

МЕХАНИКА СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

Кузьмин А.А.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт,
г. Санкт-Петербург*

Ключевые слова: механика, средневековье, сила, сопротивление, скорость, импульс.

Аннотация. С крушением Западной Римской империи в Европе наступила другая эпоха: пришли в упадок ремесла, опустели города, заросли поля – произошла варваризация. Это не коснулось Восточной части со столицей в Константинополе, сохранились ремесла, торговля, традиционные научные школы. Разгром Константинополя крестоносцами, а также давление арабов и турок привели к оттоку из Византии ученых и ремесленников в Западную Европу и на Восток. С XII века началось интенсивное развитие Европы, начали открываться университеты, формироваться новые научные школы. Наряду с экономическим подъемом произошла гуманизация науки, искусства и образования. Наступившая эпоха Возрождения создала новое мышление и поставила перед механикой и другими науками задачу превращения из описательных наук в созидательные.

MECHANICS OF THE MIDDLE AGES

Kuzmin A.A.

Saint-Petersburg State Technological Institute, Saint-Petersburg

Keywords: mechanics, Middle Ages, force, resistance, speed, impetus.

Abstract. With the collapse of the Western Roman Empire, another era began in Europe: crafts fell into decline, cities were emptied, fields were overgrown – barbarization occurred. This did not affect the Eastern part with the capital in Constantinople, crafts, trade, and traditional scientific schools were preserved. The defeat of Constantinople by the Crusaders, as well as the pressure of the Arabs and Turks, led to the outflow of scientists and artisans from Byzantium to Western Europe and to the East. Since the XII century, the intensive development of Europe began, universities began to open, new scientific schools were formed. Along with the economic recovery, there was a humanization of science, art and education. The coming Renaissance created a new way of thinking and set mechanics and other sciences the task of turning from descriptive sciences

Понятие Средневековье обычно применяется к странам Западной Европы и охватывает период V-XV веков. В качестве конкретных дат указывают время с 395 года (разделение Римской империи на Западную и Восточную) по 1453 год (падение Константинополя) [1], иногда рассматривают период с 476 года (падение Западной Римской империи) по 1492 год (окончание Реконкисты, экспедиция Колумба). Падение Западной Римской империи и ее варваризация привели к резкому упадку ремесел, земледелия, культуры и как следствие науки. Восточная часть, дальше именуемая Византия устояла, сохранились города, ремесла, научные школы. Ученые Византии продолжали традиции позднего эллинизма. Знаковым для Византии был период правления императора Юстиниана I (527-565), это было время военной экспансии, реформ права и управления, активной христианизации и строительства. Деятельность ученых того времени соответствовала тем задачам, которые были наиболее актуальны. Уместно добавить, что активная христианизация, например закрытие Афинской

Академии в 529 году способствовала миграции ученых в соседние страны [2]. Также надо отметить, что с середины VII века с образованием Арабского халифата (632 г.), в войнах с которым Византия постепенно теряет свои территории, а вместе с ними научные центры и школы, начинается переезд ученых на Восток, а впоследствии и на Запад. Период с VIII по XIII век известен как золотой век ислама. Научным языком, сохранившим античное наследие, становится арабский, а ведущими научными центрами Багдад, Дамаск и другие города мусульманского мира. С XII-XIII веков начинается активное экономическое развитие Западной Европы [3], в повседневную жизнь которой вошли стремена, повозки с поворотной осью, шелк, порох, ветряные мельницы, астролябия. Наряду с заимствованиями с Востока в Западной Европе появились свои изобретения и технологии: очки, доменные печи, чугун, печатный станок, огнестрельное оружие и т.д. На заключительном этапе своего существования после разгрома Константинополя крестоносцами в 1204 году Византия утратила как политическую, так и научную значимость. В 1453 году турки-османы под предводительством султана Мехмеда II взяли Константинополь и Византия прекратила свое существование.

Во времена позднего эллинизма ученые в большей степени занимались решением практических задач и анализом уже написанных работ, чем созданием новых теорий и эта тенденция сохранилась. Крупнейшим ученым раннего Средневековья был Исидор Милетский (442-537), решивший ряд математических задач и преподававший в Александрии и Константинополе. Наиболее значимым творением ученого является совместное с Анфимием Тралльским (474-534) строительство Собора Святой Софии в Константинополе. Собор был построен в 532-537 гг. по решению императора Юстиниана I. Соавтор Исидора по строительству собора Анфимий из Тралл был математиком, архитектором и инженером. Анфимию также принадлежит описание параболических зеркал и другие работы, часть трудов ученого переведена на арабский.

