Quapropter cum in rebus naturalibus demonstratio habetur per causam per vias mathematicae, et demonstratio per effectum habetur per vias naturales, plus potest mathematicus in rebus naturalibus sciendis, quam ipse philosophus naturalis. Et maxime hoc planum est, quod motus simpliciter violentus, ut motus gravis sursum, generabit calorem, et longe magis quam naturalis motus; quia in violenter moto sunt duae virtutes motrices omnino contrariae, et secundum totum, et in contrarias partes omnino, ut virtus naturalis gravis tendit deorsum, et virtus violenta tendit omnino sursum. Et ideo magna est distinctio partium rei motae violenter, et major quam in naturali.

Capitulum XVI.

De motu Librae.

Et cum jam dictis expedit altius aperire geometricam potestatem in motibus; et hoc propter intellectum universalem scientiae de ponderibus, quae est pulchra et difficilis nimis hominibus non habentibus experientiam causarum in motibus gravium et levium. Dicit ergo Jordanus in libro de ponderibus[1], quod si aequilibris fuerit positio aequalis,

Researches of Jordan on gravity.

[1] This was Jordanus Nemorarius, the most original, if we except Leonardo Fibonacci, of the mathematicians of the thirteenth century. There is good ground for believing that he is identical with Jordanus Saxo who, on the death of St. Dominic, 1221, succeeded to the generalship of the order. His principal works are, (1) *De Ponderibus*, of which an edition was published in 1533, by Peter Apianus; (2) a treatise on Arithmetic, edited in Paris, 1496 and 1514, by Faber Stapulensis; (3) *Algorithmus Demonstratus*, edited by Schöner, of Nuremberg, in 1534; (4) *De Numeris Datis*, printed in Zeitschrift, Math. Phys. xxxvi histor. literar. Abtheilung, 1891; (5) *De Triangulis*, printed 1887, by the Copernicus-verein für Wissenschaft und Kunst of Thorn. Most of these works were evidently known to Bacon. The treatise, *De Ponderibus*, which consists of a short preface followed by thirteen propositions, is interesting as one of the earliest studies, by a mathematician of great originality, of the mechanics of a particle forming part of a rigid system. With regard to gravity we find, of course, the doctrine, still awaiting Galileo's refutation, that heavy bodies fall more rapidly than light. The arithmetical treatise, containing many algebraic problems, had also been studied by Bacon, as his fragment on the Principles of Mathematics clearly shows. [See Cantor, *Gesch. der Mathem.* vol. ii. pp. 49–54.]

aequis ponderibus appensis, ab aequalitate non discedet, et si ab aequidistantia separatur ad aequalitatis situm revertetur. Et istud videmus ad sensum in lance utraque, quarum virga sit ex parte utraque aequalis in longitudine et in pondere, et omnino appendantur pondera aequalia, et libra aequaliter teneatur per appendiculum, ut stet appendiculum ad angulos rectos super regulam librae in centro revolutionis, nam hic punctus vocatur centrum revolutionis a quo appendiculum exit ad angulos aequales. Et dicitur centrum revolutionis, quia quando per violentiam manus deprimentis alterum ponderum aequalium, aut propter inaequalitatem appensorum unum eorum facit nutum, aliud elevabitur, et hic motus descensus et elevationis describet circulum unum, cujus ille punctus a quo exit appendiculum est centrum, et ideo dicitur centrum revolutionis. Quod ut planius sit fiat figura. Nam sit regula seu baculus librae *a b*, et *c d* sit appendiculum, tunc centrum revolutionis a quo exit appendiculum erit *d*, et in circumferentia istius circuli appensa movebuntur, nam illud quod descendet describet circulum inferiorem, et illud quod ascendet describet circulum superiorem. His suppositis, arguitur[1] sic. Cum alterum brachiorum librae aequalibus appensis nutum faciat per manum deprimentis, fit, secundum Aristotelem quarto Coeli et Mundi, gravius, quia grave quanto adquiret magis de loco gravis, tanto magis adquirit de forma gravitatis, ut ipse dicit. Ergo quod descendit fit gravius, quantumcunque parum descendat a situ aequalitatis, et ideo quanto magis descendit, tanto erit gravius. Ergo fiet inaequale reliquo appenso et ponderosius eo. Ergo licet fuerint in situ aequalitatis aequalia, tamen cum recedunt ab illo situ fient inaequalia in pondere; quare semper descendet illud quod nutum facit, et aliud semper ascendet, et ideo nunquam ad situm aequalitatis revertentur.

