

## **Zestaw 1 KINEMATYKA**

---

### ***Jednostki***

1. Ile litrów mieści się w  $1\text{m}^3$
2. Ile  $\mu\text{m}$  mieści się w 1km.
3. Zamień km/h na m/s
4. Zamień  $\text{g}/\text{cm}^3$  na  $\text{kg}/\text{m}^3$

### ***Ruch jednostajny prostoliniowy***

5. Pociąg pośpieszny pokonuje dystans z Łodzi Fabrycznej do Warszawy Centralnej w godzinę i dwadzieścia dwie minuty. Jaka jest prędkość średnia pociągu? (odległość między dworcami wynosi 132 km)
6. Rozgłośnia w Krakowie nadaje koncert z Wawelu. Koncertu słuchają bezpośrednio na Wawelu z odległości 25 m oraz przez radio w Paryżu. Gdzie słyszą muzykę wcześniej? Odległość z Krakowa do Paryża wynosi około 1300 km, prędkość głosu w powietrzu jest 340 m/s, a prędkość fal radiowych wynosi 300000 km/s.
7. Samochód osobowy przebywa trasę z Łodzi do Warszawy z prędkością  $v_1 = 80$  km/h, a z Warszawy do Łodzi z prędkością  $v_2 = 100$  km/h. Obliczyć średnią prędkość samochodu na całej trasie z Łodzi do Warszawy i z powrotem.
8. Chłopiec idąc do szkoły porusza się ruchem jednostajnym pokonując drogę 2 km w czasie 30 minut. Pewnego dnia zapomniał zeszytu do fizyki. Po 12 minutach od wyjścia chłopca z domu wyruszył za nim ojciec poruszając się z prędkością 10 km/h. Po jakim czasie ojciec dogoni syna?

### ***Transformacja Galileusza, składanie prędkości***

9. Na szynach porusza się pusty wóz kolejowy ruchem jednostajnym z prędkością 10 m/s. Nagle padł strzał rewolwerowy w kierunku prostopadłym do toru i w płaszczyźnie poziomej. Kula przebiła obie ściany wozu. Stwierdzono, że otwór wylotowy był przesunięty wstecz w stosunku do otworu wlotowego o 12.5 cm. Szerokość wozu 2 m. Obliczyć prędkość kuli.
10. Szosą biegnącą równoległe do toru kolejowego jedzie cyklista na rowerze ze średnią prędkością 12 km/h. W pewnej chwili dogania go pociąg pośpieszny długości 70 m i mija po upływie 4 s. Obliczyć prędkość tego pociągu.
11. Znaleźć czas, po upływie którego pociąg o długości 300 m poruszający się z prędkością 75 km/h minie pasażera znajdującego się w pociągu jadącym w przeciwnym kierunku z prędkością 54 km/h.

12. Wioślarz może nadać łódce prędkość 2.5 m/s. Prędkość prądu jest 7.2 km/h. W jakim kierunku powinien wioślarz odbić od brzegu, aby przejechać rzekę w poprzek w kierunku prostopadłym do jej biegu.

13. Między dwoma punktami na rzece oddalonymi od siebie o 100 km kursuje kuter. Drogę tę przebywa on z prądem w ciągu czasu 4 h, a w kierunku przeciwnym w czasie 10 h. Znaleźć prędkość prądu w rzece i prędkość kutra względem wody.

### ***Ruch jednostajnie przyspieszony***

14. Znaleźć prędkość końcową i średnią ciała spadającego swobodnie z wysokości 200 m.

15. Równanie ruchu  $s = 15t + 0.4t^2$ , gdzie  $t$  w sekundach, a  $s$  w metrach. Znaleźć prędkość początkową, przyspieszenie ruchu, prędkość po upływie 15 s oraz sporządzić wykres zależności prędkości od czasu.

16. Podczas pierwszych 4 sekund trwania ruchu samochód przejechał drogę 10 m. Jaką drogę przejedzie podczas 8 sekund? Jaką drogę przejedzie w ciągu 8-smej sekundy?

17. Z balonu znajdującego się na wysokości 300 m spadł kamień. W ciągu, jakiego czasu kamień będzie spadał na ziemię, jeśli:

- a.) balon jest nieruchomy,
- b.) balon podnosi się z prędkością 5 m/s,
- c.) balon opada z prędkością 5 m/s ?

