

О ДВИЖЕНІИ

И

ЕГО ПРИЧИНАХЪ.

(Рѣчь проф. Бавчинскаго, приготовленная имъ для произнесения на актѣ, но, по недостатку времени, не произнесена).

По ежедневному опыту приходимъ непосредственно къ убѣжденію, что въ природѣ, при стеченіи одинаковыхъ обстоятельствъ, всегда происходятъ одинаковыя явленія. Такъ напр. свободно пущенное тѣло падаетъ всегда къ землѣ, по прямой линіи, направленной въ центру земли. Обстоятельства, при которыхъ происходитъ извѣстное явленіе, составляютъ его причину. Убѣжденіе въ необходимой и постоянной зависимости явленій отъ ихъ причинъ, побуждаетъ человѣка наблюдать явленія міра, поощряя его въ изслѣдованію причинъ явленій, съ тою цѣлію, чтобы результаты наблюдений обратить въ свою пользу. Въ самомъ дѣлѣ, изслѣдованіе явленій, въ зависимости отъ ихъ причинъ, въ высшей степени интересно для насъ, потому что, изучивъ, какія именно явленія соотвѣтствуютъ извѣстнымъ обстоятельствамъ, мы можемъ дѣлать заключенія насчетъ будущихъ явленій, можемъ именно предвидѣть, что такое случится въ данныхъ обстоятельствахъ, и будетъ ли это для насъ полезно или вредно. Стараясь же вызывать нѣкоторыя

обстоятельства, или по крайней мѣрѣ пользуясь ими, устраняя другія или ихъ избѣгая, мы можемъ, до нѣкоторой степени, приготовить явленія, пріятныя для насъ и полезныя, или избѣжать вредныхъ и опасныхъ. Такимъ образомъ, чѣмъ болѣе мы изслѣдуемъ причины явленій въ природѣ, тѣмъ болѣе становится для насъ возможнымъ оказывать вліяніе на внѣшній міръ, ибо зная, какимъ образомъ происходятъ явленія и при какихъ обстоятельствахъ, мы можемъ вызывать такія явленія, которыя вовсе не произошли бы безъ нашей воли и безъ нашего содѣйствія. Въ самомъ дѣлѣ, вліяніе человѣка на поверхность земнаго шара уже теперь весьма замѣтно: оно сильно въ такой степени, что значительно измѣняетъ наружный видъ земли. Отъ дѣйствія человѣка рѣки измѣняютъ свои направленія, озера исчезаютъ или же вновь являються, земля покрывается полезными для человѣка растеніями и животными, вредные же организмы постепенно исчезаютъ.

Если бы человѣкъ не имѣлъ твердаго убѣжденія въ существованіи зависимости между явленіями и ихъ причинами, и если бы не былъ увѣренъ въ постоянствѣ этой зависимости, то все происходящее въ мірѣ казалось бы ему случайнымъ; тогда по прошедшему ему невозможно было бы ничего заключать о будущемъ; тогда онъ не могъ бы пріобрѣтать никакой опытности и, невидя никакой возможности устранить то, что для него опасно, и предупредить то, что для него полезно, существовалъ бы совершенно пассивно, не имѣя никакого поощренія въ самостоятельной дѣятельности. Но насколько важно для человѣка изслѣдованіе явленій міра, въ зависимости отъ ихъ причинъ, настолько это трудно, по сложности причинъ, производящихъ даже самыя обыкновенныя, повсеминутныя явленія. Такъ напр. легко замѣтить, что воздухъ обнаруживаетъ вліяніе на движеніе тѣлъ; для этого достаточно обратить вниманіе на то, что вѣтеръ уносить съ собою нѣкоторыя тѣла, претятствуетъ движенію другихъ. Дѣйствіе вѣтра на тѣло тѣмъ замѣтнѣе, чѣмъ больше поверхность тѣла въ отношеніи въ его вѣсу.