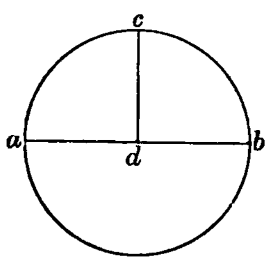

FIG. 19.

Gravity of particles in the arm of a balance varies with their position.

[1] J.'s reading, argumentor, for arguitur, suggests that what follows is Bacon's opinion: which it is not.

Sicut quando duo pondera inaequalia ponuntur in brachiis, statim recedunt a situ aequalitatis, et nunquam ad eundum situm revertentur, sed semper descendit quod est ponderosius. Ergo similiter hic, quod est contra Jordanum et contra sensum. Item Jordanus dicit, quod inter quaelibet gravia est velocitatis in descendendo et ponderis eodem ordine sumpta proportio, sed istud grave quanto magis descendit, tanto fit ponderosius. Ergo tanto velocius descendit. Ergo nunquam revertetur per naturam ad situm aequalitatis. Item Jordanus dicit, quod minus grave secundum situm est, quod descensum alterius sequitur motu e contrario, id est, quod ascendit quando descendit, et e contra. Sed appensum nutum faciens est minus grave secundum situm, ut probabo. Quare sequetur descensum alterius appensi motu contrario, et ascensum similiter. Quapropter secundum quod unum descendit, reliquum ascendit, et e contra: quare nunquam in situ aequalitatis quiescent.

Quod autem appensum faciens nutum sit minus grave secundum situm, manifestum est per hoc, quod minus capit de directo descensu in diametro transeunte per centrum revolutionis versus centrum mundi: quapropter secundum Jordanum erit minus grave secundum situm. Et hoc exigit ipsa veritas per figuram declaranda. Et hujusmodi figuratio solvet objecta, nec potest habere remedium intellectus nisi per figuram. Describatur ergo circulus super centrum revolutionis, quod est *o*, in cujus circumferentia appensa rėvolventur, et trahatur diameter *a b* aequidistans horizonti, et lineetur alia diameter intersecans hanc quae tendat in centrum mundi, et sit *d c*, et signentur arcus aequales in utroque semicirculo ab utraque parte diametri aequidistantis horizonti, et hoc a parte utriusque termini ejus, et a terminis arcuum ducantur in utroque semicirculo lineae aequidistantes sibi invicem, et diametro aequidistanti horizonti, quae sunt *f h*, *g p*, *t q*, *s r*, quae omnes secant diametrum cadentem in centrum mundi. Oportet ergo secundum Jordanum et commentatorem ejus, quod illae lineae aequidistantes secent de diametro quae vadit in centrum mundi, partes inaequales, ita ut illa aequidistans, quae propinquior est diametro aequidistanti horizonti, secet majorem partem diametri alterius, quam remotior aequidistans, ut *t q* separabit majorem partem diametri *d c* quam *s r*, ita ut pars diametri *d c*, quae est inter *a b* et *t q* sit major quam pars ejusdem diametri quae est inter *t q* et *s r*, et eodem modo pars diametri *d c*, quae est inter *a b* et *g p*, erit major quam illa quae est inter *g p* et *f h*. Et secundum hoc oportet quod sumpta una aequidistante in semicirculo uno, et alia in alio, quae aequaliter distant a diametro eis aequidistante, illae secabunt partes aequales de diametro descendente in centrum mundi ut *t q* et *g p* secabunt partes aequales de *d c*, et similiter *s r* et *f h*, sicut dicit vicesima sexta propositio de triangulis Jordani. Si ergo partes diametri cadentes in centrum mundi divisae per aequidistantes sunt inaequales, ita ut illae partes diametri quae dividuntur per aequidistantes propinquiores diametro aequidistanti horizonti sint majores; tunc ergo intelligamus regulam librae jacere in diametro aequidistante horizonti, et appendiculum sit erectum in diametro cadente per centrum, ut libra sit in situ aequalitatis et brachia ejus, deinde postea moveatur libra, et elevetur pars una librae usque ad primam aequidistantem in semicirculo superiori, et alia deprimatur usque ad terminum primae aequidistantis in semicirculo inferiori, ut regula sit in situ *t p* lineae, et pars librae altior sit in *t*, et reliqua in *p*. Si ergo *p* descendat usque ad terminum alterius aequidistantis *h*, transibit de diametro cadente in centrum, partem ejus quae est inter aequidistantes *g p* et *f h*, quod minus est quam illa pars diametri, quae est inter *t q* et *a b*, ut patet ex praedictis. Ergo si descenderet usque *a* caperet plus de descensu recto in diametro cadente in centrum mundi quam *p*, dum descendit in *h*; quare *t* est gravius secundum situm quam *p*. Et iterum *t* descendit versus centrum mundi. Sed *p* propter declinationem circuli recurvatur a centro, et saltem minus tendit in centrum, ut patet ad sensum. Ergo relinquitur, quod ex hac causa adhuc erit minus grave. Et quia sic est, ideo solvitur

