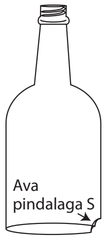
Eesti koolinoorte 61. füüsikaolümpiaad

1. märts 2014. a. Piirkondlik voor.

Gümnaasiumi ülesanded (10. - 12. klass)

1. (*LENDAV PUDEL*) Pooleliitrises pudelis, mille põhja on tehtud väike auk pindalaga S (vt joonis), on m grammi vett. Pudelil keeratakse kork pealt ning pudel visatakse õhku algkiirusega v. Kui kiiresti voolab vesi pudeli põhjas olevast august välja siis, kui pudel veel üles liigub? Kui kiiresti voolab vesi august välja sel hetkel, kui pudel alla kukub? Põhjendage. (*4 p.*)



2. (*POTSATAJA JA PÄHKLID*) Rongi viimase vaguni katusel istub Potsataja, kes loobib maha pähkleid. Potsataja viskab ühe pähkli maapinna suhtes horisontaalselt rongi liikumisega vastassunas algkiirusega u. Samal hetkel viskab ta ka teise pähkli samuti maapinna suhtes horisontaalselt ning sama algkiirusega u, kuid risti rongi liikumise suunaga. Rong liigub ühtlaselt ja sirgjooneliselt kiirusega v ning pähklid visatakse maapinna suhtes kõrguselt h. Kui kaugel teineteisest pähklid maanduvad? Õhutakistust mitte arvestada. (*6 p.*)

3. (*MAA PÖÖRLEMISPERIOOD*) Keskmiseks päikeseööpäevaks ehk tavatähenduses ööpäevaks nimetatakse keskmist perioodi, mille jooksul Päike näib Maaga seotud vaatleja jaoks tegevat taevas täisringi. Keskmise päikeseööpäeva pikkuseks on 24 h ehk 86 400 s. Maal kulub ühe tiiru tegemiseks ümber Päikese 365,256 keskmist päikeseööpäeva. Maa pöörlemissuund ümber oma telje ühtib selle tiirlemissuunaga Päikese ümber. Leidke nende andmete põhjal Maa pöörlemisperiood sekundi täpsusega. (*6 p.*)

4. (*MOBIILILAADIJA*) Leiutajad on pakkunud välja toreda seadme matkainimestele oma telefoni laadimiseks. Ühe saapa talla sisse pannakse mehhanism, mis toimib amortisaatorina. Iga kord kui kannale toetutakse, muundatakse mehaaniline töö väikese elektrigeneraatori abil elektrienergiaks. Oletame, et matkaja mass $m = 60\,\mathrm{kg}$ ja ühe sammu ajal vajub tald kokku $h = 5\,\mathrm{mm}$ võrra. Antud seadme kasutegur $\eta = 0{,}2$. Matkaja keskmiseks sammupaari pikkuseks ehk kahe järjestikuse samale kannale astumise vahemaaks võtame $d = 1{,}5\,\mathrm{m}$. Nüüd tuleb vaid ühendada telefon juhtmega saapa külge ja aku laadimine võib alata.

Arvestage, et tüüpilises nutitelefonis on liitium-polümeer aku, mis töötab pingel $U = 3{,}7\,\mathrm{V}$. Samuti arvestage, et kui telefon töötaks keskmisel voolutugevusel $I_k = 130\,\mathrm{mA}$, suudaks aku vastu pidada $T = 10$ tundi. Arvutage, kui pika maa peab matkaja maha kõndima, et tühi telefoni aku uuesti täis laadida. (*8 p.*)

5. (*LANGEVARJUHÜPE*) Juku massiga $m = 60\,\mathrm{kg}$ ja tema isa Juhan massiga $M = 90\,\mathrm{kg}$ otsustasid teha langevarjuhüppe. Neile pandi selga ühesugused langevarjud massiga $m_v = 10\,\mathrm{kg}$ ning nad lükati lennukist välja. Mõlema langevarjud avanesid täielikult ühesugusel kõrgusel h, pärast mida saavutasid hüppajad tühise aja jooksul konstantse kiiruse ja liuglesid sellel kiirusel maapinnani. Jukul kulus langevarju avanemisest maapinnani jõudmiseks aega $t = 110\,\mathrm{s}$. Kui pikk aeg T kulus selleks Juhanil? Langevarjule õhu poolt mõjuv takistusjõud on võrdeline langemiskiiruse ruuduga. Lihtsuse mõttes loeme hüppajatele endile mõjuva õhutakistuse tühiselt väikeseks. (*8 p.*)

6. (*RÕNGAS*) Lae külge on nööriga, mille pikkus on L, kinnitatud kerge plastmassrõngas raadiusega R, mille küljes on omakorda raske metallist mutter. Mutrit saab mööda rõngast libistada. Rõnga ja mutri vaheline hõõrdetegur on μ. Juku tahab mutrit mööda rõngast nihutades saavutada olukorda, kus mutri ja lae vahekaugus h oleks võimalikult väike, aga süsteem püsiks veel ilma välise sekkumiseta tasakaalus. Leidke vähim vahekaugus h_{min}, mille Juku võib saavutada. Eeldage, et rõnga mass on mutri omaga võrreldes tühiselt väike. (*8 p.*)