Качественно новый по сравнению с Аристотелем подход к анализу падения тел в пространстве осуществил александрийский ученый Иоанн Филопон (490-570). Если по Аристотелю скорость падающего тела пропорциональна отношению веса к силе сопротивления среды, то по Филопону скорость падающего тела пропорциональна разности веса и силы сопротивления среды. Комментируя «Физику» Аристотеля, Филопон объясняет движение брошенного тела наличием движущей силы, которая сообщается телу от источника движения. Эта сила, полученная и воспринятая брошенным телом, получила название импетуса и была прообразом импульса и кинетической энергии [4].

Составной частью Византийской империи была Армения, имеющая многовековые культурные традиции, письменность и опыт собственной государственности. Это позволяло выходцам из Армении занимать самое высокое социальное положение. Философ, математик, алхимик и географ Анания Шикараци (610-685) получил образование в Трапезунде, после чего организовал преподавание составляющих квадриум наук в школах Армении. Им написан ряд работ по арифметике, летоисчислению, космографии, составлен «Географический атлас мира». Армянское происхождение имел основатель и

первый ректор Магнаврской высшей школы в Константинополе Лев-Математик (790-869). Философ, математик, физик, астроном до организации школы (Константинопольского университета) в 855-856 гг. преподавал математику, занимал кафедру архиепископа Фессалоник [5]. Лев-математик один из первых начал в формулах заменять цифры на буквенные обозначения, открывая дорогу алгебре, как механик спроектировал механизмы-автоматы Приемного зала Большого дворца.

Как правило, иерархи Католической церкви были образованными людьми и покровительствовали наукам и искусствам. Римский папа Сильвестр II (999-1003) он же Герберт Реймский (946-1003) родился в центральной Франции, пошел в монастырь и получил хорошее образование. Его знания и способности были по достоинству оценены, и он сделал успешную церковную карьеру, не переставая быть ученым. Научные интересы Герберта лежали главным образом в области математики и астрономии, ученый был активным популяризатором науки. Ознакомившись с арабской системой цифр, работая в составе дипломатической миссии в Кордове, он начал широкое внедрение этой системы, восстановил абак, представил армиллярную небесную сферу. Как деятель церкви боролся с продажей церковных должностей.

К XII веку Византия утратила часть территорий на восточном побережье Средиземного моря, но оставалась великой научной державой, в Западной Европе начинался рост, а Великий Новгород находился на экономическом подъеме. Киевская Русь того времени была культурной периферией Византии, а центрами знания Руси того времени были монастыри. Монах Антониева монастыря в Новгороде Кирик Новгородец (1110-1158) – первый известный по имени русский математик [6]. Ему принадлежит два труда, где непосредственно подтверждено его авторство и статус: «Учение о числах» и «Вопрошание Кириково». Из второго труда следует, что во время его написания автор имел сан иеромонаха. «Учение» соответствует византийскому пониманию математики, хронологии, пасхалистики. Из трактата следует, что по объему знаний и уровню понимания арифметики, геометрии и астрономии автор «Учения» как минимум соответствовал обладателю квадривиума – второй ступени средневекового образования. Опыт службы domestиком подтверждает музыкальную подготовку Кирика Новгородца.

С начала XII века начался рост Европы и знаковым событием здесь был выход в свет трактата немецкого монаха Теофила «Записки о различных ремеслах». Как правило, экономический рост сопровождается развитием науки. Наилучшие условия для развития науки и ремесел сложились в Италии ввиду ее близости с более развитыми в научном и технологическом плане Византией и Арабским халифатом. Сын торговца Леонардо Пизанский (1170-1250), более известный как Фибоначчи в молодости жил в Алжире и учился у арабских математиков. Также он часто бывал в Византии, Сирии, Египте, где тоже изучал математику. Освоив позиционную систему, он изложил ее содержание в увидевшей свет в 1202 году «Книге абака». «Книга» содержит примеры решения задач по арифметике и алгебре, включая дроби, пропорции, арифметическую и геометрическую прогрессию, извлечение корня, квадратные уравнения и другие

разделы. «Книга» получила признание, автор был приглашен ко двору императора Фридриха II и написал ряд имеющих научное значение трактатов: «Практика геометрии», «Цветок», «Книга квадратов» и др. Фибоначчи участвовал в математических турнирах и составленные им задачи представляют самостоятельную ценность.