Каждому также извѣстно, что тоже самое твердое тѣло иначе движется въ воздухѣ, иначе въ водѣ, и различіе это бываетъ иногда разительно: есть нѣкоторыя тѣла, напр. дерево, которыя, будучи предоставлены самимъ себѣ, двигаются въ воздухѣ сверху внизъ, между тѣмъ какъ тѣже самыя тѣла, при тѣхъже остальныхъ обстоя-

тельствахъ, въ водѣ принимаютъ движеніе снизу вверхъ. Такъ какъ есть еще тѣла, которыя и въ воздухѣ не падаютъ внизъ, а, наоборотъ, поднимаются вверхъ, то очевидно, что вообще на движеніе, принимаемое тѣлами, имѣетъ вліяніе среда, въ которой происходитъ движеніе. Отсюда рождается непосредственно вопросъ, какое было бы движеніе свободно пущеннаго тѣла въ пустомъ пространствѣ? Еслибы рѣшить такой упрощенный вопросъ относительно свободно падающихъ тѣлъ, то, чтобы послѣ этого вернуться назадъ къ вопросу о движеніи тѣла въ средѣ, стоило бы только изслѣдовать дѣйствіе среды на движущееся тѣло, или такъ называемое сопротивление, оказываемое движенію средою. Но такъ какъ пустое пространство не представляется само собою въ природѣ, крайней мѣрѣ не представляется на земной поверхности, то надобно образовать его посредствомъ особаго рода приборовъ. Такимъ образомъ, изслѣдованіе самаго обыкновеннаго, но по этому именно очень важнаго явленія, т. е. изслѣдованіе движенія свободно падающихъ тѣлъ, приводитъ насъ къ вопросу, какъ образовать пустое пространство. По этому одному примѣру можно уже вообще судить, почему человѣчество подвигается на пути изобрѣтеній и открытій такъ медленно, почему въ частности надобно было людямъ столько вѣковъ для того, чтобы наконецъ изслѣдовать вполне явленіе движенія падающихъ тѣлъ, котораго законы открылъ гений Галилея, и для точнаго изслѣдованія котораго необходимо было открытіе Торичелли.

Разсмотрѣнный нами сей часъ частный случай служить также примѣромъ того, до какой степени необходимо отдѣлять другъ отъ друга различныя обстоятельства, оказывающія вліяніе на одно и то же явленіе, для того именно, чтобы возможно было наблюдать вліяніе каждаго обстоятельства отдѣльно, и такимъ образомъ отыскать послѣднія простыя причины явленій. Если успѣемъ изучить явленіе, происходящее отъ такихъ обстоятельствъ, которыя уже нераздѣлимы между собою, то найдемъ законъ природы. Таковъ напр. законъ всеобщаго тяготѣнія, открытый Ньютономъ.

Сей часъ мы видѣли, что для открытія законовъ природы, т. е. для изученія явленій, происходящихъ отъ причинъ, по возможности простыхъ, встрѣчается необходимость устранить дѣйствія различныхъ причинъ, за исключеніемъ одной. Явленія, происходящія отъ простыхъ причинъ, рѣдко встрѣчаются въ природѣ непосред-

ственно, и человѣку уже предстоитъ устранять постороннія дѣйствія и обстоятельства, другими словами, ему необходимо производить опыты. Трудность, происходящая при производствѣ опытовъ и наблюденій отъ сложности причинъ, увеличивается еще несовершенствомъ нашихъ чувствъ и нашихъ душевныхъ способностей. Такъ напр., пущенное, свободно падающее тѣло движется такъ быстро, что мы не въ состояніи непосредственно замѣтить съ точностію, какія пространства проходитъ оно въ различные промежутки времени, т. е., мы не въ состояніи замѣтить непосредственно законъ движенія, существующій въ данномъ случаѣ.

