Решения задач теоретического тура. Физика. 2 день.

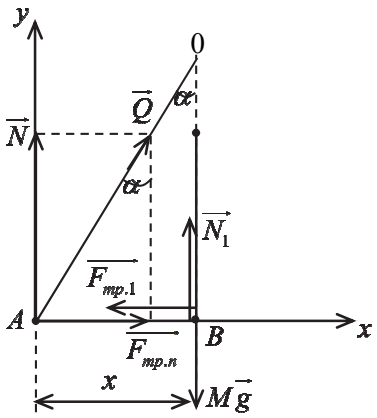
Задание №1.

Танец «Кара-Жорго»

1. На I Всемирных играх кочевников, ставших теперь традиционными, 80-летний житель Иссык-Куля грациозно станцевал танец «Кара-Жорго», что в переводе означает «Чёрный иноходец». Ломаные движения – особенность кыргызского танца. Это относится и к перестановке ног танцора.
Выберем молодого энергичного танцора.
При какой ширине шага он будет свободно и достаточно резко двигаться, не боясь поскользнуться и упасть. Предположительная длина его ног 1 м, а коэффициент трения подошв обуви о пол 0,7.

Чертёж для максимально удалённой ноги; другая нога – вертикальна.

Решение задания №1.



$\vec{Q} = \vec{N} + \overrightarrow{F_{тр.п}}$ – равнодействующая сил в т. А

$x)\ Q_x = N_x + \left(F_{тр.п}\right)_x$

$y)\ Q_y = N_y + \left(F_{тр.п}\right)_y$

$Q_x = F_{тр.п}$, т.к. $N_x = 0$

$Q_y = N$, т.к. $F_{тр.п} = 0$

$$\frac{Q_x}{Q_y} = tg\alpha = \frac{F_{тр.п}}{N}$$

$(tg\alpha)_{\max}$ при $\left(F_{тр.п}\right)_{\max}$; $\left(F_{тр.п}\right)_{\max} = \mu N$

$$\left(tg\alpha\right)_{\max} = tg\alpha_{\max} = \frac{\sin\alpha_{\max}}{\cos\alpha_{\max}} = \frac{\sin\alpha_{\max}}{\sqrt{1-\sin^2\alpha_{\max}}}$$

$\left(tg\alpha\right)_{\max}$ при $\left(\sin\alpha\right)_{\max}$

$$\frac{\mu \cancel{N}}{\cancel{N}} = \frac{\sin\alpha_{\max}}{\sqrt{1-\sin^2\alpha_{\max}}}; \mu = \frac{\sin\alpha_{\max}}{\sqrt{1-\sin^2\alpha_{\max}}} \Rightarrow$$

$$\mu^2 - \mu^2\sin^2\alpha_{\max} = \sin^2\alpha_{\max} \Rightarrow \sin^2\alpha_{\max} = \frac{\mu^2}{1+\mu^2}$$

$$\sin\alpha_{\max} = \frac{X_{\max}}{l} == \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$$

$$X_{\max} = l \cdot \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}};$$

$\left[X_{\max}\right] =$ м; $X_{\max} = 0,6$ м – это в положении на рисунке.

Если же ноги расставлены симметрично, то $X_{\max} = 2 \cdot 0,6\text{м} = 1,2\text{м}$.

Критерии оценки задания №1 (5 баллов)

Залогом правильного решения задач на статику является правильно выполненный чертёж.

(**2б**) – Тщательно выполнен чертёж. Указаны все силы, действующие на танцора:

$M\vec{g}$ – сила тяжести приложена к центру тяжести

$\vec{N_1}$ – реакция опоры, действующая на вертикально поставленную ногу, или симметрично отставленную ту же ногу

$\overrightarrow{F_{тр.1}}$ – сила трения, действующая на вертикально поставленную ногу

$\overrightarrow{F_{тр.п}}$ – сила трения покоя, действующая на отставленную ногу

$\vec{N}$ – сила реакции опоры, действующая на отставленную максимально ногу

(**1б**) – Силы $\overrightarrow{F_{тр.п}}$ и $\vec{N}$ сведены к равнодействующей $\vec{Q}$, которая направлена вдоль ноги. Если равнодействующая не обозначена, то модули сил $\overrightarrow{F_{тр.п}}$ и $\vec{N}$ таковы, что их равнодействующая всё равно должна пройти вдоль ноги, т.е. вдоль линии АО.

(**1б**) – На чертеже все силы и их моменты относительно любой оси вращения визуально скомпенсированы.

(**1б**) – Получен правильный ответ

Задание №2.

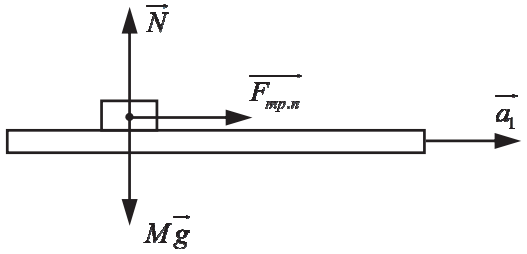
Опытный танцор обязан заранее оценить качество танцевального пола. Пол сцены был покрыт танцевальным линолеумом, обладающим максимальным сцеплением и антискользящими свойствами. Но «доверяй и проверяй»! Танцор застелил пол фургона для перевозки лошадей (их предостаточно на «Играх кочевников») линолеумом и проделал следующий эксперимент.