7. (*KLOTSID*) Horisontaalsel laual asuva klotsi massiga m_1 peale on asetatud teine klots massiga m_2. Kahe klotsi vaheline seisuhõõrdetegur on μ_2. Alumise klotsi ja laua vaheline liugehõõrdetegur on μ_1. Leidke maksimaalne horisontaalne jõud F, millega võib alumist klotsi tõmmata, ilma et ülemine klots libiseks. (*10 p.*)

8. (*ELEKTRIAHELA ENERGIA*) Suletud elektriahelas on jadamisi ühendatud takisti takistusega $R = 100\,\Omega$, kondensaator mahtuvusega $C = 200\,\mathrm{nF}$, tühise aktiivtakistusega induktiivpool induktiivsusega $L = 10\,\mathrm{mH}$ ning sobivalt ühendatud ideaalsed mõõteseadmed. Hetkel t_0 mõõdeti voolutugevuseks läbi kondensaatori $I = 300\,\mathrm{mA}$ ning pingeks poolil $U = 50\,\mathrm{V}$. Teada on, et mõõtmise hetkel on vool poolis suunatud kõrgema potentsiaaliga piirkonnast madalama potentsiaaliga piirkonda. Kas mõõtmise hetkel t_0 oli rohkem energiat poolil või kondensaatoril? (*12 p.*)

9. (*KÜTTESÜSTEEM*) Vaatleme kortermaja küttesüsteemi lihtsustatud mudelit. Kahekordse maja kummalgi korrusel on üks korter. Loeme korterid täiesti ühesugusteks. See tähendab, et katus ja põrandad on hästi soojustatud ning soojuskadusid arvestame ainult läbi maja seinte.

Keldris asub katel, mis kütab vee temperatuurini $t_1 = 68\,°\mathrm{C}$. Vesi liigub kõigepealt ülemisse korterisse ning läbib seal 10 ribiga radiaatori. Seejärel juhitakse vesi alumisse korterisse, kus see läbib 11 ribiga radiaatori. Pärast seda liigub vesi tagasi katlasse ning sinna jõudses on vee temperatuur $t_2 = 60\,°\mathrm{C}$. Eeldame, et vesi jahtub ainult radiaatorites. Küttesüsteem on ehitatud nii, et mõlemas korteris oleks täpselt sama sisetemperatuur t. Leidke temperatuur t.

Teadmiseks: soojuskadu läbi mingi seina on võrdeline selle pindalaga ja temperatuuride vahega seespool ja väljaspool seina. Eeldage, et mööda radiaatorit liikudes langeb vee temperatuur lineaarselt läbitud vahemaaga. (*12 p.*)

10. (*KUUMAÕHUPALL*) Juku läheb lendama kerakujulise kuumaõhupalliga, mille raadius $r = 8{,}7\,\mathrm{m}$, mass koos reisijatega $M_0 = 390\,\mathrm{kg}$ ning lisaks on kütusena kaasas $M_k = 20\,\mathrm{kg}$ propaani. Kui kaua saab kesta Juku õhupallilend?

Õhupall on kaetud kattega, mis vähendab soojusjuhtivust ning soojuskiirgust tühiste väärtusteni. Tööolukorras imbub õhk läbi õhupalli kesta kiirusega $\lambda = 500\,\mathrm{g/s}$. Õhurõhk ja temperatuur lennukõrgusel on $p_0 = 100\,\mathrm{kPa}$ ja $T_0 = 10\,°\mathrm{C}$. Propaani kütteväärtus $k = 50\,\mathrm{MJ/kg}$. Õhu keskmine molaarmass $\mu = 29\,\mathrm{g/mol}$ ning soojusmahtuvus konstantsel rõhul $C_p = 1{,}0\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{K\cdot kg}}$. Universaalne gaasikonstant on $R = 8{,}3\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K\cdot mol}}$. (*12 p.*)

E1. (*VEDELIKU TIHEDUS*) Määrata kollase vedeliku tihedus kahte kihti jaotunud vedelikus. Raskema vedeliku tihedus $\rho = 1{,}0\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm^3}}$. (*10 p.*)

Vahendid: Joogikõrs, joonlaud, katseklaas kahte kihti jaotunud vedelikuga.
Märkus: Katses kasutatud vedelik võib määrida riideid ja paberit.

