_K}{T_W} = 1 - \frac{280}{350} = 0{,}2$$

$\cancel{\frac{P}{\dot{Q}_Z}, \dot{Q}_{180} \cdot (350 - 280) = 1{,}465 \cdot 10^4 \,J}$

$\frac{1}{0{,}2} \rightarrow \quad 5W$



(49) Adiabadische Kompression in Dieselmotor

(Kompressionsverhältnis: 30 ; Ausgangsdruck: 1-bar ; -temp.: 20°c)

adiabadische Prozesse: System tauscht keine Wärme mit seiner Umgebung aus → Vol.-/Druck-Änderungen gehen innerhalb eines begrenzten Volumens so schnell vor sich, dass der Wärmeaustausch vernachlässigt werden kann.

Erster Hauptsatz: $dU = dQ - p\,dV$

spezifische Molwärme

kein Wärmeabgabe

bei ~~V=const~~: $dQ = 0 \Rightarrow dU = \cancel{dQ} = C_V \cdot dT = -p \cdot dV$

Zustandsglg. idealer Gase: $p \cdot V = R \cdot T$

$$p = \frac{RT}{V}$$

$$\Rightarrow C_V\, dT = -\frac{RT}{V}\, dV$$

$$C_V \frac{dT}{T} = -R \frac{dV}{V} \qquad \Big| \int$$

$$C_V \cdot \ln T = -R \cdot \ln V + \text{const}$$

[Spez. Molwärme bei konst. Druck: $c_p = c_V + R$

$$R = c_p - c_V$$

$$\Rightarrow \ln\left(T^{c_V} \cdot V^{R}\right) = \text{const.}$$

$$T^{c_V} \cdot V^{(c_p - c_V)} = \text{const.} \qquad \Big| \sqrt[c_V]{}$$

Adiabatenindex: $K = \frac{c_p}{c_V}$

$$\boxed{\begin{aligned} T \cdot V^{K-1} &= \text{const.} \\ p \cdot V^{K} &= \text{const.} \end{aligned}}$$

$T = \frac{pV}{R}$

für Luft: $K \approx \frac{7}{5}$

$$T_1 \cdot V^{K-1} = T_2 \cdot \left(\frac{V}{30}\right)^{K-1}$$

$T_1 = 20° + 273° = 293\,K$

$$293 \cdot \cancel{V^{2/5}} = T_2 \cdot \cancel{V^{2/5}} \cdot 30^{-2/5}$$

$$T_2 = 1142\,K \mathrel{\hat{=}} \underline{\underline{869\,°c}}$$

48 ② $\Rightarrow h_{MAX} = -\frac{p_0}{\rho_0 g} \ln \frac{m}{V_B(\rho_0 - \rho_4)}$

A: Der offene steigt ein weniges höher!

$h_{max}^{(2)} \geq h_0$

$h_{max}^{(2)} \geq h_{max}^{(1)}$

... Äquivalenzumformen $\Rightarrow$ Steigebed. 47.1

(46) $T_0 = 10°C$

$T_2 = 12°C$

$m_W = 1\,kg$

$c_W = 4180\ J/kg\,K$

$c_p = 130\ J/kg\,K$

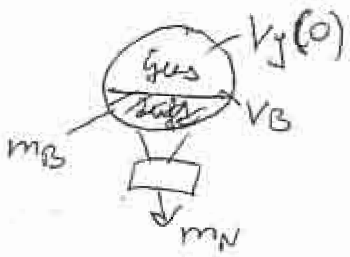
$T_1 = ?$

$\Delta Q_p = m_p \cdot c_p (T_1 - T_2)$ Wärmefluss der von der Kugel weggeht

$T_1 = \frac{m_W \cdot c_W}{m_p \cdot c_p} \cdot (T_1 - T_0)\,T_2$ und den das Wasser bekommt

$\underline{\underline{T_1 = 186°C}}$

(47) $\rho_g < \rho_L$



$m_g = V_g \cdot \rho_g$

$$\boxed{F_A \geq m_{ges} \cdot g}$$

$m_{ges} = m_B + m_N + m_g$

$F_A = V_g^{(0)} \rho_L(0)$

$\cancel{g}\, V_g(0)\, \rho_L(0) \geq (m_B + m_N + V_g(0)\, \rho_g(0))\, \cancel{g}$

$V_g(0)\, \rho_L(0) - V_g(0)\, \rho_g(0) \geq m_B + m_N$

$V_g(0) \geq \frac{m_B + m_N}{\rho_L(0) - \rho_g(0)}$

$V_g(h_B) = V_B$

Bei welcher Höhe nimmt das Gas, die gesamten Balon~~...~~ Volumen / dichte

brauchen Höhenformel

1) $p_L(h) = p_L(0)\, e^{-\rho_L(0) g h / p_L(0)}$

2) $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2$

$p_g(0) V_g(0) = p_g(h) V_g(h)$

$V_g(h) = \frac{p_L(0)}{p_L(h)} V_g(0)$

$V_B = V_g(0)\, e^{\rho_L(0) g h / p_L(0)}$

$\ln V_B = \ln V_g(0) + \frac{\rho_L(0) g h}{p_L(0)}$

$$h = \frac{(\ln V_B - \ln V_g(0)) \cdot p_L(0)}{\rho_L(0)\, g}$$

(48)  $A = F$

① m $V_g \rho_L \cancel{g} = (m + m_g) \cancel{g}$ V_g ... wie weit er sich ausdehnt