Когда фургон двигался с места с ускорением $6,7\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, сам танцор ещё оставался на месте (относительно фургона), а при торможении с ускорением $7\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ноги танцора скользили относительно кузова.

В каких пределах заключено значение коэффициент трения подошв о линолеум?

Решение задания №2.

а)



$\vec{N}+M\vec{g}+\overrightarrow{F_{тр.п}}=M\vec{a_1}$ – 2-й закон Ньютона в с.о. «Земля»

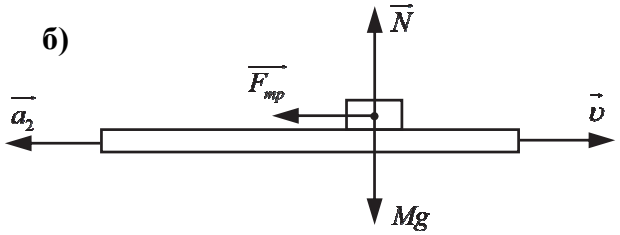
$x)\ F_{тр.п}=ma_1$

$y)\ N-Mg=0\Rightarrow N=Mg,$

где $F_{тр.п}$ – сила трения покоя

$$F_{тр.п}<\left(F_{тр.п}\right)_{\max}\Leftrightarrow F_{тр.п}<\mu N\Rightarrow Ma_1<\mu Mg\Rightarrow a_1<\mu g\Rightarrow \mu>\frac{a_1}{g}$$

б)



$F_{тр}$ – сила трения скольжения

$F_{тр}=\mu N,$ где $N=Mg$

$F_{тр}<Ma_2$ – танцор стремится сохранить набранную скорость и скользит в направлении движения и $\overrightarrow{F_{тр.п}}$ направлена противоположно движению, но сообщает танцору меньшее ускорение.

$F_{тр}<Ma_2\Leftrightarrow \mu N<Ma_2,$ где $N=Mg$

Тогда $\mu<\frac{a_2}{g}$

Итак, $\frac{a_1}{g}<\mu<\frac{a_2}{g};\ 0,67<\mu<0,7$

Критерии оценки задания №2 (10 баллов)

(**2б**) – Имеется чертеж с указанием всех сил, приложенных к танцору, при изображённых векторах $\vec{\upsilon}$ – скорости фургона и $\vec{a_1}$ – ускорения при разгоне фургона

(**0,5б**) – Сделана запись II закона Ньютона в векторной форме для сил, указанных на чертеже

(**1б**) – Сделана запись II закона Ньютона для проекций сил, действующих на танцора при разгоне фургона

(**0,5б**) – Произведено сравнение величин силы трения покоя и силы трения скольжения

(**1б**) – Получено достаточное значение коэффициента трения при разгоне фургона $\left(\mu > \frac{a_1}{g}\right)$

(**2б**) – Имеется чертеж с указанием всех сил, приложенных к танцору при изображённых векторах $\vec{\upsilon}$ – скорости фургона и $\vec{a_1}$ – ускорения при торможении

(**1б**) – Точно указано, какая сила трения действует на танцора при торможении фургона. Сила трения покоя или сила трения скольжения

(**1б**) – Установлена инертность танцора, заставляющая его сохранять набранную скорость, и дана сравнительная характеристика ускорения танцора и ускорения фургона

(**1б**) – Сделана верная запись полученного ответа (в виде неравенства)

Задание №3.

Танцевальный линолеум имеет определённую степень амортизации (мягкая, средняя и твёрдая степень), главная функция которого состоит в поглощении энергии танцора в момент соприкосновения с его поверхностью.

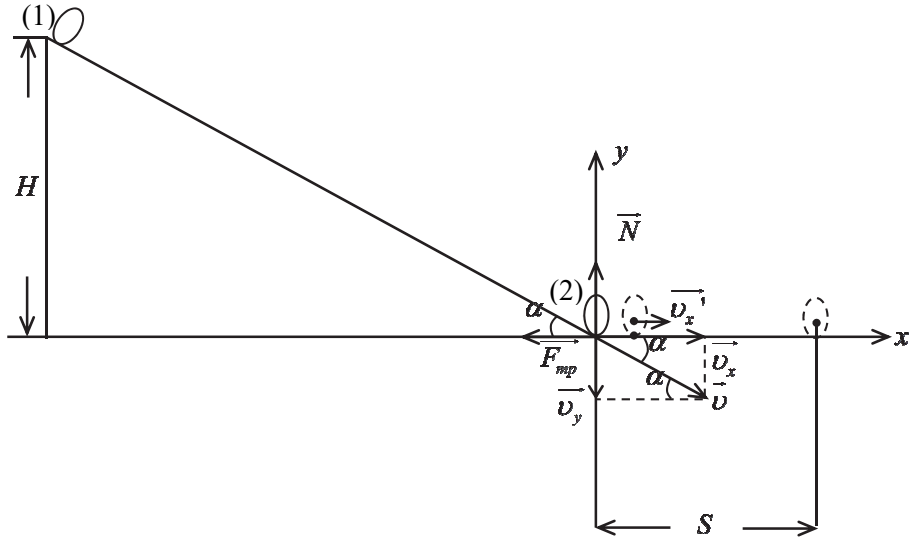
Так как в прыжке танцор не должен отскакивать от пола, чтобы не вылететь за край сцены, то он решил проверить амортизационные свойства покрытия.
Установив сходни фургона под углом $\alpha = 60°$, танцор съезжает с высоты 1м по линолеуму на сходнях с тем же коэффициентом трения $\mu = 0,7$.