E2. (*SPAGETID*) Leidke spageti murdumiseks vajalik jõumoment murdumispunkti suhtes. (*12 p.*)

Vahendid: Kümme spagetikõrt, teadaoleva massiga joonlaud

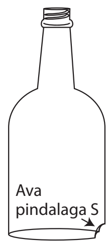
Võib lahendada kõiki ülesandeid. Arvesse lähevad 5 suurima punktide arvu saanud teoreetilist ja 1 eksperimentaalne ülesanne. Eksperimentaalülesande lahendamisel võib kasutada üksnes loetelus toodud vahendeid.
Mõõtemääramatuse hindamist ei nõuta.
Lahendamisaeg on 5 tundi.
Füüsikaolümpiaadi ülesanded ja lahendused asuvad veebis aadressil
http://www.teaduskool.ut.ee/olumpiaadid/fuusikaolumpiaad

61-я олимпиада по физике среди школьников Эстонии

1 марта 2014 года. Районный тур

Задачи гимназии (10—12-й класс)

1. *(ЛЕТАЮЩАЯ БУТЫЛКА)* В пол-литровой бутылке, во дне которой маленькое отверстие площадью S (см. рисунок), находится m грамм воды. У бутылки отвинчивают крышку, а затем бутылку бросают вверх с начальной скоростью v. С какой скоростью вода будет выливаться через дырку бутылки, когда та ещё движется вверх? С какой скоростью будет выливаться вода в момент падения? Обоснуйте. *(4 б.)*



2. *(ЧЕБУРАШКА И ОРЕХИ)* На крыше последнего вагона поезда сидит Чебурашка, который кидается орехами. Чебурашка бросает один орех горизонтально относительно земли в направлении, противоположном движению поезда, с начальной скоростью u. Одновременно он бросает и второй орех: также горизонтально относительно земли с начальной скоростью u, но перпендикулярно движению поезда. Поезд едет равномерно и прямолинейно со скоростью v, орехи бросают с высоты h относительно земли. Как далеко орехи приземлятся друг от друга? Сопротивлением воздуха пренебречь. *(6 б.)*

3. *(ПЕРИОД ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ)* Средними солнечными сутками, или в обычном смысле просто сутками, называют средний период, за который наблюдателю на Земле кажется, что Солнце делает на небе полный круг. Длина средних солнечных суток составляет 24 ч, т.е. 86 400 с. На совершение одного полного оборота вокруг Солнца у Земли уходит 365,256 средних солнечных суток. Направление вращения Земли вокруг своей оси совпадает с направлением обращения Земли вокруг Солнца. Найдите по этим данным период вращения Земли вокруг своей оси с точностью до секунды. *(6 б.)*

4. *(ЗАРЯДКА МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА)* Изобретатели предложили интересное устройство любителям походов для зарядки своего телефона. В подошву одного сапога вкладывают механизм, действующий амортизатором. Каждый раз когда наступают на пятку, превращают механическую работу при помощи маленького электрогенератора в электроэнергию. Предположим, что масса походника $m = 60$ кг, а при одном шаге подошва сжимается на $h = 5$ мм. Коэффициент полезного действия данного устройства $\eta = 0{,}2$. Средней длиной пары шагов походника, т.е. расстояние между наступаниями на одну и ту же пятку, будем считать $d = 1{,}5$ м. Теперь остаётся только присоединить телефон проводом, и зарядка аккумулятора может начинаться.

В обычном смартфоне используется литий-полимерный аккумулятор, работающий при напряжении $U = 3{,}7$ В. Полагайте, что если бы телефон работал на силе тока $I_k = 130$ мА, то аккумулятор продержался бы $T = 10$ часов. Вычислите, путь какой длины должен пройти походник, чтобы полностью зарядить пустой аккумулятор. *(8 б.)*

5. *(ПРЫЖОК С ПАРАШЮТОМ)* Юра массой $m = 60$ кг и его папа массой $M = 90$ кг решили совершить прыжок с парашютом. Им надели на спину одинаковые парашюты массой $m_v = 10$ кг и вытолкнули с самолёта. Оба парашюта раскрылись на одинаковой высоте h, после чего оба прыгуна за пренебрежимое время достигли постоянной скорости, с которой опустились до поверхности земли. У Юры спуск между раскрытием парашюта и приземлением занял $t = 110$ с. Какое время T ушло на это у его папы? Сила сопротивления воздуха на парашют пропорциональна квадрату скорости падения. Считайте, что сила сопротивления воздуха на самого прыгуна пренебрежимо мала. *(8 б.)*

6. *(КОЛЬЦО)* При помощи верёвки длины L к потолку привязано тонкое пластмассовое кольцо радиусом R, к которому в свою очередь прикреплена тяжёлая металлическая гайка. Гайка может скользить по кольцу. Коэффициент трения между кольцом и гайкой составляет μ. Витя хочет, проскальзывая гайку по кольцу, достичь ситуации, когда расстояние между гайкой и потолком будет как можно меньше, но система оставалась бы ещё в равновесии без внешнего воздействия. Найдите наименьшее расстояние h_{min}, которое Витя сможет достичь. Полагайте, что масса кольца пренебрежимо мала по сравнению с гайкой. *(8 б.)*