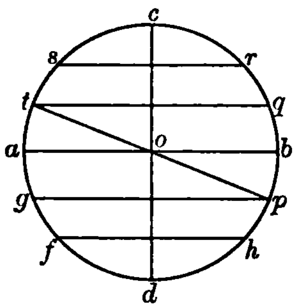

FIG. 20.

prima objectio; nam licet pars regulae[1] *p* descendens est propinquior centro mundi, ut patet, si linea recta trahatur ab eo in centrum *o*, quia illa linea est brevior quam linea quae trahitur a *t*, ut patet ad sensum, et ita gravior sit in quantum plus habet de loco deorsum, tamen quia *p* secundum illam rectam lineam, quae est *p o* non movetur versus centrum, sed secundum circulationem circumferentiae circuli, et illa circulatio facit eam minus capere de incessu recto in diametro cadente in centrum quam capiat *t*, atque obliquat et incurvat ipsum *p* a centro, ut non ita recte tendat in centrum sicut *t*, quando descendit, oportet quod *t* sit gravior quam *p* dum sunt in tali situ. Et ideo si dimittantur sibi ipsis *t* descendet, et ejus descensum sequetur *p* motu contrario, scilicet ascendendo usque ad situm aequalitatis. Et ideo *p* non semper descendet, sed praevalent duae causae gravitatis hic assignatae contra illam de qua objectio fecit mentionem. Iterum illa gravitas non cogit, nam modica est et insensibilis, et ideo non operatur hic, sicut nec si pluma una apponeretur ad alterum appensorum aequalium, cum sunt in situ aequalitatis, faceret nutum, et tamen secundum veritatem illud brachium ubi fuerit pluma est gravis, quia pluma habet aliquid gravitatis. Et ideo similiter est hic; quia enim brachium descendens, quando est in ultimo descensu parum distat a situ aequalitatis, ideo valde modicum et insensibile est quod adquirit de gravitate, et ideo gravitas acquisita non est computanda.

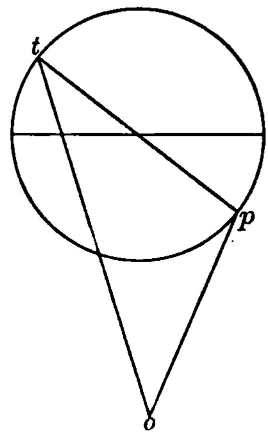

FIG. 21.

[1] Jebb's figure (Tab. i. 26) is wrong, as he puts *p* in the upper instead of the lower end of the balance. Further, he draws *po* and *ot* to the centre of the circle, in which case both are, of course, equal. The lines should be drawn to the centre of the earth, as in fig. 21. What is meant is that *p* is nearer to the earth's centre than *t*, and therefore moves with greater force: but that this is counterbalanced by the fact that the path of *p* tends to become more horizontal than that of *t*; 'minus capit de incessu recto in diametro cadente in centrum quam capiat *t*.'