Где остановится танцор? (Считать массу танцора 80 кг)

Решение задания №3

M – 80 кг
H – 1 м
$\alpha = 60°$
$\mu = 0,7$

S – ?



При соударении с горизонтальной частью покрытия танцор не должен подпрыгнуть! (При выходе из положения (2) Амортизация покрытия должна создать силу реакции $\vec{N}$, действующую на танцора так, чтобы его вертикальный импульс уменьшился до нуля в положении (2):

$N_y \cdot \Delta t = 0 - M\upsilon_y$, где $\upsilon_y = -\upsilon \sin\alpha$ из чертежа

Тогда $N_y \Delta t = M\upsilon \sin\alpha$

Вдоль оси x на танцора действует сила трения скольжения, импульс которой изменяет импульс танцора при выходе танцора из положения (2).

$M\upsilon_x' - M\upsilon_x = -F_{тр} \cdot \Delta t$, где $F_{тр} \cdot \Delta t = \mu N_y \Delta t$, $\upsilon_x = \upsilon \cos\alpha$

$M\upsilon_x' - M\upsilon\cos\alpha = -\mu M\upsilon \sin\alpha;$

$\upsilon_x' = \upsilon(\cos\alpha - \mu\sin\alpha); \upsilon_x' = -0,095\upsilon$

Знак «–» означает, что танцор после соприкосновения с горизонтальным полом, должен двигаться влево.

Но υ_x' при выходе танцора из положения (2) должна была сначала превратиться в ноль, а уже затем стать отрицательной.

Значит, в момент, когда $\upsilon_x' = 0$, танцор перестаёт скользить и сила трения перестаёт действовать. А так как, другие силы вдоль ox на танцора не действуют, он перестаёт двигаться и останется в положении (2).

Критерии оценки задания №3 (7 баллов)

(**1б**) – Указано, что $\overrightarrow{F_{тр.}}$ изменяет и энергию танцора, и его импульс

(**1б**) – Указаны причины изменения импульса танцора вдоль вертикали (ось $0y$) и горизонтали (ось $0x$)

(**2б**) – Приведены записи динамических уравнений изменения импульса танцора вдоль вертикальной и горизонтальной осей

(**1б**) – Отмечено, что импульс силы трения не зависит от реакции опоры в положении (2), а значит масса танцора не важна

(**2б**) – Получено отрицательное значение проекции скорости при выходе танцора из положения (2) и дана верная трактовка этого знака

Задание №4

5 сентября 2019 г. стартовали Международные Иссык-Кульские игры под девизом «Азия – регион сотрудничества и мира».

Одним из видов спорта в программе соревнований был и пляжный футбол. В пляжном футболе матчи проходят на песке, отличаясь особой динамикой и зрелищностью.

Для пляжного футбола подходит только кварцевый песок мелкой фракции 0,1-1 мм. Главный же параметр – это сыпучесть песка. Когда вы наступаете на мокрый песок, он светлеет. Это связано с тем, что песок становится суше. Но, стоит вам убрать ногу, след, оставленный ногой, немедленно заполняется водой.

Объясните это явление.

Решение задания №4

Песок представляет собой систему плотноупакованных песчинок. Под давлением ноги разрушается плотная упаковка, и объём песка увеличивается, так как увеличивается объём пространства между песчинками. Воды из верхних слоёв песка уходит вглубь, заполняя эти увеличившиеся пространства между песчинками. Песок как бы «высыхает». Когда ногу убирают, плотная упаковка восстанавливается – промежутки между песчинками уменьшаются, и вода заполняет след ноги.

Критерии оценки задания №4 (5 баллов)

(**2б**) – Дана харатеристика устойчивому положению системы частиц – минимум потенциальной энергии системы. Понижается уровень заполнения частицами системы данного пространства. Это соответствует плотной упаковке песчинок.

(**2б**) – Указано, что давление на песок нарушает плотную упаковку системы, что ведёт к увеличению пор, и вода из верхних слоёв уходит вниз.

(**1б**) – Указано, что при снятии нагрузки деформация исчезает, плотная упаковка восстанавливается и вытесненная из уменьшившихся промежутков вода, заполняет след.