7. *(БРУСКИ)* На брусок массы m_1, расположенный на горизонтальном столе, кладут сверху другой брусок массой m_2. Коэффициент трения покоя между двумя брусками равен μ_2. Коэффициент трения скольжения между нижним бруском и поверхностью стола равен μ_1. Найдите максимальную горизонтальную силу F, которой можно тянуть за нижний брусок так, что верхний брусок не будет скользить. *(10 б.)*

8. *(ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ)* В замкнутую электрическую цепь параллельно включены резистор сопротивлением $R = 100\,\text{Ом}$, конденсатор ёмкостью $C = 200\,\text{нФ}$, катушка с пренебрежимо малым активным сопротивлением и индуктивностью $L = 10\,\text{мГн}$, а также подходящим образом соединённые идеальные измерительные приборы. В момент времени t_0 измерили силу тока через конденсатор $I = 300\,\text{мА}$, а напряжение на катушке $U = 50\,\text{В}$. Известно, что в момент измерения ток в катушке направлен из области с более высоким потенциалом в область с более низким потенциалом. Где было больше энергии в момент измерения t_0: в катушке или в конденсаторе? *(12 б.)*

9. *(СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ)* Рассмотрим упрощённую модель системы отопления квартирного дома. На каждом этаже двухэтажного здания по одной квартире. Квартиры будем считать полностью одинаковыми. Это значит, что крыша и полы хорошо теплоизолированы, и теплопотери происходят только через стены домов.

В подвале находится котёл, который нагревает воду до температуры $t_1 = 68\,^\circ\text{C}$. Вода движется в первую очередь на верхний этаж, где проходит через радиатор с 10 рёбрами. После этого воду проводят на нижний этаж, где она проходит радиатор с 11 рёбрами. После этого вода движется обратно в котёл, по достижению которого её температура $t_2 = 60\,^\circ\text{C}$. Будем полагать, что вода охлаждается лишь в радиаторах. Система отопления построена таким образом, чтобы в обеих квартирах была одинаковая температура t. Найдите t.

К сведению: теплопотери через какую-либо стенку пропорциональны её площади и разности температур внутри и снаружи стенки. Полагайте, что при движении по радиатору температура воды уменьшается линейно относительно пройденного расстояния. *(12 б.)*

10. *(ВОЗДУШНЫЙ ШАР)* Костя хочет полететь на воздушном шаре, имеющем форму шара радиуса $r = 8{,}7\,\text{м}$, массу вместе с пассажирами $M_0 = 390\,\text{кг}$, и кроме этого в качестве горючего с собой $M_k = 20\,\text{кг}$ пропана. Сколько сможет продлиться полёт Кости на воздушном шаре?

Воздушный шар покрыт оболочкой, уменьшающей теплопроводность и тепловое излучение до пренебрежимых значений. В рабочем состоянии воздух просасывается через оболочку воздушного шара со скоростью $\lambda = 500\,\text{г/с}$. Давление воздуха и температура на полётной высоте $100\,\text{кПа}$ и $T_0 = 10\,^\circ\text{C}$. Удельная теплота сгорания пропана $k = 50\,\text{МДж/кг}$. Средняя молярная масса воздуха $\mu = 29\,\text{г/моль}$, а теплоёмкость при постоянном давлении $C_p = 1{,}0\,\frac{\text{кДж}}{\text{К}\cdot\text{кг}}$. Универсальная газовая постоянная $R = 8{,}3\,\frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}}$. *(12 б.)*

E1. *(ПЛОТНОСТЬ ЖИДКОСТИ)* Определите плотность жёлтой жидкости в жидкости, разделившейся на два слоя. Плотность более тяжёлой жидкости $\rho = 1{,}0\,\text{г/см}^3$. *(10 б.)*

Оборудование: Трубочка для питья, линейка, пробирка с жидкостью разделившейся на 2 слоя. *Примечание:* Жидкость, используемая в опыте, может испачкать одежду и бумагу.

E2. *(СПАГЕТТИ)* Найдите момент силы, необходимый чтобы сломать соломинку спагетти, относительно точки слома. *(12 б.)*

Оборудование: Десять соломинок спагетти, линейка известной массы.

Можно решать все предложенные задачи. В зачет идут 5 теоретических и 1 экспериментальная задача, набравшие наибольшее количество баллов. При решении экспериментальной задачи можно пользоваться лишь указанным в задаче оборудованием.
Время решения — 5 часов.
Задачи и решения олимпиады находятся в интернете по адресу
http://www.teaduskool.ut.ee/olumpiaadid/fuusikaolumpiaad

Eesti koolinoorte 61. füüsikaolümpiaad

1. märts 2014. a. Piirkondlik voor.
Gümnaasiumi *ülesannete lahendused*

Eessõna

Allpool on toodud iga ülesande üks õige lahenduskäik (mõnel juhul ka enam). Kõik alternatiivsed õiged lahenduskäigud tuleb hinnata samuti maksimumhindega. Iga alternatiivse lahenduskäigu jaoks tuleb kontrollijatel koostada hindamisskeem, juhindudes võimalusel juuresoleva hindamisskeemi punktijagamisproportsioonist. Soovituslikud maha-arvamise punktid: numbriline arvutusviga — 0,5; viga teisendustes — 0,5 p. (märgi jms väiksem viga) või 1 p. (viga, mis viib dimensioonide konfliktini), maha arvata ainult üks kord, st edasikanduvat viga mitte karistada; kui vastus tuleb füüsikaliselt absurdne, siis võib täiendavalt karistada 0,5 punktiga; üksik viga lähtevalemis: 0,5 p. (kui märgiviga) kuni 50% (sisuline viga).