Opór powietrza zaniedbać.

18. Ciało swobodnie spadające przebyło w ostatniej sekundzie drogę 23.1 m. Z jakiej wysokości spadło ciało?

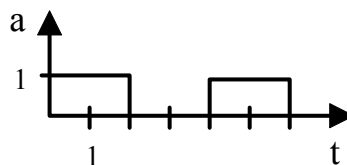
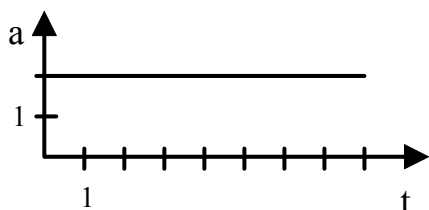
19. Z wysokości 40 m spada ciało A. Po upływie czasu 2 s zaczęło spadać z tej samej wysokości ciało B. Na jakiej wysokości znajdować się będzie ciało B w chwili upadku ciała A na ziemię.

20. Strzała wypuszczona pionowo do góry z prędkością 30 m/s trafia w cel po upływie czasu, 2 s. Na jakiej wysokości znajduje się cel i z jaką prędkością strzała go osiągnęła?

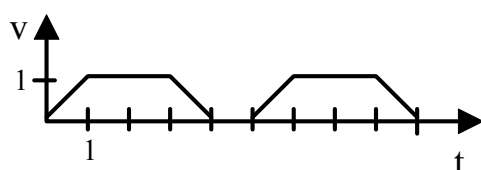
21. Samolot startując przebiega po betonowej nawierzchni drogę 790 m i w chwili oderwania się od ziemi posiada prędkość 240 km/h. Ile czasu trwa i jakie jest przyspieszenie samolotu podczas rozbiegu? Zakładamy ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny.

22. Ciało spadające swobodnie ma w punkcie A prędkość 34.43 m/s, a w punkcie B prędkość 49.05 m/s. Jaka jest długość odcinka AB i w jakim czasie ciało przebyło ten odcinek?

23. Podać wykres drogi i prędkości w zależności od czasu  $t$  [s], jeśli wykresy przyspieszenia ciał  $a$  [ $m/s^2$ ] mają postać przedstawioną na rysunku. Prędkość początkowa we wszystkich przypadkach jest równa zero.



24. Sporządzić wykres przebytej drogi i przyspieszenia pewnego ciała w zależności od czasu, jeśli jego prędkość  $v$  [ $m/s$ ] jest przedstawiona na rysunku jako funkcja czasu  $t$  [s].



### ***Rzuty – ruch na płaszczyźnie***

25. Cel położony na wzgórzu widać z miejsca gdzie stoi działo pod kątem  $\alpha$  względem poziomu. Odległość liczona w kierunku poziomym od działo do celu wynosi  $L$ . Cel jest ostrzeliwany przy kącie  $\beta$  działo względem poziomu. Wyznaczyć prędkość  $v_0$  pocisku, który trafi w cel.

26. Z jaką prędkością początkową  $v_0$  trzeba wyrzucić raketę pod kątem  $45^\circ$  względem poziomu, aby rozbłysła ona w najwyższym punkcie swego toru, jeżeli czas palenia się zapalnika rakiety wynosi 6 sekund?

27. Samolot leci poziomo po torze prostoliniowym z prędkością  $v$  na wysokości  $h$ . Lotnik ma zrzucić bombę na cel leżący przed samolotem. Pod jakim kątem względem pionu powinien on widzieć cel w chwili zrzutu bomby? Jaka jest w tej chwili odległość od celu do punktu, nad którym znajduje się samolot?

