Hinweis

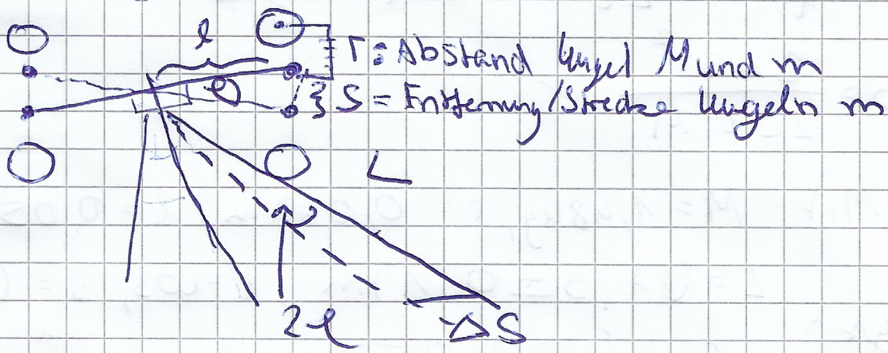
Die vorliegende Lösung wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde diese Lösung von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt und eingereicht. Bei allem in einer anderen Farbe als dem üblichen Blau handelt es sich in der Regel um Korrekturen von mir oder des Tutors. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:
https://www.physics-and-stuff.com/

Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit der vorliegenden Lösungen! Dies gilt ebenso für obengenannte Korrekturen.

Physik 1 Blatt 5 [redacted], Marvin Zanke

28/30

1) a)



$F_G = G\frac{mM}{r^2}$ Da Gleichgewicht zwischen Anziehung der Kugeln und Rückstellmoment der Drehwaage:

Drehmoment: $F_D' = -F_G \Rightarrow F_D = F_G$

Nun Kugeln vertauscht, Kraft F wirkt nun von einer der Kugeln m in die Richtung von Position 2, mit $F = F_G + F_D = 2F_G = 2G\frac{mM}{r^2}$

Da Kugeln mit Beschleunigung a beschleunigt werden (drehen sich im „freien Fall" zu ...) folgt $F = ma$.

$\Rightarrow ma = 2G\frac{mM}{r^2} \Leftrightarrow G = \frac{ar^2}{2M}$

$\Rightarrow G = \frac{ar^2}{2M}$, gesucht also noch a.

Da φ der Änderungswinkel ist, folgt durch Eingangsw. = Ausgangswinkel, dass der Strahl um 2φ abgelenkt wird. Wegen den bloß kleinen Winkeln und Strecken kann man vereinfacht die Länge L (Abstand vom Schirm) als konstant bzgl. des Lichtstrahls ansehen, außerdem $\tan(\alpha) \approx \alpha$, $\sin(\alpha) \approx \alpha$ für α sehr klein.

$\Rightarrow \tan(2\varphi) = \frac{\Delta S}{L} \Leftrightarrow \varphi = \frac{\tan^{-1}(\frac{\Delta S}{L})}{2} \approx \frac{\Delta S}{2L}$

$\sin(\varphi) = \frac{s}{l} \Leftrightarrow \varphi = \sin^{-1}(\frac{s}{l}) \approx \frac{s}{l}$

$\Rightarrow s = l\varphi = \frac{l\Delta S}{2L}$. Da beschleunigte Bewegung folgt mit $\frac{1}{2}at^2 = s$, dass

$$a = \frac{2s}{t^2} = \frac{\ell \Delta s}{L t^2}$$. Damit insgesamt:

$$G = \frac{\ell \Delta s r^2}{2 L t^2 M}$$. ✓

b) Mit $M = 1{,}48\,kg$, $r = 0{,}047\,m$, $\ell = 0{,}05\,m$,

$L = (27{,}5 \pm 0{,}1)\,m$, $t = 60\,s$, $s = (0{,}16 \pm 0{,}02)\,m$

folgt:

$$G = 6{,}0305770031 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg\,s^2}$$

Gaußsche Fehlerfortpflanzung:

$$\Delta G = \sqrt{\left(\frac{\partial G}{\partial L} \Delta L\right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial s} \Delta s\right)^2}$$ mit $\frac{dG}{dL} = -G \cdot L^{-1} = -\frac{G}{L}$

und $\frac{dG}{d(\Delta s)} = \frac{G}{\Delta s}$ folgt

$$\Delta G = \sqrt{\left(\frac{-G}{L} \Delta L\right)^2 + \left(\frac{G}{\Delta s} \Delta(\Delta s)\right)^2}$$

$$\approx 7{,}541 \cdot 10^{-13} \frac{m^3}{kg\,s^2}$$ Damit insgesamt:

$$G \approx \left((6{,}0306 \pm 0{,}7541) \cdot 10^{-11}\right) \frac{m^3}{kg\,s^2}$$

$$= \left(6{,}0306 \cdot 10^{-11} \pm 0{,}7541 \cdot 10^{-12}\right) \frac{m^3}{kg\,s^2}$$

