

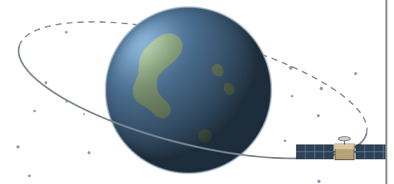
Klassenarbeit Physik Klasse 10

Thema: Weltbilder, Keplersche Gesetze, Satelliten, Impuls und Stöße

Name: _____ Datum: _____

Punkte: _____ / 33 Note: _____

Unterschrift: _____



Viel Erfolg!

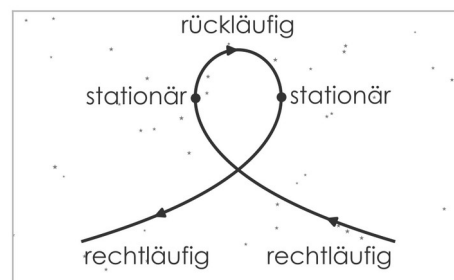
Beachte – diese Angaben darfst du verwenden:

- Mittlerer Erdradius am Äquator: $r_0 = 6378 \text{ km}$
- Dauer einer Erdumdrehung (Sterntag): $T = 23 \text{ h } 56 \text{ min } 4 \text{ s}$
- Die Erde durchläuft ihr Perihel (sonnennächster Punkt) Anfang Januar, ihr Aphel (sonnenfernster Punkt) Anfang Juli.

1 Planetenschleifen

Die äußeren Planeten Mars, Jupiter und Saturn, die man mit bloßem Auge sehen kann, beschreiben von der Erde aus betrachtet vor dem Hintergrund der Fixsterne zeitweise schleifenförmige Bahnen (siehe Abbildung).

Erkläre, wie diese Planetenschleifen zustande kommen,



a) im geozentrischen Weltbild nach Ptolemäus,

b) im heutigen heliozentrischen Bild des Sonnensystems.

2 Geostationäre Satelliten

Geostationäre Satelliten, z. B. für Fernsehübertragung und Kommunikation, umkreisen die Erde in einer Höhe von 35 786 km über der Erdoberfläche. Ihre Umlaufzeit stimmt genau mit der Dauer einer Erdumdrehung überein: $T = 23 \text{ h } 56 \text{ min } 4 \text{ s}$.

- a) Die Bahn eines geostationären Satelliten liegt stets in der Äquatorebene der Erde. Begründe dies stichhaltig. Du kannst zusätzlich eine Skizze anfertigen.

Skizze

- b) Berechne mit den Angaben dieser Aufgabe und aus dem Kasten „Beachte“ die Umlaufzeit eines „Satelliten“, der die Erde direkt an der Erdoberfläche (Höhe 0 m) umkreist.

- c) Gib die Bahngeschwindigkeit dieses Körpers in m/s und in km/h an. Man nennt sie die „erste kosmische Geschwindigkeit“.

3

a) Mira ist kurz abgelenkt und fährt von hinten auf den Lieferwagen auf. Der Stoß ist vollkommen unelastisch. Berechne die gemeinsame Geschwindigkeit beider Fahrzeuge direkt nach dem Zusammenstoß.

b) Berechne die gemeinsame Geschwindigkeit, wenn der Zusammenstoß frontal erfolgt wäre, also mit einem Lieferwagen, der als „Geisterfahrer“ mit 90 km/h entgegenkommt.

c) In beiden Fällen dauert der Zusammenstoß 0,2 s. Berechne für beide Unfälle die Beschleunigung, die Mira erfährt, und die Kraft, die dabei auf sie wirkt. Miras Masse beträgt 65 kg.

Hinweis: Falls du a) oder b) nicht lösen konntest, rechne mit 28 m/s für a) und mit -8 m/s für b).

4

Jahreszeiten

Der astronomische Sommer- bzw. Winteranfang ist dadurch festgelegt, dass die Sonne mittags genau senkrecht über dem nördlichen bzw. südlichen Wendekreis steht.

- a) Gib an, wie der Frühlings- bzw. Herbstanfang astronomisch festgelegt ist.

- b) Sind Sommerhalbjahr und Winterhalbjahr genau gleich lang? Begründe deine Antwort.

Lösung: Klassenarbeit Physik Klasse 10

Insgesamt sind 33 Punkte erreichbar, halbe Punkte sind möglich.

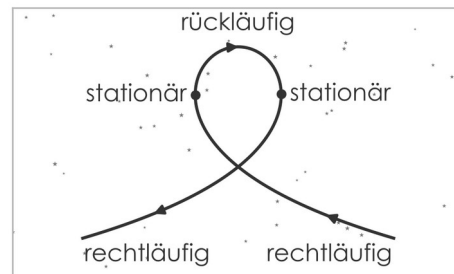
Notenschlüssel (Vorschlag)

Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	Note 5	Note 6
33–30 P.	29,5–26,5 P.	26–21,5 P.	21–16,5 P.	16–10 P.	9,5–0 P.