$\rho_L(h) = \rho_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0 g h}{p_0}}$

$h = -\frac{p_0}{\rho \cdot g} \cdot \ln \frac{\rho_g(0) \cdot V_B(0)}{\rho_0 V_B}$

zu zeigen $h_{MAX}^{(1)} \geq h_B$

② $p_g(h) = p_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0 h g}{p_0}}$

$\rho_g(h) = \rho_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0 g h}{p_0}}$

$A = F_g$ Dichte hoch

$\rho_L \cdot V_B \cdot \cancel{g} = \rho_g \cdot e^{-\frac{\rho_0 g h}{p_0}} \cdot V_B \cdot \cancel{g}$

⇒ weiter

44) $f_1(x,t) = A \cdot \sin\left(2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda}\right)\right)$ A… Amplitude

$f_2(x,t) = A \cdot \sin\left(2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda} + \frac{d}{\lambda}\right)\right)$ λ… Wellenlänge

eine harmonische Welle, wandernd

$v_{ph1} = f_1'(x,t) = A \cdot \cos\left(2\pi\left(\nu - \frac{x}{\lambda}\right)\right) \cdot (-1)$

Add. th: $\sin x_1 \pm \sin x_2 = 2 \sin \frac{x_1 \pm x_2}{2} \cdot \cos \frac{x_1 \mp x_2}{2}$

$f_r = f_1 + f_2 = A \cdot \left[2 \sin \frac{2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda}\right) + 2\pi\left(\nu - \frac{x}{\lambda} + \frac{d}{\lambda}\right)}{2}\right.$

$\left.\cos \frac{2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda}\right) - 2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda} + \frac{d}{\lambda}\right)}{2}\right]$

vereinfacht $= 2A \sin\left(\pi\left(2\nu t - \frac{x}{\lambda}2 + \frac{d}{\lambda}\right)\right) \cdot \cos\left(\pi\left(-\frac{d}{\lambda}\right)\right) =$

$= 2A \sin\left(\pi\left(2\nu t - 2\frac{x}{\lambda} + \frac{d}{\lambda}\right)\right) \cdot \cos\left(-\pi\frac{d}{\lambda}\right)$

$= 2A \cos\left(-\pi\frac{d}{\lambda}\right) \sin\left(2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda} + \frac{d}{2\lambda}\right)\right) =$

$= \underbrace{2A\cos\left(-\frac{kd}{2}\right)}_{\text{neue Amplitude}} \cdot \underbrace{\sin\left(\omega t - kx + \frac{kd}{2}\right)}_{\text{gleiche Frequenz } \omega \text{. neue Phase}}$

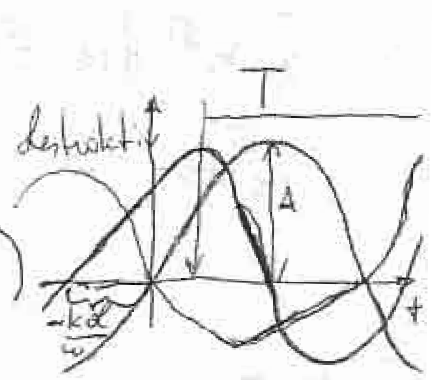
~~Amplitude verschw. …, wenn der cos~~

⇒ Auslöschung $\frac{kd}{2} = \frac{(2m+1)\pi}{2}$ $m \in \mathbb{Z}$ T. Periodendauer zu 2 A

größte Ausdehnung $\frac{kd}{2} = m\pi$ $m \in \mathbb{Z}$

Überlagung: $f_1(x=0,t) = A\sin\omega t$

$f_2(x=0,t) = A\sin(\omega t + kd)$



~~Ausgang $p=1\,bar$ $T=25°C$~~

~~$k=50 \Rightarrow \Delta V = 30$~~

$\omega t + kd = 0 \Rightarrow t = -\frac{kd}{\omega}$

vollständige Auslöschung $\frac{kd}{\omega} = \frac{\pi}{\omega}$

$$\frac{kd}{\omega} = m\frac{2\pi}{\omega}$$

$f(t) = \sin \omega t = \sin(\omega t + 2\pi) = \sin\left(\omega\left(t + \frac{2\pi}{\omega}\right)\right)$ $\quad f(x+\lambda) = f(\ )$

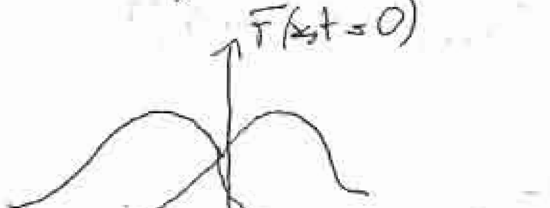
$f(t) = f(t+T) \qquad t = \frac{2\pi}{\omega}$