1. (*LENDAV PUDEL*) (*4 p.*) Mõlemat juhtu, millal pudel liigub üles ning pidel liigub alla võib vaadelda kui vabalangemist [**2 p.**]. Kuna pudelile ja veele mõjuvad jõud on vabalangemise korral samasugused, siis vesi ei voola pudelist välja kummalgi juhul [**2 p.**]. Seega vee väjavoolu kiirus on 0 m/s.

2. (*POTSATAJA JA PÄHKLID*) (*6 p.*) Lahenduse lihtsustamiseks läheme üle rongiga seotud taustsüsteemi.[**1 p.**] Sellisel juhul võib rongi liikumise jätta arvestamata ning vaadelda pähklite loopimist seisvalt rongilt. Pähklite liikumisel vaatleme kahte komponenti: vertikaalne kukkumine kiirendusega g[**1 p.**] ning ühtlane horisontaalne liikumine kiirusega u[**1 p.**]. Pähklid jõuavad maapinnani ajaga $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$. [**1 p.**] Sama ajaga liigub kumbki pähkel horisontaalselt vahemaa $s=u\sqrt{\frac{2h}{g}}$ võrra.[**1 p.**] Pealtvaates on pähklite trajektoorid täisnurkse võrdhaarse kolmnurga kaatetiteks. Pähklite omavaheline kaugus l maandumishetkel on võrdne kolmnurga hüpotenuusi pikkusega, mille leiame Pythagorase teoreemist:

$$l=\sqrt{2s^2}=2u\sqrt{\frac{h}{g}}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

3. (*MAA PÖÖRLEMISPERIOOD*) (*6 p.*) Päikese näivat liikumist taevas põhjustavad nii Maa pöörlemine kui ka tiirlemine [**2 p.**]. Maa tiirlemise tõttu erineb Maa täispöörete arv aastas ühe võrra keskmiste päikeseööpäevade arvust [**2 p.**]. Kuna Maa tiirlemise suund ühtib Maa pöörlemise suunaga, siis teeb Maa ühe aasta jooksul ühe täispöörde rohkem [**1 p.**]. Seega on Maa pöörlemisperioodiks $P = \frac{365{,}256}{366{,}256} \cdot 86\,400\,\mathrm{s} = 86\,164\,\mathrm{s}$ ehk $P = 23\,\mathrm{h}\ 56\,\mathrm{min}\ 4\,\mathrm{s}$ [**1 p.**].

Teine lahendus Päike teeb täistiiru taevas sagedusega $f_k = \frac{1}{86\,400\,\mathrm{s}}$ [**1 p.**]. Maa tiirlemise sagedus on $f_t = \frac{1}{365{,}256 \cdot 86400\mathrm{s}}$ [**1 p.**]. Kuna Maa pöörlemis- ja tiirlemissuunad ühtivad, siis kehtib võrrand $f_k = f_p - f_t$ [**3 p.**], kus f_p on Maa pöörlemise sagedus. Siit saame avaldada Maa pöörlemisperioodi $P = \frac{1}{f_p} = \frac{1}{f_k + f_t} = 86\,164\,\mathrm{s}$ ehk $P = 23\,\mathrm{h}\ 56\,\mathrm{min}\ 4\,\mathrm{s}$ [**1 p.**].

Märkused Nimetuse keskmine päikeseööpäev tingib asjaolu, et Maa elliptilise orbiidi tõttu on Päikese näiv nurkkiirus taevas veidi muutlik.

Maa tiirlemisperioodi nimetatakse ka sideeriliseks aastaks.

Enamasti mõistetakse aastana troopilist, mitte sideerilist aastat, mis on defineeritud pööripäevade kordumise põhjal. Troopilise ning sideerilise aasta erinemise põhjustab Maa telje pretsessioon. Igapäevaelus ei ole olulised mitte Maa pöörlemine ning tiirlemine vaid hoopis Päikese ööpäevane liikumine taevas ning aastaaegade kordumine, mistõttu laialdaselt kasutatavad ööpäeva ning aasta mõisted erinevadki Maa pöörlemis- ning tiirlemisperioodidest.