1 Planetenschleifen

Die äußeren Planeten Mars, Jupiter und Saturn, die man mit bloßem Auge sehen kann, beschreiben von der Erde aus betrachtet vor dem Hintergrund der Fixsterne zeitweise schleifenförmige Bahnen (siehe Abbildung).

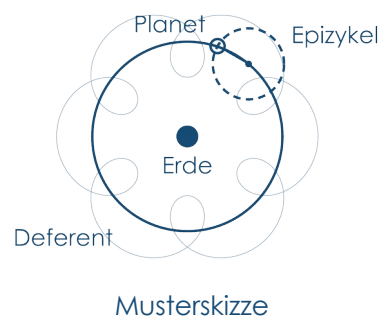
Erkläre, wie diese Planetenschleifen zustande kommen,



a) im geozentrischen Weltbild nach Ptolemäus,

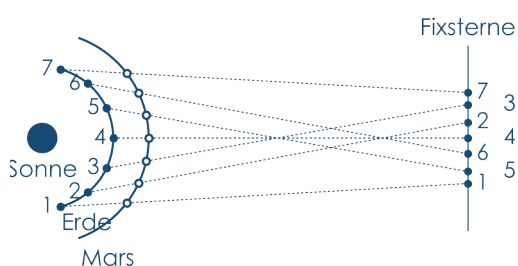
Die Erde ruht im Mittelpunkt. Jeder Planet läuft gleichförmig auf einem kleinen Kreis (Epizykel), dessen Mittelpunkt sich seinerseits gleichförmig auf einem großen Kreis (Deferent) um die Erde bewegt.

Steht der Planet auf der erdnahen Seite seines Epizykels, ist seine Epizykelbewegung der Deferentbewegung entgegengerichtet und größer: Von der Erde aus gesehen läuft er dann rückwärts, insgesamt entsteht eine Schleife.



b) im heutigen heliozentrischen Bild des Sonnensystems.

Die Sonne steht im Zentrum, Erde und äußerer Planet umlaufen sie. Die Erde läuft auf der inneren Bahn schneller und überholt den äußeren Planeten um die Oppositionsstellung herum. Dabei dreht sich die Blickrichtung Erde–Planet kurzzeitig zurück: Der Planet scheint vor dem Fixsternhintergrund rückwärts zu laufen (Positionen 3 → 5). Die Bewegung ist nur scheinbar. Weil die Bahnebenen leicht gegeneinander geneigt sind, entsteht eine Schleife.



Musterskizze

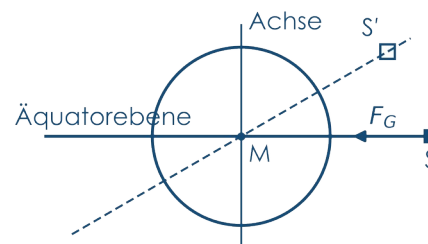
2 Geostationäre Satelliten

Geostationäre Satelliten, z. B. für Fernsehübertragung und Kommunikation, umkreisen die Erde in einer Höhe von 35 786 km über der Erdoberfläche. Ihre Umlaufzeit stimmt genau mit der Dauer einer Erdumdrehung überein: $T = 23 \text{ h } 56 \text{ min } 4 \text{ s}$.

- a) Die Bahn eines geostationären Satelliten liegt stets in der Äquatorebene der Erde. Begründe dies stichhaltig. Du kannst zusätzlich eine Skizze anfertigen.

Die Gravitationskraft auf den Satelliten zeigt immer zum Erdmittelpunkt M und wirkt als Zentripetalkraft. Der Bahnmittelpunkt ist daher M, jede Satellitenbahn liegt in einer Ebene durch M.

Geostationär heißt: Der Satellit steht immer über demselben Punkt der Erdoberfläche und kreist mit ihm um die Erdachse. Der einzige Kreis um die Achse, dessen Ebene durch M geht, ist der Äquator. Auf einer geneigten Bahn (S') würde der Satellit täglich nach Norden und Süden pendeln.



Musterskizze

- b) Berechne mit den Angaben dieser Aufgabe und aus dem Kasten „Beachte“ die Umlaufzeit eines „Satelliten“, der die Erde direkt an der Erdoberfläche (Höhe 0 m) umkreist.

Bahnradius des geostationären Satelliten: $r = 6378 \text{ km} + 35\,786 \text{ km} = 42\,164 \text{ km}$; $T = 23 \text{ h } 56 \text{ min } 4 \text{ s} = 86\,164 \text{ s}$

3. Keplersches Gesetz: $T_0^2 / r_0^3 = T^2 / r^3 \Rightarrow T_0 = T \cdot \sqrt{(r_0^3 / r^3)}$

$T_0 = 86\,164 \text{ s} \cdot \sqrt{(6378^3 / 42\,164^3)} \approx 86\,164 \text{ s} \cdot 0,05883 \approx 5069 \text{ s} \approx 84,5 \text{ min}$

- c) Gib die Bahngeschwindigkeit dieses Körpers in m/s und in km/h an. Man nennt sie die „erste kosmische Geschwindigkeit“.