## Zestaw 2 DYNAMIKA PUNKTU MATERIALNEGO

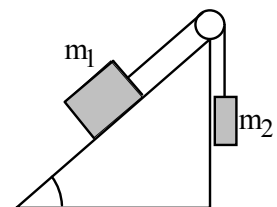
### Statyka

1. Kula o ciężarze 50 N wisi na lince. Za pomocą drugiej poziomej linki odchyłono tę kulę tak, że pierwsza linka utworzyła z pionem kąt  $30^\circ$ . Obliczyć napięcie obu linek.
2. Prostopadłościan o podstawie kwadratowej i wysokości  $n = 4$  razy większej od krawędzi podstawy stoi na poziomej desce. Deskę unosimy jednym końcem zwolna do góry. Przy jakim współczynniku tarcia zacznie się ten prostopadłościan zsuwać, jednocześnie nie wywracając?
3. Dwie deski nachylone jedna do drugiej pod kątem  $60^\circ$  tworzą korytko, przy czym każda ścianka korytka nachylona jest do poziomu również pod kątem  $60^\circ$ . W korytku leży kula o ciężarze 10 N. Jaki nacisk wywiera ta kula na ściany korytka?
4. Na równi pochyłej nachylonej do poziomu pod kątem  $30^\circ$  znajduje się gładkie ciało o ciężarze 50 N, utrzymywane w równowadze przez siłę równoległą do długości równi. Obliczyć wielkości tej siły oraz nacisk, jaki wywiera ciało na równię.

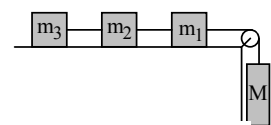
### Dynamika

5. Na nici o wytrzymałości 40 N chłopiec obraca w płaszczyźnie pionowej masę 1 kg. Oś obrotu znajduje się w odległości 4 m od ziemi, promień okręgu, jaki opisuje kamień 1 m. Z jaką prędkością kątową musi chłopiec obracać kamień, aby nić się zerwała? W jakiej odległości od chłopca, licząc w płaszczyźnie poziomej, upadnie kamień?

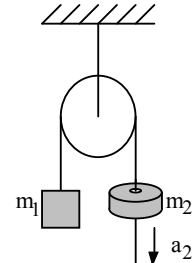
6. Na szczytce równi pochyłej przymocowany jest nieruchomy blok, przez który przerzucono nić. Na jednym jej końcu przywiązane jest ciało o masie  $m_1$ , leżące na równi a na drugim końcu nici wisi ciężar o masie  $m_2$ . Z jakim przyspieszeniem a poruszają się ciężarki i jakie jest napięcie nici N? Równia pochyła tworzy z pionem kąt  $\alpha$ . Współczynnik tarcia między ciałem a równią wynosi  $f$ .



7. Do masy  $m_1$  leżącej na stole przymocowano nićmi jedna za drugą masy  $m_2$  i  $m_3$ . Masa klocka zwisającego swobodnie wynosi  $M$  (patrz rysunek). Znaleźć przyspieszenie a układu. Znaleźć napięcia wszystkich nici. Tarcie zaniedbać.



8. Przez lekki blok przerzucony jest sznurek. Na jednym jego końcu wisi ciężar o masie  $m_1$ . Wzdłuż drugiej połowy sznurka zsuwa się pierścień o masie  $m_2$  ze stałym względem sznurka przyspieszeniem  $a_2$ . Znaleźć przyspieszenie  $a_1$  masy  $m_1$  i siłę tarcia  $R$  pierścienia o sznurek. Masę sznurka można zaniedbać.

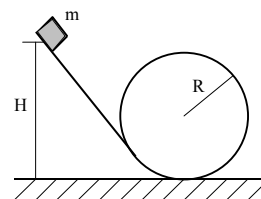


9. Ze swobodnie ześlizgującego się po równi pochyłej działa, które przebyło już drogę  $l$  oddano wystrzał w kierunku poziomym. Jaka powinna być prędkość  $v$  pocisku, aby działa po wystrzale zatrzymało się? Wyrazić szukaną prędkość  $v$  pocisku za pośrednictwem jego masy  $m$ , masy działa  $M$  i kąta nachylenia  $\alpha$  równi względem poziomu. Zakładamy, że  $m$  jest mniejsze od  $M$ .

