

### 3.1. Ruch obrotowy

3.1.1 Dzięki wpływowi Księżyca prędkość kątowna ruchu wirowego Ziemi maleje w ciągu jednego roku o  $k=2 \cdot 10^{-10}$  swojej aktualnej wartości. Jak będzie długość doby za  $t=1$  mld lat?

3.1.2 Pulsar w mgławicy Krab to gwiazda o promieni  $r=10$  km, wykonująca bardzo szybki ruch obrotowy o okresie  $T=33$  ms.

- Jaka jest prędkość kątowna tego pulsara?
- Jaka jest prędkość liniowa punktu na jego równiku?

Okres obrotu tego pulsara ulega bardzo powolnemu zwiększeniu w tempie  $n=4,3 \cdot 10^{-13}$  sekundy w czasie jednej sekundy.

- Jaka jest wartość opóźnienia kątownego tego pulsara?
- W jakim czasie jego okres zmaleje o  $m=1$  %?

3.1.1 Punkt rozpoczyna w chwili  $t=0$ , z zerową prędkością, ruch po okręgu o promieniu  $r=35$  cm. Przyspieszenie tangencjalne punktu jest stałe w czasie i wynosi  $a_t=0,1$  m/s<sup>2</sup>.

- Jaka prędkość liniową i przyspieszenie dośrodkowe ma to ciało po wykonaniu jednego obiegu okręgu?
- W jakiej chwili czasu wartość przyspieszenia dośrodkowego jest równa wartości przyspieszenia tangencjalnego?
- W jakiej chwili czasu kąt pomiędzy wektorem przyspieszenia tangencjalnego i wektorem przyspieszenia całkowitego jest równy  $\alpha=30^\circ$ ?
- Jaka jest wartość całkowitego przyspieszenia punktu po wykonaniu  $k=5$  obiegów okręgu?

3.1.2 Punkt porusza się ze stałą wartością prędkości  $v=1$  m/s wzdłuż sinusoidy danej równaniem  $y=A \cdot \sin(b \cdot x)$ , gdzie  $A=1$  [m],  $b=2\pi$  [m<sup>-1</sup>].

- W jakim czasie punkt przebędzie z punktu (0,0) do punktu (1,0)?
- Jaka jest największa wartość przyspieszenia dośrodkowego w ruchu tego punktu?

Uwaga: Mając krzywa  $y=y(x)$  jej długość  $s$  i promień krzywizny  $R$  dane są równaniami:

$$s = \int \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx \quad R = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

U nas  $s[0,1]=5.38368$

3.1.3 Talerz adaptera o średnicy  $d=20$  cm obraca się ruchem jednostajnym, wykonując  $n=33$  obrotów na minutę.

- Jaka jest prędkość kątowna talerza?
- Jaka jest prędkość liniowa punktu na brzegu talerza?
- Jakie jest przyspieszenie dośrodkowe punktu na brzegu talerza?
- Jaka musiałaby być prędkość obrotowa talerza (w obr./min.), aby przyspieszenie dośrodkowe punktu na brzegu talerza było równe  $g=9,81$  m/s<sup>2</sup>?

3.1.4 Talerz adaptera o średnicy  $d=20$  cm obraca się ruchem jednostajnym, wykonując  $n=45$  obrotów na minutę. Gdy adapter wyłączono, talerz zatrzymał się po  $\tau=15$  sekundach. Zakładając, że siła tarcia była stała w czasie, obliczyć:

- przyspieszenie kątowne talerza;
- ilość wykonanych obrotów do momentu zatrzymania się talerza;
- prędkość kątowną talerza w chwili czasu  $t_1=\tau/2$ ;
- przyspieszenie dośrodkowe punktu na brzegu talerza w chwili  $t_1$ .

3.1.5 Obliczyć przyspieszenie dośrodkowe ciała spoczywającego na:

- a) równiku Ziemi;
- b) w Szczecinie.

3.1.6 Jaka byłaby długość doby, gdyby wartość przyspieszenia dośrodkowego na równiku Ziemi była równa  $a=9,8 \text{ m/s}^2$ ?

## 3.2. Siła Coriolisa

Szerokość geograficzna Szczecina  $\varphi=53^\circ 24'$ .

