

Klausur zum Physikalischen Grundpraktikum Teil I  
im Wintersemester 2009/10

#	Pkt
1	16,5
2	14
3	9P.
4	6,5
$\Sigma$	46

Name:	Julian Bergmann
Matrikelnr.:	1012877

Bitte nur die verteilten Klausurseiten für Antworten benutzen !

Für weitere Ersatzseiten bitte an die Aufsicht wenden.

## 1 Zu Projekt 1.1: Statistik

Einige deutsche Fußballmannschaften haben sich entschieden, ein Benefizturnier zu Gunsten der Ausstattung des physikalischen Grundpraktikums in Gießen zu veranstalten.

1. Bitte nutzen sie für diesen Aufgabenteil die **Binomialverteilung**.

Eintracht Frankfurt gewinnt mit einer Wahrscheinlichkeit von 60% ein Spiel.

- Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie genau 2 von 3 Spielen gewinnen? (3 Punkte) 2
- Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie genau 1 von 3 Spielen gewinnen? (3 Punkte) 2
- Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie genau 1 oder genau 2 der 3 Spiele gewinnen? (2 Punkte) 2

2. Bitte nutzen sie für diesen Aufgabenteil die **Poissonverteilung**.

Das Eintracht Frankfurt das Turnier gewinnt, steht zum Ende hin schnell fest und die Fans der anderen Mannschaften verlassen frustriert das Stadion. Durchschnittlich verlässt alle 10 Sekunden ein Fan das Stadion, d.h. pro Minute im Durchschnitt 6 Fans.

- Was sind Erwartungswert und Varianz bei der Poissonverteilung? (2 Punkte) 2
- Wann ist es gerechtfertigt die Poissonverteilung als Näherung an die Binomialverteilung zu verwenden? (2 Punkte) 2
- Berechnen Sie das Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten  $p_1$  und  $p_2$ , wobei  $p_1$  die Wahrscheinlichkeit ist, dass in einer Minute nur 2 Personen das Stadion verlassen, und  $p_2$  die Wahrscheinlichkeit ist, dass in einer Minute 7 Person das Stadion verlassen. Anleitung: Setzen Sie für  $p_1$  und  $p_2$  die Poissonverteilung an. Komplizierte numerische Terme kürzen sich dann beim Verhältnis heraus. (4 Punkte) 3

3. Schreiben Sie die Formel für die Wahrscheinlichkeit  $P(x)$  für die Normalverteilung hin. Benennen Sie alle Parameter. Was sind Erwartungswert und Varianz bei der Normalverteilung?

(4 Punkte) 3,5

16,5

Nr. 1

1)  $P(x) = \binom{n}{x} \cdot p^x \cdot q^{n-x}$        $V(x) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$

•  $P_2 = \binom{3}{2} \cdot 0,6^2 \cdot 0,4^1 = \frac{3!}{2! \cdot 1!} \cdot 0,36 \cdot 0,4 = 3 \cdot 0,144 = 0,432 = 43,2\%$

•  $P_1 = \binom{3}{1} \cdot 0,6^1 \cdot 0,4^2 = 3 \cdot 0,6 \cdot 0,16 = 0,288 = 28,8\%$

$$\frac{36 \cdot 16}{216} = \frac{576}{216} = 2,666... = 266,6\%$$

•  $P_{1,2} = P_2 + P_1 = 43,2\% + 28,8\% = 72\%$  (✓)

2)  $P(x) = \frac{a^x}{x!} e^{-a}$  ,  $a = np$

•  $V(x) = \langle x \rangle = np$  (hier 6)

• Bei großen  $n$  und sehr kleinen  $p$ , sodass  $np$  klein ist!

•  $a = 6 \Rightarrow P_1 = \frac{6^1}{1!} e^{-6}$  ,  $P_2 = \frac{6^2}{2!} e^{-6}$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{6^1 \cdot 7! \cdot e^{-6}}{6^2 \cdot 2! \cdot e^{-6}} = \frac{7!}{6 \cdot 2} = \frac{7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1}{12} = \frac{7 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3}{6}$$

3)  $P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma(x)} e^{-\frac{(x - \langle x \rangle)^2}{2 \sigma(x)^2}} - 0,5$

$\sigma(x)$ : Standardabweichung von  $x = \sqrt{V(x)}$

$\langle x \rangle$ : Erwartungswert von  $x = np$

$V(x)$ : Varianz von  $x = npq$

## 2 Zu Projekt 1.4A: Torsionsmodul

Ein Torsionspendel besteht aus einem Metallzylinder, aufgehängt an einem Metalldraht. Es wird um einen Anfangswinkel  $\varphi_0$  ausgelenkt, losgelassen und beginnt zu schwingen. Das Direktionsmoment betrage  $D=50 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$ . Das Trägheitsmoment beträgt  $I=2 \text{ kg m}^2$ .