Прорывными для XIII века были трактаты Иордана Неморария (1225-1260) и его последователей: «О тяжестях», «Элементы доказательств, касающихся тяжестей», «Книга о пропорциях тяжести» или «О весомости». При рассмотрении равновесия рычага автор учитывает положение груза и вводит понятие «тяжести соответственно положению». Груз, более удаленный от центра, движется по окружности большего радиуса и проекция дуги движения этого груза на вертикаль больше проекции на вертикаль дуги движения такого же груза, менее удаленного от центра. Следовательно, «тяжесть соответственно положению» двух равных, но разноудаленных от центра грузов пропорциональна проекциям дуг движения этих грузов на вертикаль, а радиусы дуг движения равны расстояниям от этих грузов до центра, отсюда равновесие рычага сводится к равенству «тяжестей соответственно положению». Распространив геометрический подход на равновесие ломаного (коленчатого) рычага, Иордан подошел к понятию «вращающего момента». В ряде случаев автор использует понятие «сколь угодно малые дуги», что является шагом на пути к принципу возможных перемещений. Ученый анализировал наклонную плоскость и решал другие задачи; какой-либо информации о нем почти не сохранилось, можно лишь утверждать, что его деятельность относится к первой половине XIII века [7].

В Раннем Средневековье образовательными центрами были монастыри, но по мере развития стали возникать новые формы обучения – университеты. Первый университет был открыт в 855 году в Константинополе, в Западной Европе старейшим считается Болонский университет, открытый в 1088 году. К старейшим относится и Оксфордский университет, основанный в 1096 году. В 1260 году в составе Оксфордского университета был основан Мертон-колледж, в недрах которого сформировалась, Оксфордская школа. Ярким представителем этой научной школы был философ, математик, теолог Томас Брадвардин (1300-1349). Он решал различные задачи, в том числе логики [8], написал ряд крупных научных трудов: «О теоретической геометрии», «Трактат о континууме», «Трактат о пропорциях или о пропорциях скоростей при движении» и др. В трактате «О пропорциях скоростей при движении» Брадвардин сформулировал закон скоростей следующим образом: «Отношение скоростей при движениях меняется соответственно отношению движущих сил к силам сопротивления». Закон Брадвардина стал этапом на пути введения понятий мгновенная скорость и ускорение. Полноценное решение задачи кинематики получили в Новое Время в рамках классической механики.

Деятельность многих средневековых ученых связана с анализом трудов Аристотеля. В механике Аристотель решал две задачи: равновесия и движения. Аристотель считал причиной движения брошенного тела силу, которая к телу была приложена, а дальнейшее движение тела обусловлено разностью между этой силой и силой сопротивления, но он не отвечал на вопрос: каким образом

эта сила передалась телу от источника движения. Вопросом механизма передачи движения занимались многие мыслители и не только механики, например Фома Аквинский (1225-1274) вводил понятие «сила движущегося» [9]. В XIII веке в оборот понятие «импетус», аналогом которого условно можно считать импульс. Анализируя трактаты Аристотеля, французский философ Жан Буридан (1300-1358) определил импетус как некую силу, которая исходит от движущего и запечатлевается в движимом теле. Величина импетуса определяется как скоростью, сообщаемой движимому телу, так и его количеством материи [10]. Свою позицию Жан Буридан изложил в «Вопросах к «Физике» Аристотеля» и «Вопросах к сочинению Аристотеля «О небе». Французский ученый понимал импетус как постоянное качество движущегося тела, запечатленное в нем. Вследствие сопротивления среды и стремления к другому месту импетус уменьшается. Теорию импетуса развил последователь Жана Буридана ректор Парижского (1357) и первый ректор Венского (1365) университетов, епископ Хальберштадта (1366-1390) Альберт Саксонский (1316-1390). В качестве иллюстрации действия импетуса он приводил пример. Если раскрутить до высокой скорости вращения большой жернов и прекратить дальше его раскручивать, то сообщенный ему импетус и дальше будет крутить жернов, но вследствие сил сопротивления импетус будет снижаться, а жернов замедлять свое вращение [11]. Рассматривая падение тел, он считал, что скорость будет расти в соответствии с удвоением, утроением пройденного пути и прошедшего времени. Следующая задача Альберта Саксонского по иллюстрации теории импетуса рассматривалась впоследствии Галилеем и другими учеными. Если Землю просверлить через центр и бросить тело, то это тело пройдет через центр насквозь, пока импетус не уменьшится до нуля и тело будет возвращаться назад, снова проходя через центр. По мере нарастания числа колебаний их амплитуда будет уменьшаться пока импетус не станет равным нулю. Также с помощью теории импетуса ученый пытался решить задачи космологии. Всегда актуальной, но особенно после появления огнестрельного оружия была задача определения траектории горизонтально брошенного тела. Начиная с Николая Кузанского (1401-1464) сложилось общее понимание понятия импетуса на примере данной задачи. На первом, горизонтальном участке импетус нейтрализует действие силы тяжести, второй участок – комбинация насильственного и естественного движений, третий участок – естественное движение вниз под действием силы тяжести. Николай Кузанский закончил Гейдельбергский университет, занялся богословием, получил сан священника и прошел длинный путь до кардинала и генерального викария Римско-католической Церкви. Обладая отличной математической подготовкой, церковный иерарх содействовал становлению в Европе естественно-научного мировоззрения, настаивал на реформе юлианского календаря. Николай Кузанский написал трактаты «О квадратуре круга», «О соизмерении прямого и кривого», его изобретением является рассеивающая линза для очков. Труды по философии, теологии, астрономии представляют самостоятельный интерес. Научные взгляды Николая Кузанского восприняли Леонардо да Винчи, Галилей, Коперник и другие ученые Нового Времени.