10. Ciało o gęstości  $0.8 \text{ g/cm}^3$  zsuwa się bez tarcia z równi pochyłej o wysokości  $3 \text{ m}$  i wpada u jej podstawy do wody o gęstości  $1 \text{ g/cm}^3$ . Jak daleko wypłynie to ciało z wody? Równia tworzy z poziomem kąt  $30^\circ$ .
11. Przy jakim kącie nachylenia równi zsuwające się po niej ciała zużywają  $n = 2$  razy więcej czasu niż przy swobodnym spadku z tej samej wysokości?
12. W ciągu czasu  $1 \text{ s}$  ciało zsuwające się wzdłuż równi pochyłej przebyło drogę  $200 \text{ cm}$ . Obliczyć kąt nachylenia tej równi do poziomu.
13. Z jakim opóźnieniem posuwa się ciało po równi pochyłej ku górze, jeżeli współczynnik tarcia  $f = 0,2$ , a kąt nachylenia równi do poziomu  $\alpha = 30^\circ$ ?

### Zasady zachowania energii i pędu

14. Z jakiej wysokości  $H$  musi być puszczone ciało o masie  $m$ , aby nie spadło pod działaniem siły ciężkości (patrz rysunek). Promień pętli wynosi  $R$ .



15. Jak wysoko wzniesie się ciało rzucone pionowo do góry z prędkością początkową  $42 \text{ m/s}$ ? Po ilu sekundach spadnie na ziemię ciało rzucone pionowo do góry z prędkością początkową  $24.5 \text{ m/s}$ ?
16. Sanki ześlizgują się z pagórka, którego zbocze ma długość  $l = 10 \text{ m}$  i nachylone jest pod kątem  $\alpha = 30^\circ$  do poziomu. Jaką drogę przebędą sanki na odcinku poziomym po zjechaniu z góry, jeżeli na całej drodze współczynnik tarcia wynosi  $k = 0.02$ ?
17. Dwa wagoniki rozjeżdżają się w przeciwnych kierunkach na skutek wybuchu między nimi ładunku prochowego. Wagonik o masie  $m_1 = 100 \text{ g}$  przebył do chwili zatrzymania się drogę  $s_1 = 18 \text{ m}$ . Jaką drogę  $s_2$  przejedzie drugi wagonik o masie  $m_2 = 300 \text{ g}$ ? Współczynnik tarcia jest stały dla obu wagoników.
18. Do pomiaru prędkości kuli stosuje się wahadło balistyczne. Jest to skrzynka z piaskiem zawieszona na linie. Kula wpadając do skrzynki utkwie w niej, ale przy tym skrzynka zostanie odepchnięta na pewną wysokość. Oblicz prędkość kulki na podstawie następujących danych: masa kulki  $m$ , masa skrzynki  $M$ , wysokość wyniesienia skrzynki  $h$ .
19. Trzy łodzie o jednakowym ciężarze  $P$  płyną jedna za drugą z jednakową prędkością  $v$ . Ze środkowej łodzi przerzucono jednocześnie do przedniej i tylnej łodzi ciężary  $P_1$  z prędkością  $u$  względem łodzi środkowej. Jakie będą prędkości łodzi po przerzuceniu ciężarów?
20. Na klin o masie  $M$  stojący nieruchomo pada poziomo lecąca kula o masie  $m$  i po zderzeniu sprężystym z powierzchnią klina odskakuje pionowo do góry. Na jaką wysokość podniesie się kula, jeśli prędkość klina po zderzeniu wynosi  $v$ ? Tarcie zaniedbać.
21. Sprężyna o współczynniku sprężystości  $2 \text{ N/m}$ , której masę zaniedbujemy umocowano poziomo. Ze sprężyną tą zderza się ciało o masie  $1 \text{ kg}$ , powodując jej ściśnięcie o  $0.4 \text{ m}$  licząc od położenia równowagi. Obliczyć prędkość, jaką miało ciało w chwili zderzenia. Tarcie zaniedbać.