Для преодоленія затрудненій, представляющихся при производствѣ наблюденій и опытовъ, полезно и даже необходимо прибѣгать къ устройству различнаго рода приборовъ и инструментовъ. Но эти приборы подлежатъ сами вліянію постороннихъ дѣятелей, которыхъ, если нельзя устранить, то необходимо изучить, для того, чтобы возможно было выводить точныя заключенія по показаніямъ употребляемыхъ приборовъ.

Но и самыя точныя, самыя тщательныя и многочисленныя наблюденія и опыты, если они производятся на удачу, безъ плана и преднамѣренной цѣли, если не направляются высшею мыслію, не поведутъ къ открытіямъ, а напротивъ будутъ составлять тяжелый баластъ науки, мѣшающій ея свободному движенію. Въ наше время, когда число ученыхъ, а слѣдовательно и число ученыхъ трудовъ чрезвычайно увеличилось, нетрудно найти подтвержденіе сейчасъ сказанному. Точно также, какъ при отвлеченномъ разсужденіи, недовольно употреблять истины, произвольно избранныя, для того, чтобы достигнуть какого либо опредѣленнаго заключенія, но нужно подбирать ихъ соотвѣтственно данной цѣли и ставить ихъ кромѣ того въ извѣстномъ порядкѣ одна за другою, — такъ точно, говоримъ, опыты и наблюденія, производимыя на удачу, развѣ только случайно могутъ указать на какое нибудь полезное открытіе. Для достиженія истины, не представляющейся непосредственно, будь это умозрительнымъ, будь это опытнымъ путемъ, необходимо удачно поставить вопросъ и стремиться къ рѣшенію его логически и критически. Но успѣхъ зависитъ почти всегда еще отъ дѣйствія воображенія и нѣкотораго вдохновенія, въ силу которыхъ нужно угадать рѣшеніе вопроса, или точнѣе, предположить напередъ одно или

многія рѣшенія занимающей насъ задачи; такія предположенія направляютъ уже мысль при разсужденіи и указываютъ путь, которому нужно слѣдовать при производствѣ опытовъ и наблюденій. Для того, чтобы высказать новую истину, на какомъ бы то ни было поприщѣ, необходимо, слѣдовательно, и пылкое воображеніе, и строгая логика и критика: качества, равнымъ образомъ необходимыя естествоиспытателю, математику и поэту.

При изслѣдованіи какого бы то ни было явленія, необходимо обращать вниманіе на двѣ его стороны, на то, какъ именно происходитъ явленіе, т. е. въ чемъ состоитъ самое явленіе, и во вторыхъ — на то, при какихъ обстоятельствахъ оно происходитъ, т. е. надобно изучить причины явленія. Такимъ образомъ и — только такимъ образомъ — возможно также изучать явленіе движенія; надобно, во первыхъ, умѣть опредѣлительно представлять самое движеніе и, во вторыхъ, нужно изучить причины движенія. Но движеніе тѣла, даже твердаго, есть явленіе вообще очень сложное, если даже изучать его независимо отъ его причинъ. Тѣмъ болѣе сложныя явленія представляютъ, находящіяся въ движеніи, капельножидкія и газообразныя тѣла.

Если бросить напр. твердое тѣло наклонно въ горизонтъ, то оно пробѣжитъ нѣкоторый путь и упадетъ на землю. Если это тѣло будетъ камень, брошенный для того, чтобы имъ попасть въ опредѣленное мѣсто, или ядро, выстрѣленное изъ орудія, съ цѣлію нанести ударъ въ извѣстный предметъ, то мы обращаемъ вниманіе единственно на поступательное движеніе брошеннаго тѣла и на быстроту его полета, не заботясь объ остальныхъ обстоятельствахъ движенія. Но если такимъ же образомъ бросимъ тѣло, которое мы привыкли видѣть въ опредѣленномъ положеніи, напр. тѣло, которое обыкновенно стоитъ отвѣсно, то сейчасъ замѣтимъ, что брошенное тѣло кромѣ поступательнаго имѣетъ еще и вращательное движеніе. Если, вмѣсто твердаго тѣла, выбросимъ изъ сосуда жидкую массу, наклонно къ горизонтъ, то замѣтимъ, что жидкость, представляющая первоначально сплошную массу, раздробляется постепенно, во время движенія, на части, все уменьшающіяся и удаляющіяся другъ отъ друга, такъ что онѣ падаютъ на землю въ видѣ болѣе или менѣе крупнаго дождя. По сложности движенія жидкостей, движеніе ихъ, если только оно происходитъ до нѣкоторой степени правиль-