Et tunc patet aliud, quod hujusmodi ponderositatem majorem concludit quod semper velocius descendet ut nunquam elevetur. Jam enim patet, quod haec gravitas nihil facit sensibile, atque duae causae gravitatis praetactae reperiuntur in brachio altiore. Cum vero in tertio argumento dicit, quod minus grave est quod descensum alterius sequitur motu e contrario, scilicet ascendendo, bene concedo. Nam sic se habet appensum inferius, quia movetur sursum, quando appensum superius descendit, ut quando sibi ipsis dimittuntur, et sunt aequalia, sicut positum est. Sed non propter hoc ascendit plus et plus, nec reliquum descendit quantum potest, sed solum attingunt situm aequalitatis, et ibi nata sunt quiescere, propter quod objectio concludit plus quam deberet, quando vult ex hoc, quod unum ascendit et reliquum descendit, concludere quod transeant situm aequalitatis.

Oscillation of balance due to atmosphere.

Et si dicatur, quod ibi est motus titubationis et ideo brachium superius descendit ultra situm aequalitatis et qua ratione transit parum et multum, quia hic transitus est unius naturae, et similiter de reliquo brachio ut ascendat semper, postquam transit situm aequalitatis. Sed dicendum est, quod hic descensus brachii altioris ultra situm aequalitatis non est propter naturam ipsius appensi, sed propter reinclinationes partium aeris impetuosas. Cum enim aer receperit motum, retinet ipsum bene, et ideo diu titubant partes ejus huc atque illuc, et non permittunt statim appensum quiescere in loco aequalitatis [1].

[1] The remaining portion of Part IV is not divided into chapters, with the exception of the final section on astrology, which in the Bodleian MS. is divided as though it were a distinct treatise. What follows consists first of a disquisition on Chronology, secondly, of a review of geographical knowledge, and thirdly, of the treatise referred to.

In the *Opus Tertium*, before those subjects are entered upon, there occur some discussions of matters not treated of in the *Opus Majus* (chapters 42–52). These deal (*a*) with the question of Vacuum: (*b*) following on this, with the question of growth and nutrition: (*c*) of place and motion with regard to immaterial beings: (*d*) of *aevum*, or created eternity.

MATHEMATICAE IN DIVINIS UTILITAS.

Postquam[1] manifesta est necessitas mathematicae in rebus hujus mundi et in scientiis humanis nunc potest istud idem ostendi in divinis. Et hoc est magis considerandum, quia humana nihil valent nisi applicentur ad divina. Cum igitur ostensum sit quod philosophia non potest sciri nisi sciatur mathematica, et omnes sciant quod theologia non potest sciri nisi sciatur philosophia, necesse est ut theologus sciat mathematicam. Caeterum Deus posuit res creatas in scriptura sua, qui solus novit potestatem creaturarum quas condidit, nec potest falsum sentire, nec decet suam veritatem. Ergo cum omnes res a Deo et angelis et summis coelorum usque ad terminos eorum ponantur in scriptura, vel in se vel in suis similibus vel in suis contrariis, et contrariorum est eadem scientia, ut dicit Aristoteles, et verum est vel in universali vel in particulari, necesse est theologum scire res hujus mundi, si textum sacrum debet scire. Connexion of Mathematics with theology.

Praeterea nos videmus, quod sensus literalis stat in cognitione naturarum et proprietatum creaturarum, ut per convenientes aptationes et similitudines eliciantur sensus spirituales. Nam sic exponunt sancti et omnes sapientes antiqui, et haec est vera et sincera expositio, quam Spiritus Sanctus docuit. Quapropter oportet theologum scire optime creaturas. Sed ostensum est, quod sine mathematica sciri non possunt. Ergo mathematica omnino est necessaria sacrae scientiae.

Et hoc tertio per propria potest ostendi. Et cum multis modis probabitur quod intendo, primo tamen per occupationes sanctorum persuadere conabor, cum exclusione infamiae mathematicae quam multi imprudenter allegant, quia sanctorum testimonia non intelligunt. Patriarchae enim et Prophetae ante diluvium et post invenerunt ipsam et docuerunt caeteros homines, 1. Chaldaeos, 2. Aegyptios; et ab Aegyptiis ad Graecos descendit; et non ita evidenter scribitur quod Mathematical knowledge of patriarchs.

[1] Cf. *Opus Tertium*, chap. 54.