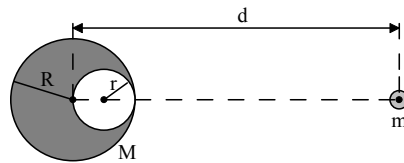
## Zestaw 3 GRAWITACJA

### Ruch w polu grawitacyjnym

1. Sztuczny satelita Ziemi porusza się na wysokości 670 km. Znaleźć prędkość oraz czas obiegu sputnika wokół Ziemi. Promień Ziemi 6370 km.
2. Księżyc obiega dokoła Ziemi z okresem 27.3 dni. Średni promień orbity Księżyca wynosi 380 000 km. Znaleźć prędkość liniową ruchu Księżyca i jego przyspieszenie dośrodkowe.
3. Dwa sputniki krążą wokół Ziemi po orbitach o promieniach  $r_1 = r$  i  $r_2 = 4r$ . Ile wynosi stosunek ich prędkości liniowych  $v_2 / v_1$ ?
4. Znaleźć prędkość liniową geostacjonarnego satelity Ziemi.
5. Ile wynosi stosunek drugiej prędkości kosmicznej do pierwszej prędkości kosmicznej?
6. Na biegunie pewnej kulistej planety ciało waży  $n$  razy więcej niż na równiku. Prędkość kątowna ruchu planety wynosi  $\omega$ , a stała grawitacji  $G$ . Oblicz gęstość tej planety.

### Natężenie i potencjał pola grawitacyjnego

7. Promień Ziemi  $R = 6370$  km. Jak zmieni się przyspieszenie siły ciężkości: a.) przy zanurzeniu aż do środka kuli ziemskiej, b.) przy oddalaniu się od powierzchni Ziemi aż do odległości równej 5-ciu promieniom Ziemi.
8. W metalowej kuli o promieniu  $R$  i masie  $M$  wydrążono mniejszą kulę o promieniu  $r = R/2$ , w sposób uwidoczniony na rysunku. Obliczyć siłę, z jaką będzie działać pozostała część dużej kuli na małą kuleczkę o masie  $m$ , znajdującą się w odległości  $d$  od środka dużej kuli.



9. Masa Księżyca jest 81 razy mniejsza od masy Ziemi. Stosunek zaś promieni Księżyca i Ziemi wynosi  $3/11$  a odległość pomiędzy nimi wynosi  $d = 380\,000$  km. a.) Obliczyć przyspieszenie siły ciężkości  $g_K$  na powierzchni Księżyca. b.) Znaleźć punkt nieważkości pomiędzy Ziemią a Księżycem.

### Energia potencjalna, praca, moc

10. Piłeczkę pingpongową o promieniu 15 mm i masie 5 g zanurzono w wodzie do głębokości 30 cm. Po puszczeniu piłeczka wyskoczyła na wysokość 10 cm nad powierzchnią wody. Jaka ilość energii zamieniła się na ciepło na skutek tarcia piłeczki o wodę?
11. Jaka pracę należy wykonać, aby przewrócić prostopadłościan o wymiarach  $1l, 2l, 4l$  z boku  $1l \times 2l$  na bok  $2l \times 4l$ ? W którym z położeń równowaga jest najbardziej pewna?
12. Samolot, aby wznieść się do góry powinien mieć prędkość 80 km/h. Długość rozbiegu 100 m. Masa samolotu 1000 kg. Współczynnik tarcia 0.2. Jaka powinna być minimalna moc silników aby samolot mógł wznieść się do góry? Ruch samolotu podczas rozbiegu przyjąć za jednostajnie zmienny.

13. Pociąg o masie 150 ton ma osiągnąć na poziomym torze prędkość 10 m/s po upływie 40 s od wyruszenia ze stacji. Oblicz moc parowozu, jeżeli współczynnik tarcia  $f = 0.004$ .
14. W kierunku poziomym oddano dwa strzały do ściany znajdującej się w odległości 50 m. Po pierwszym wystrzale przed lufą karabinu ustawiono deskę. Druga kula po przebiciu deski uderzyła w ścianę w odległości 0.5 m poniżej pierwszej. Jaką pracę wykonała kula w czasie przebijania deski, jeśli prędkość początkowa kuli wynosi 300 m/s a ciężar kuli 5 g?
15. Pociąg elektryczny o masie 500 ton przebywa ruchem jednostajnym drogę 3 km pod górę o wzniesieniu 4m na 1 km drogi. Współczynnik tarcia  $f = 0.02$ .
- a.) Wyznaczyć pracę wykonaną przez pociąg.
- b.) Wyznaczyć moc pociągu wiedząc, że drogę 3 km przebył on w ciągu 5 min

