



К. К. Щегольков

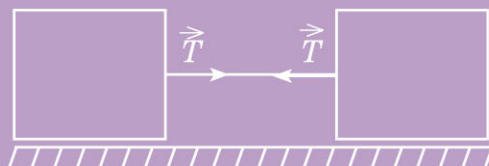
Алгоритмы решения задач  
школьного курса элементарной физики

# МЕХАНИКА. ДИНАМИКА. СТАТИКА. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Учебное пособие  
для учащихся старших классов  
общеобразовательных учебных заведений



$$F_{\text{тр}} = \mu N$$



Москва

/2020

УДК 53(076.5)

ББК 22.3я73

Щ 34

**Щегольков К.К.**

Щ 34 Алгоритмы решения задач школьного курса элементарной физики. Механика. Динамика. Статика. Законы сохранения в механике: Учебное пособие для учащихся старших классов общеобразовательных учебных заведений / К. К. Щегольков. – М.: Прометей, 2020. – 58 с.

Учебное пособие содержит алгоритмы решения задач, типовые задачи и их подробные решения. Пособие может быть рекомендовано учащимся старших классов средних общеобразовательных учебных заведений и абитуриентам технических вузов.

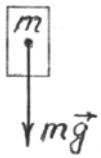
## ОГЛАВЛЕНИЕ

Динамика прямолинейного движения .....	4
Законы сохранения в механике .....	18
Динамика вращательного движения .....	36
Статика.....	49

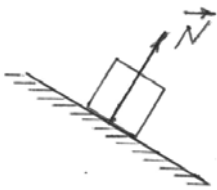
## ДИНАМИКА ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

Решая задачи динамики, нужно прежде всего выяснить, какие силы действуют на тело, движением которого мы интересуемся. Необходимо изобразить эти силы на чертеже. При этом нужно отчетливо представлять себе, со стороны каких тел действуют рассматриваемые силы. Следует помнить, что силы «действия» и «противодействия», фигурирующие в III законе Ньютона, приложены к разным телам. Поэтому на данное тело может действовать лишь одна из этих двух сил.

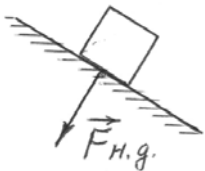
В задачах обычно встречаются следующие типы сил.



1. Сила тяжести  $m\vec{g}$  — сила, действующая на тело со стороны Земли. Эта сила приложена к центру масс тела. Если других сил нет, то сила тяжести сообщает телу массы  $m$  ускорение свободного падения  $g \approx 9,81 \text{ м/с}^2$ . Если пренебречь вращением Земли, а также отклонениями от сферической симметрии распределения составляющих её масс, то силу тяжести можно считать направленной к центру Земли.

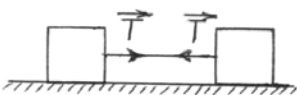


2. Сила реакции опоры  $\vec{N}$  — сила, с которой опора действует на тело. Эта сила перпендикулярна к поверхности соприкосновения тел. Зависимость силы реакции опоры от деформации в задачах обычно не рассматривается.



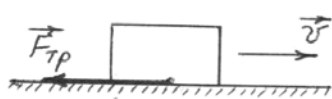
3. Сила нормального давления  $\vec{F}_{\text{н.д.}}$  — сила, с которой тело давит на опору. Эта сила перпендикулярна к поверхности соприкосновения тел, равна по модулю (согласно III-му закону Ньютона) силе реакции опоры и противоположна ей по направлению, так что для модулей этих сил справедливо равенство.

$$F_{\text{н.д.}} = N$$



4. Сила натяжения подвеса  $\vec{T}$  — сила, с которой подвес действует на тело. Эта сила направлена вдоль оси подвеса. Если тела связаны невесомой нитью (верёвкой, тросом и т.п.), то натянутая нить действует с одинаковыми силами как на одно, так и на другое тело. При этом нить может быть перекинута через систему невесомых блоков. Обычно нить считается нерастяжимой и зависимость силы натяжения нити от деформации не рассматривается. Сила натяжения подвеса (сила реакции подвеса), так же, как и сила реакции опоры, относится к силам упругости, особенность которых состоит в том, что

они направлены перпендикулярно к поверхности соприкосновения взаимодействующих тел или вдоль их осей.



5. Сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$  — сила сопротивления, возникающая при относительном перемещении прижатых друг к другу тел. Эта сила направлена по касательной к поверхности соприкосновения тел и противоположна направлению перемещения данного тела.

Важно обратить внимание на неоднозначность силы трения покоя. При покое сила трения в зависимости от других сил, приложенных к телу, может меняться от нуля до некоторого максимального значения, определяемого силой нормального давления  $F_{\text{н.д.}}$ .

$$F_{\text{тр max}} = \mu F_{\text{н.д.}}$$

где  $\mu$  — коэффициент трения.

При скольжении обычно принимается, что  $F_{\text{тр}} = F_{\text{тр max}}$ . Учитывая, что модули сил нормального давления и реакции опоры равны, можно выразить максимальную силу трения  $F_{\text{тр max}}$  через силу реакции опоры  $N$

$$F_{\text{тр max}} = \mu N \text{ (для модулей сил).}$$

Это соотношение часто используется при решении задач.

Для того, чтобы определить направление силы трения, используют следующий приём: предположить, что сила трения мгновенно исчезла, и найти направления относительных скоростей трущихся тел. Направления сил трения будут противоположны направлениям относительных скоростей.

После того как будут найдены действующие на тело силы, следует записать уравнение движения ( $\overline{\text{II}}$ -й закон Ньютона). При движении по прямой  $\overline{\text{II}}$ -й закон Ньютона имеет вид

$$ma = F_1 + F_2 + \dots + F_n,$$

где  $F_1, F_2, \dots, F_n$  — проекции сил на прямую, по которой происходит движение. Положительное направление отсчёта удобно выбирать совпадающим с направлением ускорения. Если направление составляющей силы совпадает с направлением ускорения, то соответствующая проекция силы берётся со знаком плюс, в противном случае — со знаком минус.

До того, как задача решена, направление ускорения, в общем, неизвестно и может быть выбрано произвольно. Если полученное в процессе

решения задачи ускорение положительно, то его направление выбрано правильно, если отрицательно—то неправильно.

В направлении, перпендикулярном к прямолинейному движению, сумма проекций сил равна нулю, т.к. ускорение в этом направлении отсутствует. Этими равенствами можно воспользоваться в случае, когда надо найти силу реакции опоры, определяющую силу трения.

Если рассматривается движение системы тел, то уравнение движения нужно записать для каждого тела системы. Задача может быть решена лишь тогда, когда число независимых уравнений равно числу неизвестных.

В число неизвестных часто кроме величин, которые требуется найти по условию задачи, входят ещё силы реакции опоры, трения и натяжения подвеса, возникающие при взаимодействии тел системы.

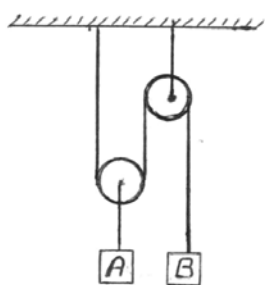
Для решения задачи о движении системы связанных друг с другом тел одних уравнений движения может быть недостаточно. Нужно записать ещё кинематические условия, выражающие собой соотношения между ускорениями тел системы, обусловленные связями внутри неё. Например:

1. Тела, связанные нерастяжимой нитью, имеют одинаковые по модулю ускорения:  $|a_1| = |a_2|$  (обычно это соотношение подразумевается при записи уравнений движения);

2. При наличии подвижного блока ускорение тела А по модулю в 2 раза

меньше ускорения тела В (см. рис.)

$$|a_B| = 2|a_A|$$



Решение следует первоначально получить в общем виде и лишь затем подставлять числовые значения в избранной системе единиц. Полезно проследить как будут изменяться найденные величины в зависимости от величин, заданных в условии задачи.

Если в задаче требуется найти не только силы и ускорения, но также координаты (или пройденные пути) тел и их скорости, то кроме уравнений движения нужно использовать кинематические уравнения для координат и скоростей.