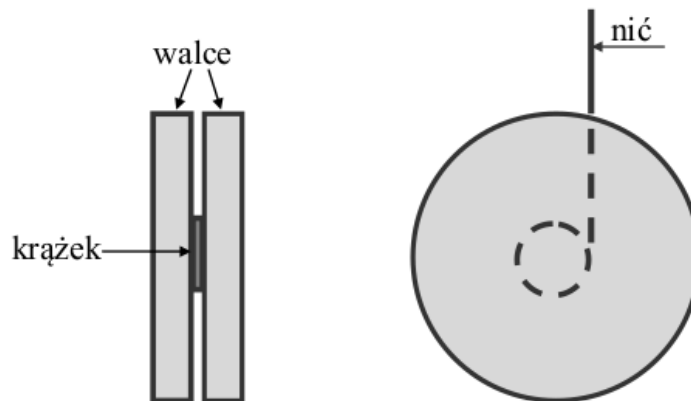


Zadanie 3. (0–4)

Uczeń zbudował jo-jo, które składało się z dwóch jednakowych walców, każdy o masie 25 g, promieniu 25 mm i grubości 15 mm, połączonych sztywno krążkiem o promieniu 10 mm i grubości 4 mm, na który nawinął nić (rysunek poniżej).



Zadanie 3.1. (0–1)

Moment bezwładności walca o masie m i promieniu R obracającego się wokół własnej osi dany jest wyrażeniem:

$$I = \frac{1}{2}mR^2$$

Wykaż, że moment bezwładności jo-jo względem osi walców wynosi ok. $16 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

W obliczeniach pomiń moment bezwładności krążka.

Zadanie 3.2. (0–3)

Trzymając swobodny koniec nici nieruchomo, uczeń puścił jo-jo.

Korzystając z zasady zachowania energii i wiedząc, że przyspieszenie zabawki jest stałe, wykaż, że przyspieszenie, z którym jo-jo przesuwa się w dół, opisane jest zależnością

$$a = \frac{M}{M + \frac{I}{r^2}} g$$

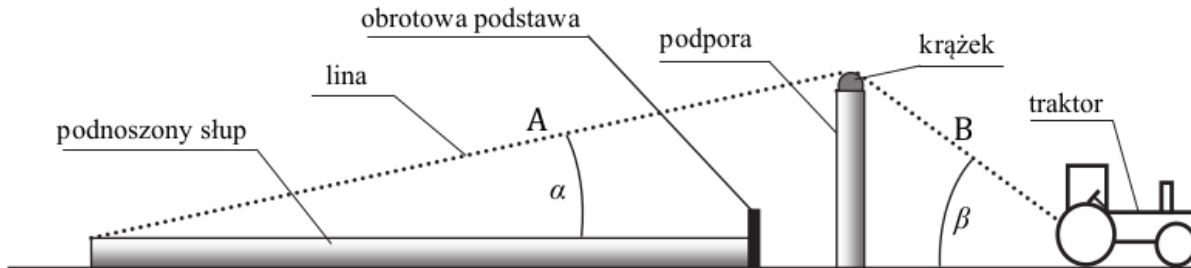
gdzie M jest masą jo-jo, I – jego momentem bezwładności względem osi walców, a r – promieniem krążka, na który nawinięta jest nić.

* Za pomocą twierdzenia Steinera wyznacz moment bezwładności:

- trójkąta równobocznego
- trójkąta Sierpińskiego

Zadanie 3.

Słupy energetyczne linii przesyłowych wysokiego napięcia można składać z części na powierzchni ziemi, a następnie podnosić je do pozycji pionowej za pomocą liny, podpory z obrotowym krążkiem i na przykład traktora. Do wierzchołka leżącego słupa przyczepia się jeden z końców liny i przrzucą ją przez podporę, natomiast drugi koniec liny jest ciągnięty przez traktor. Drugi koniec słupa opiera się o zakotwiczoną w ziemi obrotową podstawę (rysunek poniżej). Zakładamy, że krążek na podporze obraca się bez tarcia.



Zadanie 3.1. (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F – jeśli zdanie jest fałszywe.

1.	Podczas powolnego podnoszenia słupa siła naciągu liny w części A ma inną wartość niż siła naciągu liny w części B.	P	F
2.	W początkowej fazie podnoszenia słupa kąt β między liną a poziomem maleje.	P	F
3.	Przy niezmiennej wysokości podpory i niezmiennym położeniu obrotowej podstawy siła naciągu liny konieczna do uniesienia słupa z pozycji poziomej zależy od wysokości (długości) słupa.	P	F

Zadanie 3.2. (0–4)

Masa słupa wynosi 2000 kg, a kąt α jest równy 15° . Przyjmujemy, że środek masy słupa znajduje się w połowie jego długości.

Oblicz minimalną wartość siły naciągu liny konieczną do uniesienia leżącego słupa.

Zadanie 3.3. (0–3)

Słup o długości 12 m był podnoszony bardzo powoli. Gdy był on już w położeniu prawie pionowym, lina odczepiła się od niego. W wyniku tej awarii słup się przewrócił.

Oblicz wartość prędkości liniowej końca słupa w chwili uderzenia o powierzchnię ziemi.

Przyjmij, że słup można potraktować jako cienki jednorodny pręt. Moment bezwładności takiego pręta względem osi prostopadłej do niego i przechodzącej przez jego koniec jest równy $I = \frac{1}{3}m \cdot l^2$, gdzie m jest masą pręta, a l – jego długością.