нымъ образомъ, представляетъ любопытное и красивое явленіе, какъ напр. движеніе воды въ фонтанахъ, каскадахъ и водопадахъ.

Вообще нужно замѣтить, что для того, чтобы явленіе было любопытно и красиво, необходимы два условія: нѣкоторая, неслишкомъ большая сложность и симметрія или правильность. Такъ напр., если на бѣлый столъ разсыпать на удачу множество кусковъ проволоки, разноцвѣтныхъ и различной длины, то изъ этого не произойдетъ ничего красиваго и не составитъ ничего занимательнаго. Если эти куски по длинѣ и цвѣту до такой степени различны между собою, что не найдется между ними двухъ одинаковыхъ, то трудно было бы расположить на столѣ эти куски такимъ образомъ, чтобы на первый взглядъ можно было чувствовать въ этомъ расположеніи нѣкоторую законность или извѣстную правильность. Напротивъ того, если наши куски проволоки раздѣляются по ихъ длинѣ напр. на три, а по цвѣту на четыре сорта, то легко уже будетъ расположить ихъ въ нѣкоторую правильную и красивую фигуру и правильно расположенную относительно очертаній самаго стола. Если такую фигуру начертить на столѣ, то она можетъ служить ему украшеніемъ.

Точно также, если имѣть множество музыкальныхъ инструментовъ, издающихъ различные тоны различной звучности, если всѣ эти тоны производить безъ всякаго порядка и безъ всякой послѣдовательности, то изъ этого произойдетъ самая безобразная какофонія, еслибы даже тоны, свойственные отдѣльнымъ инструментамъ, звучали очень пріятно. Если же, напротивъ того, повторять одинъ тонъ въ равные промежутки времени, и притомъ одинъ тонъ производить напр. вдвое скорѣе другаго, то изъ этого уже произойдетъ родъ нѣкоторой, весьма простой музыки, правда слишкомъ однообразной, если долго повторять одно и то же, но впрочемъ довольно пріятной, если тоны звучать хорошо, если между ними есть нѣкоторая зависимость, именно, если между числами сотрясеній, образующихъ эти тоны, существуетъ нѣкоторое очень простое отношеніе. Это именно свойство двухъ тоновъ, образующихъ хорошій аккордъ, доказываетъ, что равно, какъ для глаза такъ и для уха, пріятно, если чувствуемъ, хотя и безсознательно, нѣкоторую правильность въ явленіи.

Мы занимались движеніемъ вообще, а между тѣмъ мы сдѣлали отступленіе къ музыкѣ, оставивъ повидимому вполне нашъ пред-

