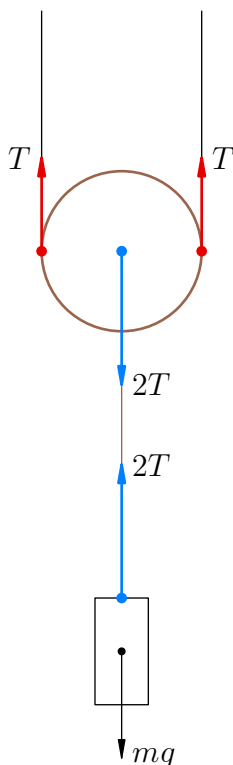


Силы на блоке

Эта небольшая заметка посвящена прояснению одного несложного момента, который, тем не менее, многим школьникам не особо понятен.

Пусть имеется невесомый блок, к центру которого подвешен на невесомом стержне груз массы m . Через блок перекинута невесомая нить. Сила натяжения нити равна T , и в задачах мы постоянно рисуем что-то вроде этого:



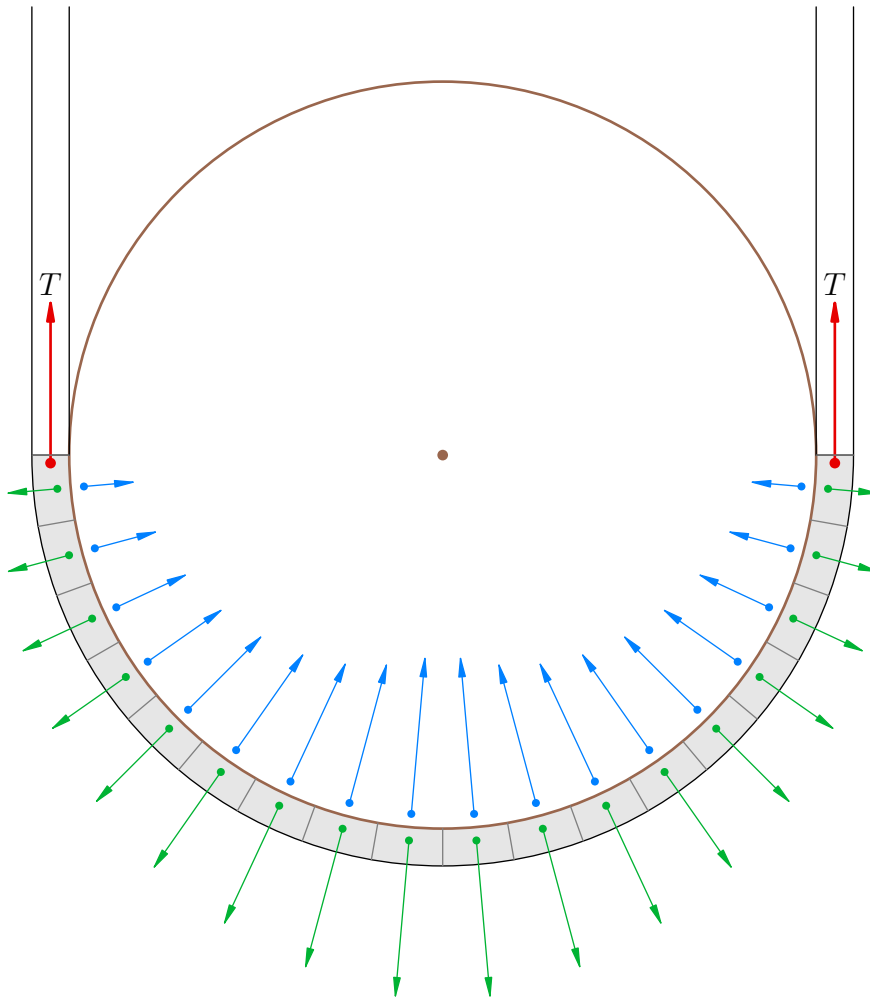
Здесь мы молчаливо предполагаем (как нечто само собой разумеющееся), что *нить действует на блок вверх с силой $2T$* . Тогда, понятное дело, стержень действует на блок вниз с силой $2T$ (ведь блок невесом, и потому приложенные к нему силы уравновешены). Таким образом, сила упругости стержня равна $2T$, и далее в зависимости от ситуации в задаче мы пишем условие равновесия груза в виде $mg = 2T$ или второй закон Ньютона для груза: $ma = mg - 2T \dots$

Ну и в чем же тут подвох? Кажалось бы, курсивное утверждение очевидно: судя по рисунку, две красные силы T действительно тянут блок вверх. Однако это «обман зрения», связанный с тем, что красные точки приложения сил T оказались нарисованы прямо на блоке, и потому рисунок создает иллюзию, что силы T приложены к блоку. На самом же деле сила T упругости нити **приложена не к блоку**: это внутренняя сила нити, с которой один участок нити действует на другой. Ну а тогда возникает закономерный вопрос: если пара красных сил T приложена не к блоку, то с какой же стати мы говорим, что на блок со стороны нити действует сила $2T$?