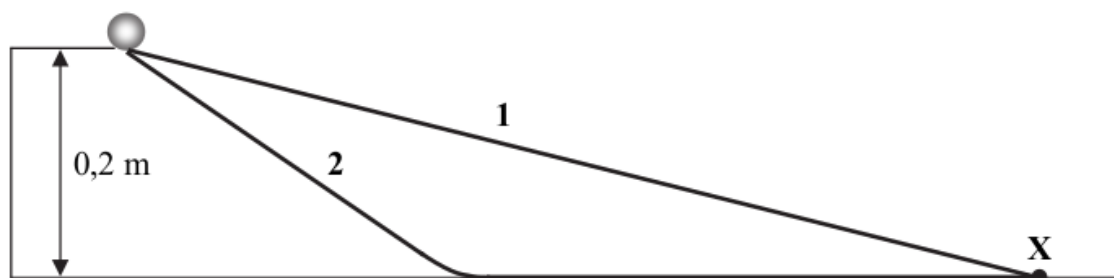
Zadanie 3.

Jednorodna kulka K1 zaczyna toczyć się bez poślizgu z wysokości 0,2 m po pochylni 1, a druga taka sama kulka K2 – z tej samej wysokości po pochylni 2, tak jak pokazano na rysunku. Obie kulki po pewnym czasie docierają do punktu X. Pomijamy straty energii kulek.

Wskazówki:

Moment bezwładności jednorodnej kuli względem osi przechodzącej przez jej środek wynosi $I = 0,4 \cdot m \cdot R^2$.

Energia kinetyczna toczącej się kulki jest sumą energii ruchu postępowego środka masy i energii kinetycznej ruchu obrotowego wokół środka masy.

**Zadanie 3.1. (0–1)**

Zaznacz właściwe dokończenie zdania wybrane spośród A i B oraz jego poprawne uzasadnienie wybrane spośród 1.–3.

Czas toczenia się kulki K2 do punktu X jest

A.	krótszy niż	czas toczenia się kulki K1, ponieważ	1.	kulka K2 przebyła dłuższą drogę niż kulka K1.
B.	taki sam jak		2.	obie kulki staczały się z tej samej wysokości.
			3.	kulka K2 miała początkowo większe przyspieszenie niż kulka K1.

Zadanie 3.2. (0–1)

Zaznacz właściwe dokończenie zdania wybrane spośród A–C oraz jego poprawne uzasadnienie wybrane spośród 1.–3.

Prędkość kulki K2 w punkcie X jest

A.	mniejsza niż	prędkość kulki K1, ponieważ	1.	kulka K2 przebyła dłuższą drogę niż kulka K1.
B.	taka sama jak		2.	obie kulki staczały się z tej samej wysokości.
C.	większa niż		3.	kulka K2 miała początkowo większe przyspieszenie niż kulka K1.

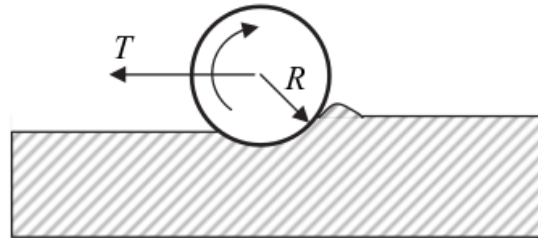
Zadanie 3.3. (0–2)

Oblicz wartość prędkości kulki K1 w punkcie X.

Zadanie 5.

Siła tarcia występuje nie tylko w przypadku poślizgu (tarcie poślizgowe) lub styku powierzchni dwóch ciał wzajemnie nieruchomych i próby ich przesunięcia (tarcie statyczne). Podczas toczenia się walca po poziomej powierzchni występuje tarcie toczone. Opór toczenia jest spowodowany innymi zjawiskami niż w tarcu poślizgowym lub statycznym. Jego przyczyną jest zjawisko odkształcenia podłoża i – często – również toczącego się ciała. Styk między nimi nie zachodzi w jednym punkcie, lecz na pewnym obszarze.

Działającą na walec siłę tarcia tocznego T (patrz rysunek) obliczamy ze wzoru $T = \frac{f}{R} F_N$, gdzie: F_N – siła nacisku walca na podłoże, R – promień walca, f – współczynnik tarcia tocznego, zależny od rodzaju powierzchni.

**Zadanie 5.1. (0–2)**

Oceń prawdziwość poniższych zdań, korzystając z podanych informacji. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Współczynnik tarcia tocznego wyrażamy w metrach.	P	F
2.	Gdy powierzchnia, po której toczy się nieodkształcalny (sztywny) walec, jest całkowicie nieodkształcalna, współczynnik tarcia tocznego f jest równy zero.	P	F
3.	Na dwa stalowe walce o jednakowych masach i różnych promieniach, toczące się po tej samej, poziomej powierzchni, działa taka sama siła tarcia tocznego.	P	F
4.	Jeżeli dwa wózki mają tę samą masę, a osie ich kół obracają się bez tarcia, to po tym samym równym poziomym podłożu łatwiej jest ciągnąć wózek o mniejszych kołach.	P	F

Zadanie 5.2. (0–1)

Dwa stalowe walce o jednakowych masach i długościach oraz różnych promieniach toczą się po tej samej poziomej powierzchni. Możesz przyjąć, że jednakowa masa wynika stąd, że walec o większym promieniu jest wydrążony.

Zaznacz właściwe dokończenie zdania wybrane spośród A–C oraz jego poprawne uzasadnienie wybrane spośród 1.–3.

Dla walca o większym promieniu głębokość odkształcenia podłoża jest

A.	większa,	ponieważ	1.	ciśnienie wywierane przez walec na podłoże jest mniejsze.
B.	taka sama,		2.	masa toczącego się walca i jego ciężar się nie zmieniają.
C.	mniejsza,		3.	ciśnienie wywierane przez walec na podłoże jest większe.