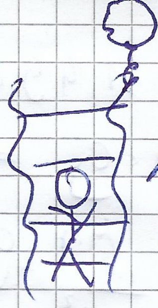
c) - Rechenfehler bzw. Rundungen: Annahme, dass $\tan\alpha \approx \alpha$ und $\sin(\alpha) \approx \alpha$ => Formel genauer aufstellen
- Abstand L zum Schirm wurde vereinfacht als konstant angesehen, damit tangens anwendbar.
  => Schirm als Halbkreis aufbauen, damit Distanz immer L ist.
- Beim sin wurde ein rechter Winkel angenommen obwohl dort keiner ist zur Hebelachse => Mehr Messwerte nehmen
- Länge der Zeitmessung zu kurz für Gleichgewicht oder ungenau.
- Es wirken noch Reibungskräfte, welche die wirkenden Kräfte abfälschen => Isolieren

sehr schön

12/12

7) a) Masse Mann = M

Masse Ballon = m



↑ $\vec{p}$ ($\vec{v}$)

Der Ballon bewegt sich mit Geschwindigkeit $-|\vec{V}|$ und entgegengesetzt, also $\vec{v}_B = -\vec{V}$, weil ein entgegengesetzt Kraft in entgegengesetzt Richtung nach dem 3. Newtonschen Axiom existiert. (Impulserhaltung).

nicht ganz, die Massen spielen noch eine Rolle

b) Der Ballon ruht dann bzgl. des Bodens, und zwar in genau der Position, wo der Mann ihn durch seine vorige Bewegung hingebracht hat, weil in dem System $\sum_{i=1}^{N} F_i$ gelten muss ✓

3/5

3) 8,3 Lichtminuten $\hat{=}$ $1{,}494 \cdot 10^{11}$ m $= r_A$ (Abstand Erde – Sonne)

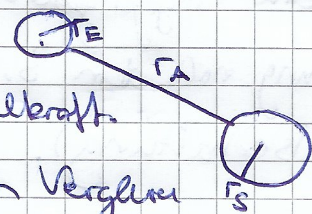
$F_G = G \frac{m \cdot m_E}{r_E^2} = m \cdot g \Rightarrow g = G \cdot \frac{m_E}{r_E^2}$

$\Leftrightarrow m_E = \frac{g r_E^2}{G}$. Mit $g = 9{,}81 \frac{m}{s^2}$, $r_E = 6371$ km

$G = 6{,}673 \cdot 10 \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$ folgt für $m_E = 5{,}967 \cdot 10^{24}$ kg ✓

Umlaufzeit T_E der Erde um die Sonne: 365 Tage

$\Rightarrow T_E = 31.536.000$ s



Die Gravitationskraft wirkt als Zentripetalkraft.

Da der Radius der Sonne und Erde im Vergleich zum Abstand vernachlässigbar klein sind, lassen wir diese aus der Rechnung weg. (r_S ist nicht gegeben).

$F_S = F_Z \Leftrightarrow m_E \cdot \frac{v^2}{r_A} = G \frac{m_S m_E}{r_A^2} \Leftrightarrow m_S = \frac{r_A v^2}{G}$

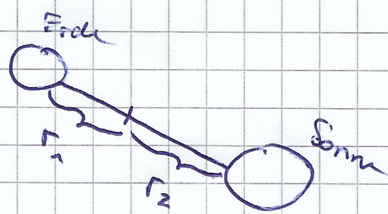
Da $F_Z = m \frac{v^2}{r} = m r \omega^2$ mit $\omega = \frac{v}{r} \left[= \frac{2\pi}{T}\right]$ folgt

$m_S = \frac{r_A v^2}{G} = \frac{r_A^3 \omega^2}{G}$ und $\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow m_S = 1{,}9837 \cdot 10^{30}$ kg ✓

Gesucht: „Stelle" wo $F_E = F_S$ (auch hier vernachlässigen wir $r_S << r_A$, $r_E << r_A$)

$F_E = F_S \Leftrightarrow G \frac{m_E m}{r_1^2} = G \frac{m_S m}{r_2^2}$

$r_2 = r_A - r_1$



$\Leftrightarrow \frac{m_E}{r_1^2} = \frac{m_S}{r_2^2} \Leftrightarrow r_1^2 = \frac{m_E}{m_S} r_2^2$