$v = 2\pi \cdot r_0 / T_0 = 2\pi \cdot 6,378 \cdot 10^6 \text{ m} / 5069 \text{ s} \approx 7,91 \cdot 10^3 \text{ m/s} \approx 7,9 \text{ km/s}$

$v \approx 7905 \text{ m/s} \cdot 3,6 \approx 28\,500 \text{ km/h}$

3 Impuls und Stöße

Astronautin Mira Hollstein fährt auf der Autobahn zum Raumfahrtzentrum, mit einer Geschwindigkeit von 126 km/h. Vor ihr fährt ein Lieferwagen mit 90 km/h. Miras Auto hat (mit ihr) eine Masse von 1400 kg, der Lieferwagen eine Masse von 3600 kg.

- a) Mira ist kurz abgelenkt und fährt von hinten auf den Lieferwagen auf. Der Stoß ist vollkommen unelastisch. Berechne die gemeinsame Geschwindigkeit beider Fahrzeuge direkt nach dem Zusammenstoß.

$$v_1 = 126 \text{ km/h} = 35 \text{ m/s}; \quad v_2 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}; \quad m_1 = 1400 \text{ kg}; \quad m_2 = 3600 \text{ kg}$$

$$\text{Impulserhaltung: } m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v'$$

$$v' = (1400 \text{ kg} \cdot 35 \text{ m/s} + 3600 \text{ kg} \cdot 25 \text{ m/s}) / 5000 \text{ kg} = 139\,000 \text{ kg} \cdot \text{m/s} / 5000 \text{ kg} = 27,8 \text{ m/s} \approx 100 \text{ km/h}$$

- b) Berechne die gemeinsame Geschwindigkeit, wenn der Zusammenstoß frontal erfolgt wäre, also mit einem Lieferwagen, der als „Geisterfahrer“ mit 90 km/h entgegenkommt.

Jetzt $v_2 = -25 \text{ m/s}$ (entgegengesetzte Richtung):

$$v' = (1400 \text{ kg} \cdot 35 \text{ m/s} - 3600 \text{ kg} \cdot 25 \text{ m/s}) / 5000 \text{ kg} = -41\,000 \text{ kg} \cdot \text{m/s} / 5000 \text{ kg} = -8,2 \text{ m/s} \approx -29,5 \text{ km/h}$$

Beide Fahrzeuge bewegen sich nach dem Stoß mit 8,2 m/s in die Fahrtrichtung des Lieferwagens.

- c) In beiden Fällen dauert der Zusammenstoß 0,2 s. Berechne für beide Unfälle die Beschleunigung, die Mira erfährt, und die Kraft, die dabei auf sie wirkt. Miras Masse beträgt 65 kg.

Hinweis: Falls du a) oder b) nicht lösen konntest, rechne mit 28 m/s für a) und mit -8 m/s für b).

$$\text{Fall a): } a = \Delta v / \Delta t = (27,8 \text{ m/s} - 35 \text{ m/s}) / 0,2 \text{ s} = -36 \text{ m/s}^2; \quad F = m \cdot a = 65 \text{ kg} \cdot (-36 \text{ m/s}^2) = -2340 \text{ N, also } |F| \approx 2,3 \text{ kN}$$

$$\text{Fall b): } a = (-8,2 \text{ m/s} - 35 \text{ m/s}) / 0,2 \text{ s} = -216 \text{ m/s}^2; \quad F = 65 \text{ kg} \cdot (-216 \text{ m/s}^2) \approx -14\,040 \text{ N, also } |F| \approx 14 \text{ kN}$$

Das Minuszeichen bedeutet: Kraft und Beschleunigung wirken entgegen Miras Fahrtrichtung.

$$\text{Mit den Ersatzwerten: a) } a = -35 \text{ m/s}^2, |F| = 2275 \text{ N; b) } a = -215 \text{ m/s}^2, |F| = 13\,975 \text{ N}$$

Der astronomische Sommer- bzw. Winteranfang ist dadurch festgelegt, dass die Sonne mittags genau senkrecht über dem nördlichen bzw. südlichen Wendekreis steht.

- a)** Gib an, wie der Frühlings- bzw. Herbstanfang astronomisch festgelegt ist.

Zu Frühlings- und Herbstanfang steht die Sonne mittags genau senkrecht über dem Äquator (Äquinoktium, Tagundnachtgleiche; um den 20. März bzw. 23. September).

- b)** Sind Sommerhalbjahr und Winterhalbjahr genau gleich lang? Begründe deine Antwort.

Nein. Die Erde läuft auf einer Ellipse um die Sonne. Nach dem 2. Keplerschen Gesetz (Flächensatz) überstreicht der Fahrstrahl in gleichen Zeiten gleiche Flächen, in Sonnenferne bewegt sich die Erde also langsamer.

Das Sommerhalbjahr (Frühlings- bis Herbstanfang) enthält das Aphel im Juli. Die Erde braucht für diese Bahnhälfte daher länger: Das Sommerhalbjahr der Nordhalbkugel ist mit rund 186 Tagen etwa 7 Tage länger als das Winterhalbjahr (rund 179 Tage).