Давайте разбираться! Мы рассмотрим два подхода к данной ситуации. Сначала детально проанализируем картину сил взаимодействия нити и блока и поймем, почему же в действительности нить действует на блок вверх с силой $2T$. А потом зайдём с другой стороны — применим важный прием «рассмотрим несколько тел как систему», позволяющий исключить из рассмотрения внутренние силы нашей системы и учитывать только внешние силы.

1 Действие нити на блок

Нарисуем крупным планом блок и нить; выделим серым фоном полукруг нити, идущий снизу вдоль блока. Разобьем серый полукруг на много маленьких дуг. Каждая дуга действует на блок с синей силой, направленной к центру блока. Блок же действует на дугу с равной по модулю и противоположной по направлению зеленой силой (рис.).



На рисунке также присутствуют наши старые знакомые — две красные силы T упругости нити. Теперь мы хорошо видим, что эти силы приложены вовсе не к блоку, а к краям серого полукруга со стороны белых вертикальных участков нити.

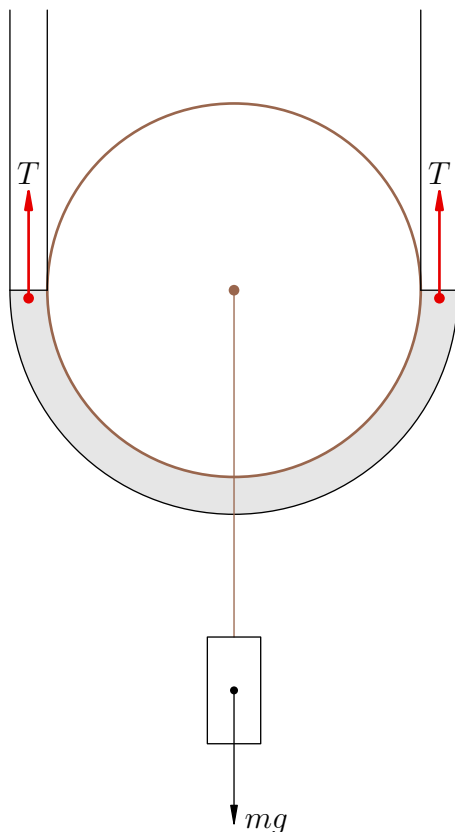
Итак, на серый полукруг действуют две красные силы и много зеленых. Красные и зеленые силы уравновешены, поскольку серый полукруг невесом. Следовательно, сумма зеленых сил (направленная вертикально вниз) равна по модулю сумме красных, то есть $2T$.

Но с другой стороны сумма зеленых сил равна по модулю сумме синих, поскольку каждая зеленая сила равна по модулю соответствующей синей. Значит, сумма синих сил также равна по модулю $2T$. Но сумма синих сил есть не что иное, как сила, действующая со стороны нити на блок. Вот и получается, что сила, с которой нить действует на блок, равна $2T$!

2 Рассмотрим систему!

А теперь, как и было обещано, зайдем с другой стороны — не вникая в картину сине-зеленых сил взаимодействия нити и блока.

Давайте рассмотрим как единую систему следующие четыре тела: блок, невесомый серый полукруг, невесомый стержень и груз. Данная система находится под действием трех внешних сил: силы тяжести mg и двух красных сил T (рис.).



Синие и зеленые силы (взаимодействия серого полукруга и блока), а также сила упругости стержня теперь оказываются внутренними силами нашей системы и потому выпадают из рассмотрения. Учитываются только внешние силы, то есть силы, приложенные к системе со стороны внешних тел:

- сила mg , с которой нашу систему тянет вниз планета Земля;
- пара красных сил T , с которыми нашу систему тянут вверх два белых вертикальных участка нити.

Вот, собственно, и всё! Если имеем задачу по статике, то пишем условие равновесия нашей системы: $mg = 2T$. Ну а в динамической задаче пишем второй закон Ньютона для всей системы (которую, естественно, считаем материальной точкой): $ma = mg - 2T$.

Ну а теперь, разобравшись с системой в целом, можно добраться и до ее частей. Чему равна сила F упругости стержня? Пишем второй закон Ньютона для одного только груза: $ma = mg - F$, сопоставляем его со вторым законом Ньютона для системы и видим, что $F = 2T$. Таким образом, стержень действует на блок с силой $2T$, направленной вниз. И тогда из условия невесомости блока мы заключаем, что нить действует на блок с силой $2T$, направленной вверх. Что и требовалось!