Во времена позднего Средневековья ученые больше тяготели к решению прикладных задач, чем к созданию принципиально новых теорий. В данном случае уместно провести аналогию с поздним Эллинизмом. В этот период в Западной Европе были освоены изобретения и технологии, которые в последующем позволили создать передовые науку, промышленность, армию и флот. Так в 1405 году немецкий военный инженер Конрад Кайзер фон Айхштадт (1366-1405) предложил полый чугунный корпус заполнить порохом – так появилась граната. Участник многих сражений Конрад Кайзер свой опыт применения и технологии изготовления оружия и другой техники той эпохи изложил в трактате «Беллифортис». Там же приведено описание хрестоматийного кривошипно-шатунного механизма. Конец эпохи Средневековья ознаменовался применением оружия принципиально нового вида. Это было огнестрельное оружие: сначала артиллерия, а затем и ручное. Если толстые стены крепостей могли устоять против требушетов и других видов метательных орудий, то перед осадной артиллерией не могли устоять самые толстые стены. Так каменные стены, построенные еще в V веке при императоре Феодосии II, столетиями надежно защищали столицу Византии – Константинополь. При осаде города турками эти стены выдержали подкопы взрывников, но не выдержали систематического обстрела из тяжелых орудий. 29 мая 1453 года выстрелом из отлитой венгерским мастером Урбаном огромной бомбарды «Базилика» в стене была проделана брешь, в которую ворвались османы и город пал. Орудие весило тридцать две тонны, метало каменные ядра весом свыше полутонны на расстояние до двух километров. С появлением артиллерии изменился поход к строительству крепостей. Наряду с постепенным захватом территорий Византии в XIV-XV веках турками-османами на другом конце Европы шла столетняя война между Англией и Францией. В этой войне благодаря ряду блистательных побед прославились английские лучники, однако на заключительном этапе войны примерно с 1428 года Франция перехватила инициативу. Этому способствовало активное применение артиллерии. 17 июля 1453 года французская армия под командованием главного магистра артиллерии Жана Бюро (1390-1463) нанесла сокрушительное поражение англичанам в битве при Кастийоне. В этом сражении решающую роль сыграла полевая артиллерия. Это было последнее сражение Столетней войны. Применение огнестрельного оружия поставило перед наукой новые задачи и стимулировало ее развитие.

Прорывным для XV века было изобретение Иоганном Гуттенбергом (1400-1468) печатного станка [12]. Сын патриция из Майнца освоил ювелирное дело, занимался изготовлением зеркал и в своей мастерской работал над созданием «искусственного письма». Суть изобретения состояла в отливке из сплава свинца, олова и сурьмы подвижных литер – брусков, содержащих зеркальное изображение букв или иных знаков. Печать набранного текста производилась на винтовом прессе. В 1450 году была отлита библия Гуттенберга, что является началом отсчета книгопечатания.