4. (*MOBIILI LAADIJA*) (*8 p.*) Leiame ühel sammul saadava energia, arvestades, et kannale toetub jõud $F = mg$ [**1 p.**]. Vajudes kõrguse h võrra, tehakse tööd $A_1 = mgh$ [**1 p.**], millest aku laadimiseks saadav elektrienergia on $W_1 = \eta A_1$ [**1 p.**]. Aku täislaadimiseks vajaliku energia leiame keskmise võimsuse $P = UI_k$ [**1 p.**] ja aja T korrutisena $W = UI_kT$ [**1 p.**], mille kogumiseks vajalik sammude arv on

$$N = \frac{W}{W_1} = \frac{3.7 \cdot 0.13 \cdot 10 \cdot 3600}{0.2 \cdot 60 \cdot 9.8 \cdot 0.005} \approx 29400 \quad [\mathbf{2\ p.}].$$

Laadimiseks vajaliku jalutuskäigu pikkuseks saame

$$s = Nd = 44\,\mathrm{km} \quad [\mathbf{1\ p.}].$$

5. (*LANGEVARJUHÜPE*) (*8 p.*) Kui Juku kiirus oli konstantne (v), tasakaalustusid temale mõjuv raskusjõud ja õhu hõõrdejõud: $(m+m_v)g = kv^2$, kus k on mingi koefitsent. Ka Juhanile mõjuvad jõud olid konstantse kiirusega u langedes tasakaalus, $(M+m_v)g = ku^2$. Neist kahest võrrandist saame seose

$$\frac{m+m_v}{M+m_v} = \frac{v^2}{u^2}.$$

Teisalt $v = h/t$ ja $u = h/T$, seega $v/u = T/t$. Siit

$$\frac{T^2}{t^2} = \frac{m+m_v}{M+m_v}$$

$$T = t \cdot \sqrt{\frac{m+m_v}{M+m_v}} = 92\,\mathrm{s}$$

Hindamisjuhend:
Konstantse kiiruse puhul on raskusjõud ja hõõrdejõud tasakaalus [**1 p.**].
Jõudude tasakaalu võrrand Juku [**1 p.**] ja Juhani [**1 p.**] jaoks.
Seos $v/u = T/t$ [**2 p.**].
Võrrandisüsteemi lahendamine [**2 p.**].
Arvuline vastus [**1 p.**].

6. (*RÕNGAS*) (*8 p.*) Et süsteem oleks tasakaalus, peab mutter asuma täpselt nööri kinnituspunkti all. Teiseks, maksimaalse mutri kõrguse korral on rõnga kaldenurk mutri asukohas α, kus $\tan\alpha = \mu$ - siis on mutter täpselt libisemise piiril. Sel juhul on ka mutrini tõmmatud raadiuse ja vertikaali vahel nurk α. Tekkinud kolmnurgast näeme, et $h = L + 2R\cos\alpha = L + \frac{2R}{\sqrt{1+\mu^2}}$.

Hindamisjuhend:
Tasakaaluolekus asub mutter nööri kinnituspunkti all [**2 p.**].
Mutter on libisemise piiril, kui rõnga kaldenurk mutri asukohas rahuldab seost $\tan\alpha = \mu$ [**3 p.**].
Minimaalne $h = L + 2R\cos\alpha$ [**2 p.**].
Vastus μ kaudu ilma α-ta [**1 p.**].

7. (*KLOTSID*) (*10 p.*) Ülemine klots ei libise, kui kiirendusest põhjustatud jõud ei ületa seisuhõõrdejõudu [**1 p.**]. Ülemise klotsi jaoks saab avaldada maksimaalse kiirenduse, mille korral klots veel ei libise, Newtoni teisest võrrndist $a_2 = \mu_2 g$ [**2 p.**]. Kui ülemine klots ei libise, siis võib kahte klotsi käsitleda ühe kehana [**1 p.**]. Newtoni teine võrrand klotsisüsteemi kohta on $(m_1 + m_2)a_{12} = -\mu_1(m_1 + m_2)g + F$ [**4 p.**]. Piirjuhul on kiirendused a_{12} ja a_2 võrdsed. Asendades eelnevalt leitud kiirenduse a_2 võrrandisse liikmena a_{12}, saame $F = (m_1 + m_2)(\mu_1 + \mu_2)g$ [**2 p.**].

Ülesannet võib lahendada ka koostades Newtoni teise võrrandi alumise klotsi kohta, võttes arvesse mõlemad hõõrdejõud.

8. (*ELEKTRIAHELA ENERGIA*) (*12 p.*) Kuna tegemist on jadaühendusega, siis on ka voolutugevus läbi takisti ning pooli 300 mA. Poolis oli seega hetkel t_0 energia $E_L = \frac{LI^2}{2} = 0{,}45\,\mathrm{mJ}$. Summaarne pingelang takistil ning poolil peab olema võrdne kondensaatori pingega. Antud pooli pinge suuna korral saame kondensaatori pingeks $U_C = IR + U$. Kondensaatori energia on hetkel t_0 $E_C = \frac{CU_C^2}{2} = 0{,}64\,\mathrm{mJ}$, seega oli hetkel t_0 rohkem energiat kondensaatoril.