- Wie ist ein Drehmoment definiert, und was ist der physikalische Zusammenhang zwischen Drehmoment und Direktionsmoment? (2 Punkte) 1
- Wie ist ein Trägheitsmoment definiert, und was ist der physikalische Zusammenhang zwischen Drehmoment und Trägheitsmoment? (2 Punkte) 1
- Mit welcher Kreisfrequenz  $\omega$  schwingt das Torsionspendel? (6 Punkte) 2  
Stellen Sie die Differentialgleichung auf. Anmerkung: Nutzen Sie das Gleichgewicht der Drehmomente. Schreiben Sie die Lösung für die Schwingung, d.h. die Winkelamplitude  $\varphi(t)$  hin. Dann setzen Sie die Zahlenwerte ein und berechnen  $\omega$ . Vernachlässigen Sie dabei die Reibung. JK
- Nun wird der Metallzylinder durch einen anderen Metallzylinder mit gleicher Masse, aber grösserem Radius ausgetauscht. Wird die Torsionsschwingung schneller oder langsamer? Begründen Sie Ihre Antwort. (4 Punkte) 4
- Das Trägheitsmoment habe einen Fehler von  $\Delta I=0,4 \text{ kg m}^2$ , das Direktionsmoment sei fehlerlos. Wie groß ist der Fehler (Standardabweichung) der Schwingungsfrequenz? (6 Punkte) 6  
Anmerkung: Nutzen Sie die Formel für Fehlerfortpflanzung (obwohl es nur eine fehlerbehaftete Größe gibt).

Nr 2

~~Nr 1~~

Drehmoment  $M = \text{Kraft } F \cdot \text{Hebelarm } s$   
 Drehmoment ist das durch die Torsion des Drahtes  
~~übertragenes moment ist die übertragungsfähigkeit~~ wirkende  
 des Drehmomentes in die Rotation Drehmoment.

• Trägheitsmoment:  $I = \sum m = \int r^2 dm$

Trägheitsmoment ist die Starrheit des Körpers gegen ein Drehmoment bzw. Rotationsbewegungsänderung.

•  $\varphi(t) = \varphi_0 \sin(\omega t)$ ,  $\omega = \sqrt{\frac{D}{I}} = \sqrt{\frac{50 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \text{ kgm}^2}} = 5 \text{ Hz}$  (2)

$I \alpha + \omega \varphi = 0 \Rightarrow \varphi(t) = \varphi_0 \sin(5 \text{ Hz} \cdot t)$

• Das Trägheitsmoment eines Zylinders um seine mittlere Achse ist def. durch  $I = \frac{1}{2} m R^2$ .  
 Bleibt  $m$  nun gleich bei größerem  $R$ , ist  $I$  auch größer.

Da das Trägheitsmoment die Trägheit des Zylinders in der Rotationsbewegung widerspiegelt, wirkt ein Drehmoment weniger auf den Körper bezüglich der Rotationsbeschleunigung.

Somit sollte sich die Schwingungsfrequenz  $\omega = \sqrt{\frac{D}{I}}$  bei konstantem  $D$  und größerem  $I$  verringern. Damit schwingt der Zylinder langsamer bei größerem Radius.

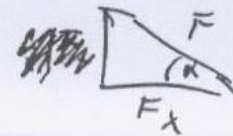
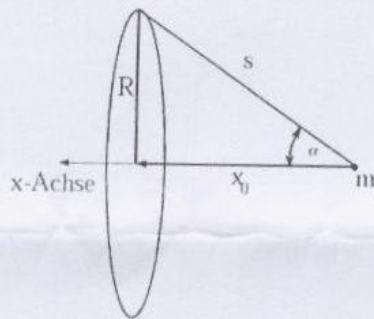
•  $\Delta \omega = \sqrt{\left(\frac{d\omega}{dI} \Delta I\right)^2} = \left|\frac{d\omega}{dI} \Delta I\right| = \sqrt{D} \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{I^3}} \Delta I = \sqrt{\frac{D}{4I^3}} \Delta I$   
 $= \sqrt{\frac{50 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}}{4 \cdot (2 \text{ kgm}^2)^3}} \cdot 0,4 \text{ kgm}^2 = \sqrt{\frac{25}{16}} \frac{1}{5 \text{ kgm}^2} \cdot 0,4 \text{ kgm}^2$   
 $= \left(\frac{5}{4} \cdot 0,4\right) \text{ Hz} = 0,5 \text{ Hz}$  ✓

6P

### 3 Zu Projekt 1.4B: Gravitationskonstante

Ein Ring mit Radius  $R$  und Gesamtmasse  $m_2$  befindet sich im Abstand  $x_0$  von einer Punktmasse  $m_1$ . (siehe Skizze).