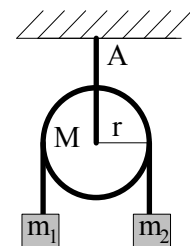
## Zestaw 4 DYNAMIKA BRYŁY SZTYWNEJ

### Statyka

1. Drażek o długości 100 cm ma ciężar 160 N i jest wszędzie jednakowej grubości. Na końcach tego drażka zawieszono ciężarki 100 N i 240 N. W którym punkcie należy go podeprzeć, aby osiągnąć równowagę?
2. Drut ABC zgięto w punkcie B pod kątem prostym, przy czym  $AB = a = 20$  cm i  $BC = b = 30$  cm. Jaki kąt utworzy z pionem ramię AB, jeżeli drut zawiesić w punkcie B na nitce?
3. Obliczyć moment bezwładności drażka o długości 60 cm i o masie 75 g, na końcach, którego umocowano kulki o masie 100 g każda, jeżeli oś przechodzi przez środek pręta i jest do niego prostopadła.
4. Obliczyć moment bezwładności dwóch jednakowych cienkich prętów skrzyżowanych w środku pod kątem prostym i osadzonych na osi przechodzącej przez punkt skrzyżowania. Długość każdego pręta 60 cm, masa 120 g.
5. Obliczyć moment bezwładności ramki kwadratowej o krawędzi  $a = 40$  cm, jeżeli oś przechodzi przez środki przeciwległych boków. Ramkę zrobiono z pręta, którego metr bieżący waży 120 N.
6. Zadanie jak wyżej, ale oś pokrywa się z jednym z boków ramki.

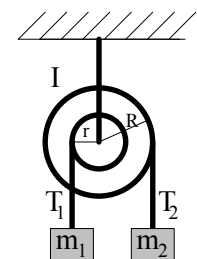
### Dynamika

7. Znaleźć przyspieszenie ciężarków oraz naprężenie nici w urządzeniu przedstawionym na rysunku uwzględniając moment bezwładności obracającego się bloku pod warunkiem, że nić nie ślizga się po bloku. Wyznaczyć napięcia nici oraz naprężenie w punkcie zawieszenia A, jeżeli masa bloku wynosi  $M$ , a promień  $r$ .



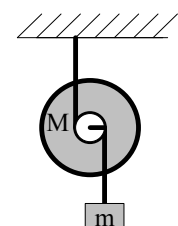
8. Jednorodny walec kołowy o masie  $m$  i promieniu  $r$  stacza się bez poślizgu po płaszczyźnie pochylonej do poziomu pod kątem  $\beta$  wzdłuż drogi  $s$ . Obliczyć prędkość końcową osi walca i czas staczania się.

9. Kula o promieniu  $r$  i masie  $m$  stacza się (bez poślizgu) z wysokości  $h$  po równi pochyłej nachylonej do poziomu pod kątem  $\alpha$ . Znaleźć drogę, którą przebędzie kula na płaszczyźnie poziomej po stoczeniu się z równi, jeżeli współczynnik tarcia jest stały i wynosi  $k$ .



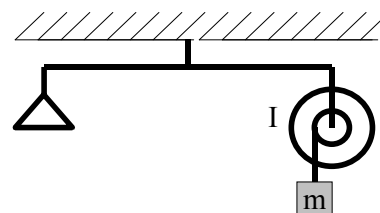
10. Na kołowrót o promieniach  $r$  i  $R$  nawinięte są w kierunkach przeciwnych dwie lekkie nici obciążone masami  $m_1$  i  $m_2$ . Znaleźć przyspieszenie katowe kołowrotu i napięcie nici  $T_1$  i  $T_2$  biorąc pod uwagę dany moment bezwładności kołowrotu  $I$ .

11. Z jakim przyspieszeniem  $a$  będzie opadał duży krążek o masie  $M$  w układzie przedstawionym na rysunku, jeżeli promień bloczka, z którego odwijają się obie nici wynosi  $r$ ? Wyznaczyć naprężenie obu nici.

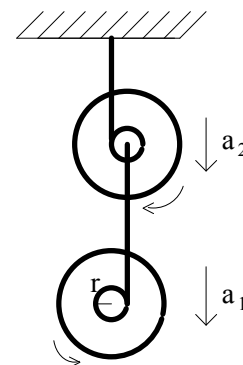




12. Model kołowrotu przymocowany jest do jednej z szalek wagi. Na kołowrót o momencie bezwładności  $I$  i promieniu  $r$  nawinięto nić z ciężarkiem o masie  $m$ . Waga jest w równowadze, gdy kołowrót jest zahamowany. O ile trzeba zmniejszyć obciążenie drugiej szalki, aby została przywrócona równowaga, gdy kołowrót zacznie obracać się pod wpływem opadającego ciężarka? Znaleźć naprężenie nici w obu przypadkach.