метъ. Но это отступленіе только кажущееся: музыкальные тоны тоже происходятъ вслѣдствіе сотрясательнаго, быстраго движенія. Движеніе въ природѣ мы встрѣчаемъ на каждомъ мѣстѣ и въ каждое время. Движеніе небесныхъ свѣтилъ, движеніе воды въ рѣкахъ и ручьяхъ, движеніе водяныхъ паровъ въ видѣ тучъ и облаковъ, движеніе воздуха въ видѣ вѣтровъ, движеніе машинъ, движеніе животныхъ и человѣка, вотъ явленія, съ которыми мы встрѣчаемся каждую минуту нашего существованія и которыя обнаруживаютъ самое существенное вліяніе на всѣ обстоятельства нашей жизни. Если къ движеніямъ, которыя замѣчаемъ непосредственно, къ движеніямъ въ родѣ тѣхъ, о которыхъ мы сейчасъ упоминали, присовокупить еще тѣ, которыя намъ представляются въ видѣ другихъ явленій, по видимому не имѣющихъ ничего общаго съ движеніемъ, и которыя только вслѣдствіе ученыхъ изслѣдованій оказываются движеніями, то убѣдимся, что рѣдкіе дѣятели въ природѣ не могутъ быть подведены подъ явленіе движенія. И такъ, легко убѣдиться опытами, что ощущеніе звука происходитъ въ насъ вслѣдствіе сотрясеній окружающей насъ среды (воздуха); болѣе же тонкія изслѣдованія дѣлаютъ вѣроятнымъ, что чрезвычайно быстрыя колебанія нѣкотораго, очень тонкаго и упругаго вещества, называемаго эфиромъ, и наполняющаго всю вселенную, возбуждаютъ въ насъ ощущенія свѣта и теплоты. По этому видно, какъ важно и необходимо изслѣдовать законы движенія и самыя разнообразныя его причины. Но съ другой стороны, — и мы уже на это обращали вниманіе, — движеніе тѣлъ представляетъ явленіе очень сложное, до такой степени сложное, что точное и ясное опредѣленіе одного только движенія тѣла, не обращая даже вниманія на его причины, совсѣмъ не легко.

Для точнаго опредѣленія движенія тѣла полезно, и даже необходимо раздѣлить мысленно тѣло на мелкія части; если точно опредѣлить движеніе каждой изъ этихъ частей, то тогда будетъ опредѣлено и движеніе самаго тѣла. Ясно, что чѣмъ меньше части, на которыя мы такимъ образомъ, мысленно, раздѣляемъ движущееся тѣло, тѣмъ точнѣе будетъ опредѣлено движеніе тѣла по движенію каждой изъ его частей. Но такой процессъ мысленнаго дѣленія тѣла на части можно продолжать неопредѣленно. Не существуетъ столь малыхъ частей тѣла, которыхъ нельзя бы вообразить раздѣленными въ свою очередь на части. Если же, не

ограничиваясь никакими предѣлами, мы захочемъ уменьшать до безконечности всѣ размѣры частей тѣла, на которыя мы его мысленно раздѣляемъ, то говоримъ въ такомъ случаѣ, что раздѣляемъ тѣло на матеріальныя точки, или—что воображаемъ тѣло состоящимъ изъ безконечнаго числа матеріальныхъ точекъ.

Разумѣется само собою, что въ такомъ опредѣленіи матеріальныхъ точекъ не содержится ничего гипотетическаго; матеріальныя точки въ особенности не имѣютъ ничего общаго съ гипотезою объ атомистическомъ строеніи тѣлъ, въ силу которой всѣ тѣла представляются состоящими изъ огромнаго числа чрезвычайно малыхъ, абсолютно твердыхъ, физически недѣлимыхъ и неизмѣняемыхъ частицъ, отстоящихъ другъ отъ друга на очень значительное разстояніе, въ сравненіи съ размѣрами этихъ частицъ. Разсматривая въ тѣлѣ вышеопредѣленныя матеріальныя точки, мы представляемъ себѣ тѣла вполне сплошными, такъ точно, какъ мы ихъ воспринимаемъ непосредственно нашими чувствами; но надобно замѣтить, что собственно мы раздѣляемъ на части пространство, занимаемое тѣломъ, и потому, воображая тѣло состоящимъ изъ матеріальныхъ точекъ, мы вовсе не отвергаемъ и не противорѣчимъ гипотезѣ атомовъ, потому именно, что раздѣливъ пространство на части, мы ничего не предполагаемъ насчетъ того, чѣмъ наполнено это пространство.