$\vec{\text{U}}$berlagerung: $f(x,t) = A \cdot \sin(\omega t - kx)$ wandernde harmonische Wellen

$$\frac{\partial^2 \mu}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 \mu}{\partial t^2} \qquad \mu(x,t) = F(x-vt) + G(x+vt)$$

$$\left.\begin{aligned} \xi &= x - vt \\ \eta &= x + vt \end{aligned}\right\} \frac{\partial^2 \mu}{\partial \xi\, \partial \eta} = 0 \Rightarrow \mu(\xi,\eta) = F(\xi) + G(\eta)$$

$F(x, t=0)$



Auslenkung zur Zeit $t=0$ an der Stelle $\tilde{x}$

$x - v \cdot 0 = \tilde{x} - vt \Rightarrow \tilde{x} = x + vt$

$f(x,t) = f\left(x - \frac{\omega}{k} t\right)$

$\Rightarrow \left[v_{PH} = \frac{\omega}{k} = \frac{2\pi\nu}{\frac{2\pi}{\lambda}} = \nu \cdot \lambda\right]$

$F(x-vt)$ Welle, die mit v nach rechts wandert

$G(x+vt)$ links

45 $l = 0{,}33\,m$

$r = 0{,}12\,mm = 1{,}2 \times 10^{-4}\,m$

$f_1 = 652\,Hz$

$f_2 = 660\,Hz$

$\lambda = 2l$ für die Grundschwingung

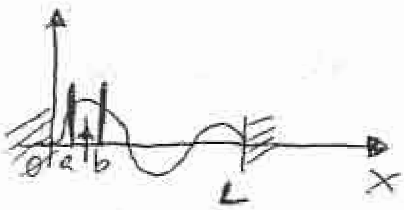
$f = \frac{c_1}{\lambda} = 652\,Hz = \frac{c_1}{0{,}66\,m}$

$\Rightarrow c_1 = 430{,}32\,ms^{-1}$

$\pi r^2 \cdot l \Rightarrow m = 1{,}12 \times 10^{-4}\,kg$

$c = \sqrt{\frac{lF}{m}} \Rightarrow F = \frac{c^2 m}{l} \Rightarrow$ F … mit der sie gespannt ist

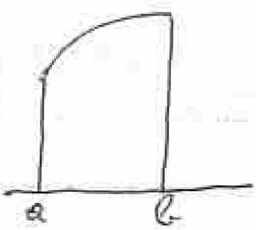
$$\left.\begin{array}{l} F_1 = 62{,}85\,N \\ F_2 = 64{,}40\,N \end{array}\right\} \Delta F = \underline{1{,}55\,N}$$



transversale Auslenkung

$\mu(x,t)$

λ … Linienmassendichte $[\lambda] = \frac{kg}{m}$



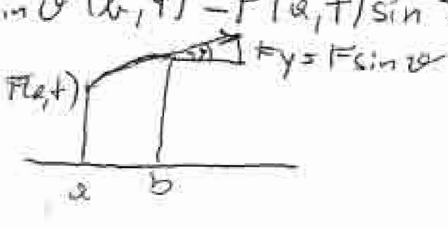
$x_S = \frac{b-a}{2}$

$y_S = \frac{\lambda_a \int_a^b \mu(x,t)\,dx}{\lambda(b-a)} = \frac{1}{b-a} \int_a^b \mu(x,t)\,dx$

$\vec{r}_S = \frac{\int \rho(\vec{r})\vec{r}\,d^3r}{\int \rho(\vec{r})\,d^3r}$

$\lambda(b-a) \frac{d^2}{dt^2} \frac{1}{b-a} \int_a^b \mu(x,t)\,dx = F_y(b,t) - F_y(a,t) =$

$F(b,t) \sin\vartheta(b,t) - F(a,t) \sin\vartheta(a,t)$



MWS $\int_a^b f(x)\,dx = f(x)(b-a)$

Differenzenquotient

$$\frac{d^2}{dt^2}\cdot\cancel{\frac{1}{b-a}}\, u(x,t)\,\cancel{(b-a)} = \frac{F(b,t)\sin\vartheta(b,t) - F(a,t)\sin\vartheta(a,t)}{b-a}$$

$$\frac{f(x+h)-f(x)}{h} \xrightarrow{h\to 0} f'(x) \qquad |b-a|\to 0$$

$$\tan\vartheta = \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$\lambda\frac{\partial^2}{\partial t^2}u(x,t) = \frac{\partial}{\partial x}F(x,t)\underbrace{\sin\vartheta(x,t)}_{\frac{\tan\vartheta}{\sqrt{1-\sin^2\vartheta}}}$$

$F(x,t)\approx F_0$

$$= \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{F(x,t)\frac{\partial u}{\partial x}}{\sqrt{1-\underbrace{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2}_{\sim 0}}}\right.$$

$$\lambda\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = F_0\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

$$\to v = \sqrt{\frac{F_0}{\lambda}} = \sqrt{\frac{F_0}{\frac{m}{l}}} = \sqrt{\frac{F_0 l}{m}}$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$