Hindamisjuhend
Ahela elemente läbiva voolutugevuse võrdsuse taipamise eest [**2 p.**].
Pooli energia leidmine [**3 p.**].
Takisti pingelangu leidmine [**1 p.**].
Kondensaatori pinge leidmine [**3 p.**].
Kondensaatori energia leidmine [**3 p.**].

9. (*KÜTTESÜSTEEM*) (*12 p.*) Et korterid on identsed ning nende sisetemperatuurid on samad, peavad ka soojuskaod läbi nende seinte olema võrdsed: $N_{k1} = N_{k2}$. Seega katlast tulev kuum vesi annab poole oma soojusest ära ülemises korteris ja poole alumises, mistõttu kahe korteri vahelises torus on vee temperatuur $t_{toru} = (t_1 + t_2)/2$. Et korterite temperatuur on ajas konstantne, on mõlemas korteris soojuskaod läbi seinte võrdsed radiaatori küttevõimsusega. Ülemises korteris on radiaatori küttevõimsus $N_{k1} = k[\frac{1}{2}(t_1 + t_{toru}) - t]$, kus k on mingi koefitsent ja $\frac{1}{2}(t_1 + t_{toru})$ on radiaatori keskmine temperatuur. Sarnaselt on alumises korteris radiaatorite küttevõimsus kokku $N_{k2} = 1{,}1k[\frac{1}{2}(t_{toru} + t_2) - t]$, kus kordaja 1,1 tuleb sellest, et radiaatori pindala on 1,1 korda suurem.

Kokku

$$k[\frac{1}{2}(t_1 + t_{toru}) - t] = 1{,}1k[\frac{1}{2}(t_{toru} + t_2) - t]$$

$$t = 5(\frac{11}{10}t_2 - t_1 + \frac{1}{10}t_{toru}) = \frac{1}{4}(23t_2 - 19t_1) = 22\,°\mathrm{C}$$

Hindamisjuhend:
Korteritel võrdsed soojuskaod [**1 p.**].
Vee temperatuur korterite vahel on katlasse sissetuleva ja väljamineva vee temperatuuride keskmine [**3 p.**].
Ülemise korteri radiaatori küttevõimsus [**2 p.**].
Alumise korteri radiaatori küttevõimsus [**2 p.**].
Kummagi korteri radiaatoritel võrdsed küttevõimsused (võrrand) [**1 p.**].
Võrrandi lahendamine [**2 p.**].
Numbriline vastus [**1 p.**].

10. (*KUUMAÕHUPALL*) (*12 p.*) Ideaalse gaasi seadusest avaldub õhu tihedus sõltuvalt temperatuurist kujul $\rho = \frac{p\mu}{RT}$. Raskusjõu ning üleslükkejõu tasakaalust saame

$$Mg = Vg(\rho_0 - \rho) = \frac{p\mu Vg}{R}(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}),$$

kus $M = M_0 + \frac{1}{2}M_k$ on õhupalli keskmine mass lennu vältel ning $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ on õhupalli ruumala. Kuna õhupalli pooridest imbub välja soe õhk temperatuuril T, kuid sisenev õhk on väliskeskonna temperatuuril T_0, tuleb sees olevat õhku pidevalt soendada võimsusega

$$P = \lambda C_p(T - T_0).$$

Selle võimsuse saavutamiseks tuleb põletada propaani kiirusega $\frac{P}{k}$ ning kütuse lõppemiseks kuluv aeg on

$$t = \frac{M_k k}{P} = \frac{M_k k}{\lambda C_p(T - T_0)} = \frac{M_k k(p\mu V - MRT_0)}{\lambda C_p MRT_0^2} =$$

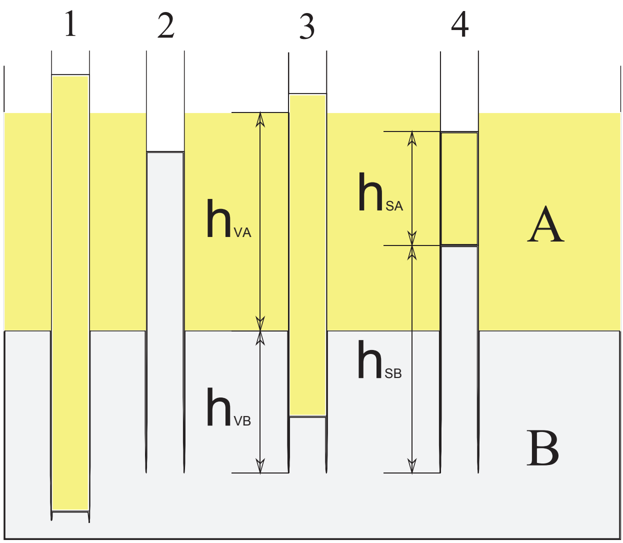
$= 15\,\text{tundi}.$

Hindamisjuhend:
Raskusjõu leidmisel keskmise massi $M = M_0 + \frac{1}{2}M_k$ kasutamine [**1 p.**].