Эпоха Возрождения неразрывно связана с именем Леонардо ди сер Пьеро да Винчи (1452-1519), автора картин «Мона Лиза», «Тайная вечеря» и других работ, которые при жизни принесли известность и социальное положение.

Леонардо родился в городе Винчи вблизи Флоренции – родине Итальянского Возрождения. В историю он вошел не только как художник, но и как философ, инженер, ученый. Леонардо был внебрачным сыном нотариуса, но отец позаботился о его будущем. В двадцать лет он имел квалификацию мастера, а в двадцать с небольшим имел свои заказы. Леонардо был вхож в дома Медичи, Сфорца, Борджиа, его другом и покровителем был Франсиск I. В 1509 году математик Лука Пачоли издал книгу «Божественная пропорция», которую проиллюстрировал Леонардо да Винчи. Леонардо брал у автора уроки математики и это позволило наглядно показать роль пропорций (в частности, золотого сечения) в живописи и архитектуре. Графика Леонардо внедрила в широкое сознание понимание геометрической перспективы и пропорций человеческого тела. Эта графика перекликается идеей рисунка «Витрувианский человек». Пребывая на службе Чезаре Борджиа в статусе главного военного инженера, Леонардо составил карту долины Кьяна и проект дамбы. Перечислять работы автора Витрувианского человека в области медицины, техники, естествознания, архитектуры и т.п. можно долго, достаточно сказать, что Леонардо изобрел колесцовый замок, внедрение которого значительно повысило эффективность ручного огнестрельного оружия, и первый провел испытания проволоки на растяжение, определял прогиб балки [13], заложив один из разделов не существовавшей еще тогда науки – сопротивление материалов. В Милане хранится Атлантический кодекс – документ, содержащий основные изобретения Леонардо да Винчи. Документ и описанные в нем изобретения стали известны широкой публике только в XIX веке и не нашли при жизни автора какого-либо применения. Вот краткий список этих изобретений: танк, скафандр, парашют, дельтаплан, робот-рыцарь, пулемет велосипед, прожектор и т.д. Сейчас, когда нас отделяет от Леонардо пять столетий, становится ясно, что по сравнению со своими современниками он был человеком Нового Времени, мыслил по новому и вышел за рамки описательной науки Средних Веков. В этом и состоит его основной вклад в науку.

Список литературы

1. История средних веков: В 2 т. Т. 1: Учебник // Под ред. С.П. Карпова. – 4-е изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та; Изд-во «Высшая школа», 2003. – 640 с.
2. Болгова А.М. К вопросу закрытия Афинской Академии в 529 г. // Известия УрФУ. Серия 2. Гуманитарные науки. 2016. Т.18, №3(154). С. 205-204.
3. Яковлев В.И. Предыстория аналитической механики – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», 2001. – 328 с.
4. Рожанский И.Д. Античная наука. – М.: Наука, 1980. – 199 с.
5. Культура Византии. Вторая половина VI-XII в. / Под ред. З.В. Удальцовой, Г.Г. Литаврина. – М.: Наука, 1989. – 680 с.
6. Симонов Р.А. Математическая и календарно-астрономическая мысль Древней Руси. – М.: Наука, 2007. – 431 с.
7. Неморарий Иордан. О данных числах / Пер. и комм. С.Н. Шрейдера // Историко-математические исследования. 1959. №12. С. 559-688.
8. Журавлева Е.В. Томас Брадвардин о типах логических парадоксов // Вестник Балтийского федерального университета им. Канта. 2013. Вып. 6. С. 15-23.

9. Лопатухина И.Е. и др. Очерки по истории механики и физики: Учебное пособие для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям: астрономия, математика, механика, прикладная математика, физика. – СПб.: ВВМ, 2016. – 204 с.
10. История механики с древнейших времен до конца XV111 века / А.Т. Григорьян, И.Б. Погребысский, М.М. Рожанская и др. – М.: Наука, 1971. – 300 с.
11. Лупандин И.В. Лекции по истории натурфилософии. – М.: МФТИ, 2007. – 179 с.
12. Немировский Е.Л. Изобретение Иоганна Гутенберга. Из истории книгопечатания. Технические аспекты. – М.: Наука, 2000. – 659 с.
13. Гуковский М.А. Механика Леонардо да Винчи. – М.: Изд-во АН СССР, 1947. – 815 с.

Сведения об авторе:

Кузьмин Александр Алексеевич – к.т.н., доцент, СПбГТИ(ТУ), г.Санкт-Петербург.