3.2.1 Samolot o masie  $m=5 \cdot 10^4 \text{ kg}$  leci nad równikiem, ze wschodu na zachód, z prędkością  $v=1300 \text{ km/godz.}$  Jaka jest wartość siły Coriolisa działającej na ten samolot i jak jest ona skierowana? Z jaką prędkością powinien poruszać się ten samolot, aby sumaryczna siła bezwładności (odśrodkowa i Coriolisa) w układzie Ziemi była równa zero?

3.2.2 Ciało spada swobodnie na równiku z pewnej wysokości, z zerową prędkością początkową. Z jakiej wysokości spadło to ciało, jeżeli na powierzchni Ziemi jego odchylenie od pionu wyniosło  $l=3 \text{ m}$ ?

3.2.3 O ile odchyli się od pionu i w jaką stronę ciało spadające swobodnie z wysokości  $h=30 \text{ m}$  w Szczecinie?

3.2.4 Samochód o masie  $1200 \text{ kg}$  porusza się z południa na północ ze stałą prędkością  $v=130 \text{ km/godz.}$  na szerokości geograficznej Szczecina. Jaka jest wartość oraz kierunek siły Coriolisa działającej na ten samochód? Jaki jest stosunek wartości tej siły do siły odśrodkowej wynikającej z ruchu wirowego Ziemi?

3.2.5 Pojazd o masie  $m=1500 \text{ kg}$  porusza się z prędkością  $v=100 \text{ km/godz.}$  z zachodu na wschód na szerokości geograficznej  $\varphi=45^\circ$ . O ile procent zmieni się ciężar tego pojazdu skutkiem działania siły Coriolisa?

3.2.6 Z jaką prędkością i w jaką stronę musi poruszać się ciało wzdłuż równika, aby jego ciężar zwiększył się o  $1\%$  skutkiem działania siły Coriolisa? W jakim czasie ciało to obiegnie Ziemię?

3.2.7 Odra płynie w Szczecinie z południa na północ. Przyjmując, że prędkość wody w rzece wynosi  $v=2 \text{ m/s}$ , a szerokość rzeki  $l=100 \text{ m}$ , obliczyć, o ile jest wyższy poziom wody na jednym jej brzegu (którym?) w porównaniu z drugim brzegiem.

3.2.8 Obliczyć pionową składową siły Coriolisa działającą na człowieka o masie  $m=70 \text{ kg}$ , poruszającego się z prędkością  $v=30 \text{ km/godz.}$  w Szczecinie z zachodu na wschód.

3.2.9 Z jaką prędkością i w jakim kierunku musi poruszać się w płaszczyźnie horyzontalnej ciało w Szczecinie, aby jego ciężar zmalał o  $k=0.04 \%$  skutkiem działania siły Coriolisa?

3.2.10 Pocisk artyleryjski ma trafić w cel odległy o  $l=15 \text{ km}$ , na szerokości geograficznej Szczecina. Zakładając, że tor pocisku jest linią prostą, leżącą w płaszczyźnie horyzontalnej i że pocisk ma stałą prędkość  $v=800 \text{ m/s}$ , obliczyć, o ile odczyli się on z tego toru u celu w rezultacie działania siły Coriolisa. Czy wielkość tego odchylenia zależy od kierunku wystrzału?

3.2.11 Niewielki statek o masie całkowitej  $M=2 \cdot 10^4 \text{ kg}$  stoi nieruchomo na wodach równikowych. Jaka będzie prędkość tego statku, gdy kotwicę o masie  $m=500 \text{ kg}$  wciągnięto na maszt o wysokości  $h=15 \text{ m}$ ?

3.2.12 Płaski horyzontalny dysk obraca się ze stałą prędkością kątową  $\omega=2 \text{ rad/s}$  wokół osi przechodzącej przez jego środek. Człowiek o masie  $m=70 \text{ kg}$  porusza się ze stałą względem dysku prędkością  $v=2 \text{ m/s}$  wzdłuż promienia dysku. W jakiej odległości od osi dysku znajduje się człowiek, gdy dysk działa na niego siłą  $F=4 \cdot 10^3 \text{ N}$ ?

3.2.13. Ciężarek zawieszony na lince o długości  $l=30$  m wykonuje wahania o amplitudzie  $a=2$  m, zaznaczając w chwili maksymalnego wychylenia swoje położenie na horyzontalnym kole. Zakładając, że wahadło to zawieszono jest w Szczecinie, obliczyć:

- a) okres drgań tego wahadła;
- b) okres obrotu jego płaszczyzny wahań;
- c) odległość pomiędzy dwoma sąsiednimi znaczkami na poziomym kole.