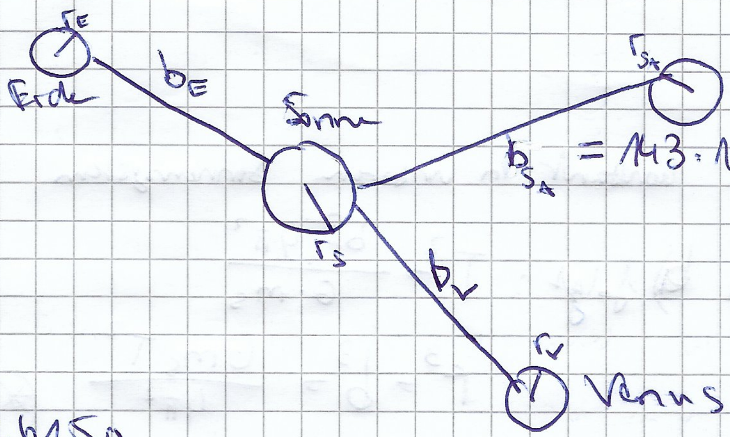
$\Leftrightarrow r_1 = \sqrt{\frac{m_E}{m_S}} r_2 \Leftrightarrow r_1 = \sqrt{\frac{m_E}{m_S}} (r_A - r_1) \Leftrightarrow r_1 \left(1 + \sqrt{\frac{m_E}{m_S}}\right) = \sqrt{\frac{m_E}{m_S}} r_A$

$\Leftrightarrow r_1 = \frac{\sqrt{\frac{m_E}{m_S}}}{1 + \sqrt{\frac{m_E}{m_S}}} r_A \Leftrightarrow r_1 = \left(1 - \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{m_E}{m_S}}}\right) r_A$

$\Rightarrow r_1 = 258665226{,}1$ m $\hat{=}$ $258665{,}2261$ km von der Erde weg richtung Sonne. ✓

7/7

4 | a)



(Die Aufgabe kann man alternativ mit dem 3ten Kepl. Gesetz lösen, $\frac{T^2}{R^3} = C$ und C mittels T=365 Tage $R = 1,5 \cdot 10^{10}$ m errechnen)

$T = 0{,}615\,a$

$= 19394640\,s$ Gravitationskraft als Zentripetalkraft.

$$F_Z = F_S \iff m_V\, b_V\, \omega^2 = G\,\frac{m_S m_V}{b_V^2}$$

$$\iff b_V \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = G\,\frac{m_S}{b_V^2} \iff b_V^3 = \frac{G m_S}{\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2}$$

(m_S aus 3.) $\iff b_V = \sqrt[3]{\frac{G m_S T^2}{4\pi^2}} = 108 \cdot 10^9\,m = 108.000.000\,km$ ✓

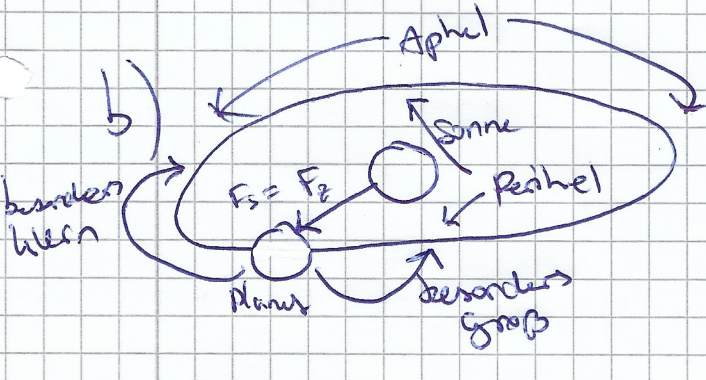
$b_{Sa} = 143 \cdot 10^{10}\,m$ $\quad F_S = F_Z \iff G\,\frac{m_S m_{Sa}}{b_{Sa}^2} = m_{Sa}\, b_{Sa} \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$

(m_S aus Aufg. 3) $\iff G m_S = b_{Sa}^3 \frac{(2\pi)^2}{T^2} \iff T^2 = \frac{b_{Sa}^3 \cdot 4\pi^2}{G \cdot m_S}$

$\Rightarrow T = 933867723{,}4\,s \mathrel{\hat{=}} 29{,}61$ Jahre ✓

M: 29,4 a

b)



$$m\,\frac{v^2}{r} = G\,\frac{m\, m_S}{r^2}$$

$$\iff v = \sqrt{G\,\frac{m_S}{r}}$$

Am nähesten Punkt an der Sonne ist der Planet am schnellsten. ✓

Dort tritt die größte Gravitationskraft auf und damit auch Beschleunigung.

c) $\frac{T^2}{R^3} = C$, C konstant in unserem Sonnensystem.

Aus Aufgabenteil a) folgt: $T^2 = \frac{b^3 \cdot 4\pi^2}{G \cdot m_s}$

$$r^3 = b^3 = \frac{G m_s T^2}{4\pi^2} \quad (*)$$

$$(*) \Longleftrightarrow 4\pi^2 r^3 = G m_s T^2 \Longleftrightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G m_s}$$

~~7/7~~
6/6

Alles richtig,

Gruß [redacted]