- Wie groß ist die Kraft  $F$ , die auf die Punktmasse wirkt. (3 Punkte) 2
- Wie groß sind  $F_x$  und  $F_y$ , die x- und y-Komponenten der Kraft. Formen Sie das Ergebnis so weit um, dass die Strecke  $s$  und der Winkel  $\alpha$  nicht mehr auftaucht. Hinweis: Nutzen Sie Pythagoras und trigonometrische Funktionen. (3 Punkte) 2,5
- Berechnen Sie  $F_x$  als Näherung für die beiden Einzelfälle (a) Punktmasse in Zentrum des Rings und (b) Punktmasse in weiter Entfernung des Rings ( $x_0 \rightarrow \infty$ ). (2 Punkte) 2
- Ersetzen Sie den Ring durch eine Punktmasse mit der gleichen Masse  $m_2$  im Abstand  $x_0$  der Punktmasse  $m_1$ . Ist die Kraftkomponente  $F_x$  größer oder kleiner als im Falle des Rings? (2 Punkte) 1,5
- Berechnen Sie das Trägheitsmoment des Ringes bzgl. der x-Achse. (2 Punkte) 1



$$\frac{x_0}{s} = \cos(\alpha) \quad 0,5$$

$$\frac{\cos(\alpha)}{x_0} = \frac{1}{s}$$

Figure 1:

9P  
III

Nr. 3

- $F = G \frac{m_1 m_2}{x_0^2} = 1$ ,  $s = \sqrt{x_0^2 + R^2} \Rightarrow F = G \frac{m_1 m_2}{x_0^2 + R^2} = 1$
- $F_x = F \cos(\alpha) = \sqrt{F^2 - F_y^2} = G \frac{m_1 m_2}{x_0^2 + R^2} \cdot \cos(\alpha) = G \frac{m_1 m_2}{s^2} \cdot \cos(\alpha) = 1$
- $F_y = F \sin(\alpha) = 0$ , da sich die Kräfte in y-Richtung gegenseitig aufheben, da der Anziehung eines Punktes des Ringes die Kraft des gegenüberliegenden Punktes entgegenwirkt.
- a)  $F_x = F \cdot \cos(90^\circ) = 0 \text{ N} = 1$
- b)  $F_x = F \cdot \cos(0^\circ) = G \frac{m_1 m_2}{x_0^2} \lim_{x_0 \rightarrow \infty} G \frac{m_1 m_2}{x_0^2 + R^2} \cos(0^\circ) = 0 \text{ N} = 1$
- $F_x$  ist größer, da die vollständige Kraft der Anziehung zum Ringmittelpunkt zieht und keine y-Komponente mehr vorhanden ist. 1,5
- $I = m R^2 = 1 \Leftrightarrow I = \int r^2 dm$
- \* Fortsetzung  $F_x = \frac{G m_1 m_2 \cos(\alpha)}{(\frac{R^2}{x_0} + x_0) x_0} = \frac{G m_1 m_2}{(\frac{R^2}{x_0} + x_0) \cdot \sqrt{R^2 + x_0^2}} = 1$

*(Handwritten scribbles and signatures)*

#### 4 Zu Projekt 5: Thermodynamik

- Wozu dient ein Kalorimeter?  
Was ist der Wasserwert eines Kalorimeters?  
Wie wird der Wasserwert im Praktikum bestimmt?  
(Bitte so detailliert wie möglich, mit Angabe der wichtigsten Formel). (5 Punkte)
- Wie können sie mit dem Gasthermometer den absoluten Nullpunkt bestimmen, ohne dabei die Temperatur auf den absoluten Nullpunkt abzukühlen? Hinweis: Denken Sie an das Gesetz von Gay-Lussac. (3 Punkte)

Nr 4

- Ein Kalorimeter ist ein sehr gut isoliertes Gefäß für Flüssigkeiten, um damit Temperaturdifferenzen beim Mischen mit anderen Flüssigkeiten / Gasen / Festkörpern besser mit einem Thermometer bestimmen zu können. Somit kann der Wasserwert bzw. die spezifische/molare Wärmekapazität von den zugeführten Dingen besser bestimmt werden. ✓

Vom Kalorimeter → Der Wasserwert bestimmt die Aufnahmefähigkeit d. Wassers von Wärme. ~~Der Wasserwert ist die Wärmekapazität des Wassers.~~

Im Praktikum wurde der Wasserwert über Wasser, das auf  $70^\circ\text{C}$  erhitzt wurde und in ein Kalorimeter bei  $22^\circ\text{C}$  gegeben wurde, bestimmt. Durch die Messung der Temperatur (zeitlich verlaufend) könnte die Mischtemperatur graphisch ermittelt werden. Dies war notwendig, da trotz Kalorimeter eine Abkühlung durch die Zimmertemperatur statt fand. Durch Angabe der Wärmekapazität  $c$  des Wassers, konnte so der Wasserwert mit folgender Formel bestimmt werden.

$$m_2 c_x (t_m - t_2) = (t_1 - t_m) (W + c \cdot m_1) \quad \checkmark \quad \underline{4 \text{ Pkt}}$$

- Bei  $V = \text{const}$  gilt  $p(t) = p_0 (1 - \alpha t)$   
Dabei ist  $t = T_1 - T_2$ , also die Temperaturdifferenz gemessen in Kelvin (Wassertripel- und Siedepunkt). ✓ z.B.  
Durch Messung von  $p(t)$  <sup>(Durch Gasthermometer)</sup> und bekannten Normaldruck  $p_0$  kann  $\alpha$  bestimmt werden. Weiterhin gilt  $\alpha = \frac{1}{T_0}$  mit  $T_0$  = absoluter Nullpunkt, also ungefähr  $\alpha = \frac{1}{273,15 \text{ K}}$ .  
- Approximation 2,5 P