Aufgabe 1: *Multiple Choice und kurze Fragen* (Punkte 5)
Welche Aussage trifft zu:

a. i) **(0.5P)**
   Weite hängt vom Druck ab, der wiederum von der Höhe abhängt.**(0.5P)**

b. NEIN **(0.5P)**
   Begründung:**(0.5P)**
   Die Ausdrücke "Zeitdillatation, Längenkontraktion, Massenzuwachs" betreffen immer den Vergleich bestimmter Bezugssysteme. Innerhalb eines Bezugssystem selbst ist kein Massenzuwachs feststellbar. D.h., ein Astronaut, der sich in einem Raumschiff befindet, das sich mit relativistischer Geschwindigkeit bewegt, mißt seine "übliche" Masse. Daher ist auch die Masse des Blutes in seinem Bezugssystem unverändert und das Herz hat nicht mehr oder weniger zu pumpen als sonst auch.

c. v) **(1P)**

d.
$$F_Z = F_G = G\frac{m \cdot M}{r^2} = m\omega^2 r \tag{1}$$

   **(0.5P)**
$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M}{\omega^2}} \quad \Rightarrow \quad A = r - R_E = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M}{\omega^2}} - R_E \tag{2}$$

   **(0.5P)**

   Begrndung: **(1P)**
   Stationäre Satelliten sind NUR über dem Äquator möglich. Satelitten bewegen sich auf Grosskreisen, um dann auch noch dieselbe Umlaufzeit zu haben, muss der Satellit sich über dem Äquator bewegen.

e. iv) **(1P)**

f. i), iii), iv) **(1P)**

g. iv), v) **(1P)**

h. i) **(1P)**

Aufgabe 2: **Die Vinyl-Schallplatte und die Fliege** ( Punkte)

a.

$$F_h = F_Z = mgf_h = mR\omega^2 \quad \Rightarrow \quad \nu_m < \sqrt{\frac{gf_h}{4\pi^2 R}}$$

b. Impulserhaltung bis zum Einfang der Fliege, dann total inelastischer Stoss, danach Energieerhaltung.

$$\text{Tangentialgeschwindigkeit}: v_i = 2\pi R \cdot \nu \tag{1}$$

Impulserhaltung (keine Energieerhaltung):

$$m_F \cdot v_i = m_F \cdot 2\pi R \cdot \nu = (m_F + m_S)v_e \tag{2}$$

Energieerhaltung:

$$\frac{1}{2}(m_F + m_S) \cdot v_e^2 = (m_F + m_S) \cdot g \cdot h \quad \text{mit} \quad h = l(1 - \cos\alpha) \tag{3}$$

$$\Rightarrow v_e = \sqrt{2l \cdot g(1 - \cos\alpha)} \tag{4}$$

(4) in (2) aufgelöst nach $\nu$

$$\nu = \frac{m_F + m_S}{m_F} \frac{1}{2\pi R} \sqrt{2 \cdot l \cdot g(1 - \cos\alpha)} \tag{5}$$

c. Energieumwandlung

$$\Delta E = E_e - E_i = \frac{1}{2} m_F v_i^2 - \frac{1}{2}(m_F + m_S)v_e^2 \tag{6}$$

(1) und (4) in (6)

$$\Delta E = \frac{1}{2} m_F \cdot (2\pi R \cdot \nu)^2 - \frac{1}{2}(m_F + m_S)(2l \cdot g(1 - \cos\alpha)) \tag{7}$$

Einsetzten von $\nu$

$$\Delta E = \frac{(m_F + m_S)^2}{m_F} \cdot l \cdot g(1 - \cos\alpha) - (m_F + m_S) l \cdot g(1 - \cos\alpha) \tag{8}$$

$$\Delta E = (\frac{m_F + m_S}{m_F} - 1)(m_F + m_S) l \cdot g(1 - \cos\alpha) = \frac{m_S}{m_F}(m_F + m_S) l \cdot g(1 - \cos\alpha) \tag{9}$$

$$\Delta E = \frac{m_S}{m_F + m_S} E_i \tag{10}$$

Aufgabe 3: Sich drehender Stab mit Kugeln ( Punkte)

a. Trägheitsmoment dünner Stab, Länge $L$ bei einer Rotation um eine zum Stab senkrechte Achse durch den Schwerpunkt:

$$I_S = \int x^2 dm = \varrho \int x^2 dV = \varrho F \int_{-L/2}^{+L/2} x^2 dx = \frac{1}{12}\varrho F L^3 = \frac{1}{12} m_s L^2 \tag{1}$$

b. (i) Drehung senkrecht zum Stab
Addition von Drehmomenten:

$$J_{ges} = J_S + 5 \cdot J_K + 2 \cdot m_K a^2 + 2 \cdot m_K (2a)^2 = \frac{1}{12} m_s L^2 + 2 m_K R^2 + 2 \cdot m_K a^2 + 2 \cdot m_K (2a)^2 \tag{2}$$