13. Znaleźć przyspieszenia  $a_1$  i  $a_2$ , z którym będą się obniżały środki dwóch jednakowych krążków oraz siły naprężenia nici przyrządu przedstawionego na rysunku. Moment bezwładności krążka jest  $I$ , masa  $m$ , promień, na którym nawinięta jest nić  $r$ .



### **Zasada zachowania momentu pędu, energia w ruchu obrotowym**

14. Obliczyć energię kinetyczną kuli o masie 500 g toczącej się z prędkością 2 m/s.

15. Obliczyć energię kinetyczną kuli o promieniu  $r = 6\text{ cm}$  i o masie  $m = 6\text{ kg}$  mknącej z szybkością 4 m/s i wykonującą  $n = 10\text{ obr./s}$ . ( $I = 0.4\text{ m}^2$ )

16. Jaką pracę należy wykonać aby zatrzymać koło zamachowe o masie 2000 kg i o promieniu 1 m wykonujące  $n = 50\text{ obr./min}$ . ( $I = 0.5\text{ m}^2$ )

17. Na stoliku obrotowym obracającym się z częstością 0,5 obr./min stoi człowiek. Moment bezwładności ciała człowieka względem osi obrotu wynosi  $I_0 = 1,6\text{ kg}\cdot\text{m}^2$ . W wyciągniętych poziomo rękach trzyma dwa ciężarki o masie 1 kg każdy, odległość między którymi wynosi 1,6 m. Jak zmieni się prędkość kątowa stolika, jeżeli opuści on ręce i odległość między ciężarkami zmaleje do 0,4 m? Moment bezwładności stolika zaniedbać.

### Zestaw 1.

prędkość  $v = \frac{dx}{dt}$  przyspieszenie  $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$

ruch jednostajny  $s = v \cdot t$  ruch jednostajnie przyspieszony  $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 t$

transformacja Galileusza  $x' = x - v \cdot t$   
 $t' = t$

czas spadku swobodnego  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$  prędkość końcowa  $v = \sqrt{2hg}$

zasięg rzutu ukośnego  $z = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\alpha)$

### Zestaw 2.

zasady dynamiki Newtona  $F = m \cdot a$   $F_{AB} = -F_{BA}$  pęd ciała  $p = m \cdot v$

ciężar ciała  $P = mg$ , energia potencjalna  $E_{pot} = mgh$ , energia kinetyczna  $E_{kin} = \frac{mv^2}{2}$

siła odśrodkowa  $F_r = m\omega^2 \cdot r$

równia:

siłą ściąającą  $S = P \sin(\alpha)$ , siłą nacisku  $N = P \cos(\alpha)$ , tarcie  $T = f \cdot N$

### Zestaw 3.

promień ziemi: 6370 km.

siła grawitacji Newtona  $F = G \frac{Mm}{R^2}$ ,  $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$ ,

przyspieszenie ziemskie  $g = \frac{GM_Z}{R_Z^2}$

energia potencjalna pola grawitacyjnego  $E_{pot} = -\frac{GMm}{R}$  i jego potencjał  $V = -\frac{GM}{R}$

siła wyporu Archimedesesa  $F_w = V\rho_{cieczy} \cdot g$

praca  $W = \vec{F} \cdot \vec{s}$  moc  $P = \frac{dW}{dt}$

### Zestaw 4.

prędkość kątowna  $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$  przyspieszenie kątowne  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$

przyspieszenie liniowe  $a = \varepsilon \cdot r$

moment siły  $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$  moment pędu  $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$

moment bezwładności walca  $I = \frac{m \cdot r^2}{2}$  i kuli  $I = 2 \frac{m \cdot r^2}{5}$

dynamika bryły sztywnej  $M = I \cdot \varepsilon$ , energia kinetyczna wirującej bryły  $E_{kin} = \frac{I \cdot \omega^2}{2}$