Мысленное раздѣленіе цѣлаго на части, уменьшающіяся неопредѣленно, и восстановленіе цѣлаго изъ безконечнаго множества безконечно малыхъ частей служить основнымъ понятіемъ дифференціальному и интегральному исчисленіямъ и даетъ возможность ввести въ математику понятіе о непрерывномъ измѣненіи величинъ. Но движеніе точки состоитъ именно въ непрерывномъ измѣненіи ея положенія въ теченіе времени, которое мы полагаемъ измѣняющимся также непрерывно. Движеніе это будетъ опредѣлено, если будетъ опредѣлена линія, называемая траекторіею, по которой происходитъ движеніе точки, и если будетъ извѣстно въ каждое время разстояніе движущейся точки, считаемое по траекторіи, отъ опредѣленной точки этой же траекторіи. Разстояніе это измѣняется непрерывно съ теченіемъ времени. Разсматривая это разстояніе, какъ состоящее изъ безконечнаго множества безконечно малыхъ частей траекторіи, и воображая каждый конечный промежутокъ

времени также состоящимъ изъ безконечно великаго числа мгновений, можемъ, давая безконечно малыя приращенія времени и пространству, вообразать и время и пространство измѣняющимися непрерывно и подвергнуть такимъ образомъ величины, характеризующія движеніе, вычисленію, при помощи дифференціального и интегрального исчисленій.

Движеніе тѣла есть менѣе сложное, если всѣ точки тѣла движутся совершенно одинаково, т. е. если всѣ онѣ описываютъ одинаковыя траекторіи и если какая нибудь изъ этихъ точекъ приходитъ въ данное время такое же пространство, какое описываетъ каждая изъ остальныхъ въ тотъ же самый промежутокъ времени. Относительно твердаго тѣла это возможно, очевидно, только въ томъ случаѣ, если движеніе каждой точки есть прямолинейное. Такое движеніе есть исключительно поступательное, ибо при немъ не происходитъ никакого вращенія. Въ допускаемомъ нами теперь случаѣ, достаточно изслѣдовать движеніе одной только точки, чтобы вполне опредѣлить движеніе всего тѣла. Слѣдовательно изученіе движенія тѣла, при такихъ обстоятельствахъ, значительно упрощается, такъ какъ при этомъ слѣдуетъ опредѣлить движеніе одной только точки, которой траекторія имѣетъ къ тому-же видъ самый простой. Для полного опредѣленія разсматриваемаго нами теперь движенія, слѣдуетъ только найти законъ измѣненія проходимаго пространства съ измѣненіемъ времени. Самая простая зависимость пространства отъ времени случится тогда, когда точка въ равныя промежутки времени проходитъ одинаковыя пространства. Такое движеніе, называемое равномернымъ, каждый понимаетъ легко и непосредственно, и отношеніе пройденнаго пространства къ соотвѣтствующему промежутку времени, которое будетъ постоянно, каковъ бы ни былъ этотъ промежутокъ, называется какъ извѣстно, скоростію этого движенія.

Движеніе свободно падающаго тѣла въ пустотѣ, или въ средѣ, находящейся въ покоѣ, принадлежитъ къ простѣйшимъ, потому что оно есть поступательное прямолинейное. Но движеніе это не есть равномерное. Законъ этого движенія, если оно происходитъ въ пустомъ пространствѣ, состоитъ въ томъ, что пройденныя пространства пропорціональны квадратамъ соотвѣтствующихъ имъ

промежутковъ времени, такъ что, считая всегда съ начала движенія и пройденное пространство и время, пространство, пройденное въ двойной промежутокъ времени, будетъ въ четыре раза больше пространства, пройденнаго въ простой промежутокъ времени.

Несмотря на относительную простоту движенія свободно падающихъ тѣлъ въ пустомъ пространствѣ, движеніе это было изслѣдовано вполнѣ только въ новыя времена, какъ это мы уже имѣли случай замѣтить, по поводу быстроты, съ которою происходитъ движеніе и по поводу вліянія, оказываемаго окружающею средою.