(ii) Drehung längs durch den Stab (parallel)

$$5 \cdot J_K = 2 m_K R^2 \tag{3}$$

(iii) tangential:

$$J_{ges-T} = 5 \cdot J_K + (5 m_K + m_S) R^2 \tag{4}$$

c. Rotationsenergie:

$$E_{ROT} = \frac{1}{2} J_{ges} \omega^2 = m_K \cdot R_K^2 (2 \cdot \pi)^2 \nu^2 = 4\pi^2 J \tag{5}$$

Aufgabe 4: *U-Rohr-Manometer mit Quecksilber gefüllt* ( Punkte)

a. Skizze (Beachte: x wird von der Ruhelage aus betrachtet → Faktor 2 bei $M_{HUB}$)

b. Rücktreibende Kraft:

$$F_R = -m_{HUB}g = -2x\varrho Ag = -kx, \quad k = 2\varrho Ag \tag{1}$$

c. DGL, Schwingungstyp, Periodendauer

$$-kx = m\ddot{x}, \quad m\ddot{x} + kx = 0, \quad m = L\varrho A \text{ Masse der Flüssigkeitssäule} \tag{2}$$

TYP: Harmonische Schwingung
Ansatz: *sin* oder *cos*:

$$\ddot{x} + \frac{2g}{L}x = 0 = \ddot{x} + \omega_0^2 x \rightarrow \ \omega_0 = \sqrt{\frac{2g}{L}} \ \rightarrow \ T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{2g}} \tag{3}$$

d. Gedämpfte Schwingung:

(i) DGL

$$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0 = \ddot{x} + 2\frac{4L\pi\eta}{m}\dot{x} + \omega_0^2 x, \quad \gamma = \frac{4L\pi\eta}{m} \tag{4}$$

(ii) Abklingzeit(konstante):

$$\kappa = \frac{1}{\gamma} = \frac{m}{4\pi\eta L} \tag{5}$$

(iii) Aperiodischer Grenzfall:

$$\gamma = \omega_0 = \frac{4L\pi\eta}{m} = \sqrt{\frac{2g}{L}} \ \rightarrow \ L = \sqrt[3]{\frac{2gm}{16\pi^2\eta^2}} \tag{6}$$

(iv) Pascal:

$$[\text{Druck}] = \left[\frac{F}{A}\right] = \frac{m \cdot kg}{m^2 \cdot s^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2} \tag{7}$$

Aufgabe 5: *Myonen in der kosmischen Strahlung* ( Punkte)

$v = 0,999C,\ h = 50km,\ T = 1,52\mu s; N_= 1264$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-0,999^2}} = 22,36627; \quad \frac{1}{\gamma} = 0,0447101$$

Zeitdillatation: $\Delta t = \gamma \Delta t'$
Längenkontraktion: $l = \frac{1}{\gamma} l'$

a. mit relat. Effekten

$$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{T}t} \tag{1}$$

(i) Die Myonen sehen den Weg (Höhe $h$) Längenkontrahiert:

$$h = 0,0447101 * 50000m = 2235,50m$$

Zeit für diesen Weg

$$\Delta t' = \frac{h'}{v} = \frac{h \cdot \sqrt{1-\beta^2}}{v} = \frac{h}{v \cdot \gamma} = 7,459155 \cdot 10^{-6} s \tag{2}$$

(2) in (1)

$$N(\Delta t') = 1264 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{1.52} 7,459155} = 42 \tag{3}$$

(ii) Der Beobachter auf der Erde sieht aufgrund der Zeitdillatation eine Halbwertszeit von:

$$T = 22,36627 * 1,52 * 10^{-6} s = 33.99673040 * 10^{-6} s \tag{4}$$

$\Delta t = \frac{s}{t} \frac{50000}{3 \cdot 10^8} = \frac{1}{6000} s = 1.666 \cdot 10^{-4} s$

$$N(\Delta t) = 1264 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{33.9967 \cdot 10^{-6}} 6000^{-1}} = 42 \tag{5}$$

b. ohne relat. Effekte

$$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{s}{v} \frac{1}{1,52\mu s}} = 1264 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{1.52\mu s} 1/6000s} = 0 \tag{6}$$