Такъ какъ для опредѣленія движенія точки необходимо знать ея траекторію, т. е. кривую, описываемую точкою, и такъ какъ эта кривая представляетъ одну изъ характеристикъ движенія, то ясно, что для того, чтобы можно было сравнивать между собою самыя различныя движенія, которыя, слѣдовательно, могутъ совершаться по самымъ разнообразнымъ кривымъ, надобно прежде всего изслѣдовать свойства кривыхъ. И такъ, подобно тому, какъ разсматриваніе движенія падающихъ тѣлъ наводитъ на физическую задачу объ образованіи пустаго пространства, такъ опять изслѣдованіе движенія вообще матеріальной точки указало на необходимость рѣшенія очень трудной геометрической задачи. Что изслѣдованіе свойствъ кривыхъ линій затруднительно, это понятно уже потому, что, вообразивъ произвольно начерченную кривую, во все не легко описать или рассказать точно, какъ именно расположены точки кривой и чѣмъ она отличается отъ другихъ кривыхъ.

Легче всѣхъ кривыхъ мы понимаемъ окружность круга. Каждый умѣетъ начертить окружность круга на данной плоскости, имѣющую данный центръ и данный радіусъ, и легко вообразить окружности, описанныя различными радіусами. Для изслѣдованія другихъ кривыхъ стараются сравнивать ихъ, нѣкоторымъ образомъ, въ различныхъ ихъ точкахъ, съ прямою линіею и съ окружностію круга. Съ этою цѣлію геометры отыскивали способъ опредѣлять нѣкоторыя прямыя и нѣкоторыя окружности, свойственныя каждой точкѣ кривой, кака-бы впрочемъ ни была эта кривая. Упомянемъ здѣсь о прямой, называемой касательною и о соприкасающейся окружности въ данной точкѣ кривой.

Чтобы имѣть приблизительное понятіе о касательной, проведенной въ данной точкѣ опредѣленной кривой, стоитъ только чрезъ эту точку и чрезъ другую точку, также лежащую на кривой, по возможности близкую предыдущей, провести сѣкущую прямую линію. Чѣмъ ближе первой лежитъ вторая точка, тѣмъ болѣе сѣкущая приближается къ касательной. Изъ сказаннаго видно, что касательная измѣняетъ свое направленіе, при переходѣ отъ одной точки кривой въ другіе ея точкамъ.

Если по двумъ сторонамъ точки, избранной произвольно на кривой, возьмемъ двѣ точки, лежащія тоже на кривой, но не лежащія съ первоначальной точкою на одной прямой линіи, то эти три точки опредѣляютъ нѣкоторую плоскость. Въ самомъ дѣлѣ, очевидно, что чрезъ каждыя три точки, не лежащія на прямой линіи, можно всегда проложить плоскость, но нельзя провести двухъ плоскостей различныхъ между собою.

На этой же плоскости, чрезъ эти три первоначально избранныя точки, можно провести окружность, но нельзя провести двухъ различныхъ между собою окружностей. Такимъ образомъ три точки, не лежащія на одной прямой линіи, опредѣляютъ вполне окружность круга. Чѣмъ ближе лежатъ двѣ избранныя точки на кривой, относительно первоначально данной точки, тѣмъ ближе подходитъ окружность, опредѣляемая этими тремя точками, къ соприкасающейся окружности, соотвѣтствующей первоначальной точкѣ. Радіусъ этой послѣдней окружности называется радіусомъ первой кривизны въ данной точкѣ кривой, центръ ея есть центръ кривизны, ея же плоскость составляетъ такъ называемую геометрическую плоскость соприкосновенія.

Возвращаясь теперь, послѣ этого отступленія къ теоріи кривыхъ линій, къ разсмотрѣнію движенія, замѣтимъ, что скоростію движущейся точки въ данный моментъ времени называютъ математики нѣкоторую линейную длину, отложенную на касательной въ траекторіи, проведенной чрезъ движущуюся точку, длину, которой дано направленіе, совпадающее съ направленіемъ движенія.

Если вообразить пространство, пройденное точкою, въ какойнибудь очень малый промежутокъ времени, и раздѣлить длину этого пространства на величину промежутка времени, выраженную въ доляхъ секунды, то получимъ число, которое тѣмъ болѣе будетъ

подходить къ числовой величинѣ скорости, соотвѣтствующей положенію точки въ началѣ промежутка, чѣмъ меньше будетъ самъ промежутокъ. Въ равномерномъ движеніи, рассматриваемое нами отношеніе выходитъ тоже самое, взять ли малый или большой промежутокъ времени, и оно именно представляетъ скорость въ значеніи слова, придаваемомъ ему въ общежитіи. Мы рассматриваемъ теперь движущуюся точку: она принадлежитъ движущемуся тѣлу. Причину движенія составляютъ всѣ обстоятельства, въ которыхъ находится тѣло. Коль скоро движенія тѣла различны между собою, то по общему началу зависимости явленій отъ ихъ причинъ, причины этихъ движеній не могутъ быть одинаковы, хотя на оборотъ—различнымъ обстоятельствамъ могутъ соотвѣтствовать одинаковыя движенія. Движеніе тѣла будетъ опредѣлено, если мы опредѣлимъ движеніе каждой его матеріальной точки. Но матеріальная точка есть не что иное, какъ безконечно малое тѣло; слѣдовательно причиной движенія точки суть всѣ обстоятельства, въ которыхъ находится точка. Причины двухъ движеній точки могутъ быть или различны или одинаковы. Какъ же сравнивать между собою эти причины? Мы всегда судимъ о причинахъ по произведеннымъ ими дѣйствіямъ. Въ чемъ же состоитъ дѣйствіе въ нашемъ случаѣ? Въ совершившемся движеніи, которое опредѣляется и видомъ траекторіи и пройденнымъ на ней пространствомъ. Понятно еще, что если въ продолженіе движенія точки измѣняются обстоятельства, въ которыхъ находится точка, то это именно значитъ, что причины движенія измѣняются въ продолженіе времени. Слѣдовательно, если причины движенія въ каждый моментъ этого движенія различны между собою, то и любопытно знать, чѣмъ онѣ различаются между собой, и рождается вопросъ, нельзя ли эти причины точно сравнивать между собою, рассматривая ихъ какъ величины, состоящія между собою въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ. Для этой цѣли, очевидно, необходимо найти нѣкоторую величину, которая характеризовала бы движеніе въ каждое его мгновеніе. Такую величину представляетъ нѣкоторая линейная длина, опредѣляемая геометрами по ея величинѣ и направленію. Она измѣняется съ измѣненіемъ положенія движущейся точки и зависитъ столько же отъ вида траекторіи, какъ и отъ закона движенія точки на своей траекторіи. Линія эта лежитъ постоянно на сопрягающейся плоско-

сти, которая, какъ мы видѣли, измѣняетъ свое положеніе въ пространствѣ. Чтобы получить эту линію, надобно построить прямоугольникъ на двухъ длинахъ, изъ которыхъ одна отложена по направленію касательной, другая же по перпендикулярному къ ней направленію радіуса первой кривизны. О длинѣ первой линіи получимъ понятіе, если раздѣлимъ маленькое приращеніе скорости на соотвѣтствующій ему маленькій промежутокъ времени. Длину другой получимъ, раздѣляя квадратъ скорости на радіусъ кривизны. Самая же наша линія служитъ діагональю построенному такимъ образомъ прямоугольнику. Причину движенія точки въ каждое мгновеніе полагаютъ пропорціональною этой линіи. Причину движенія точки называютъ силою. Такимъ образомъ силу изображаютъ прямою линіею, имѣющею опредѣленную длину и опредѣленное направленіе, въ каждое мгновеніе времени.