Õhu tiheduse avaldamine sõltuvalt temperatuurist $\rho = \frac{p_0\mu}{RT}$ [**3 p.**].
Õhupalli sees oleva õhu temperatuur peab olema selline, et üleslükkejõud tasakaalustaks raskusjõu $Mg = Vg(\rho(T_0) - \rho(T))$ [**3 p.**].
Kera ruumala leidmine $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ [**1 p.**].
Aru saamine, et kütust kulub nii palju, et soendada õhupalli sisenenud õhk (mille kogus on võrdne õhupallist välja imbunud õhu kogusega) töötemperatuurile $P = \lambda C_p(T - T_0)$ [**3 p.**].
Eelneva korrektne kasutamine õige vastuse saamiseks [**1 p.**].

E1.(*VEDELIKU TIHEDUS*)(*10 p.*) Ülesanne taandub vedelikusammaste rõhkude tasakaalule.

Kõrre sisse peab tekitama teise vedelikusammaste kõrguste jaotuse kui kõrrest väljas (nagu lähtub jooniselt). Juhtude 1 ja 3 tekitamiseks peab ülumise vedeliku kõrre sisse imema, kõrre pealt sulgema ning uputama alumise otsa alumise (tihedama) vedeliku põhjani ning seejärel avama. Juhtude 2 ja 4 tekitamiseks peab kas tühja kõrre pealt sulgema ja uputama alumise otsa alumise (tihedama) vedelikuni ning seejärel avama või puhuma põhja ulatuva kõrre tühjaks ja lubama taastäituda. Katse selgitus olemas või katse läbi viidud ehk sambad tekitatud ja mõõdetud - [**2,5 p.**].



Märgitakse, et vajalik on eralduspinna selge eristumine ja/või oodatakse vedelike eralduspinna selginemist [**1 p.**].

Lähtudes rõhkude võrdsusest toru alumises otsas juhu 4 näitel:

$$p = h_{VA} \cdot \rho_A \cdot g + h_{VB} \cdot \rho_B \cdot g = h_{SA} \cdot \rho_A \cdot g + h_{SB} \cdot \rho_B \cdot g \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

$$(h_{VA} - h_{SA}) \cdot \rho_A = (h_{SB} - h_{VB}) \cdot \rho_B$$

$$\rho_A = \frac{h_{SB} - h_{VB}}{h_{VA} - h_{SA}} \cdot \rho_B \quad [\mathbf{0{,}5\ p.}]$$

Kõrre täiteks kasutatakse vaid ühte vedelikest (nagu juhtudel 1 ja 2 , kuna siis saab suurima vedelikusammaste kõrguste vahe) [**1 p.**].

Näidatakse, et täpseima tulemuse saab, kui kõrs täita vedelikuga mille kihi paksus anumas on väiksem (kuna siis saab suurima absoluutse vedelikusammaste kõrguste vahe) [**1 p.**].

Viiakse läbi vähemalt üks kontrollmõõtmine taastäidetud kõrrega [**1 p.**].

Vastus täpsusega piirides kuni ±3% [**2 p.**]. Tapsusega ±6% (1 punkt)

Ülejäänud katsevariandid:

Variant kus kõrs üritatakse täita kummagi vedelikuga ja tekitada U-toru kokku maksiumaalselt 5 punkti

Variandid kus üritatakse kasutada kõrre sulgemist ja õhurõhku (või õhu rõhu alandamist) kokku maksimaalselt 3 punkti

Seletuseks gümnaasiumile: viime läbi vedeliku A tiheduse mõõtemääramatuse hinnangu

$$\frac{\Delta\rho_A}{\rho_A} = \frac{\Delta h_{SB} + \Delta h_{VB}}{h_{SB} - h_{VB}} + \frac{\Delta h_{VA} + \Delta h_{SA}}{h_{VA} - h_{SA}}$$

Sellest järeldub, et vähima mõõtemääramatuse saame kui: meil on mõnes sambas puudu üks vedelikukiht; sammaste absoluutsed kõrguste erinevused on maksimaalsed võimalikest.

E2.(*SPAGETID*)(*12 p.*) Lahendamise esialgne idee: fikseerime spageti ühe otsa, nt hoiame sealt näpuga kinni, ja rakendame teise otsa järjest kasvavat jõudu seni kuni spageti murdub. Mõõtes jõu õla (kauguse jõu rakenduspnktist kuni murdumiskohani — mis on harilikult otse näpu juures, maksimaalsel kaugusel jõu rakenduspunktist) ning teades rakendatud jõu väärtust saame leida spageti äramurdunud otsale mõjunud jõumomendi murdumispunkti suhtes. Enne murdumist oli see välise jõu moment taskaalustatud spageti ristlõikes mõjunud pingejõudude momendiga: see ongi suurus, mida otsime. Tasakaalutingimuse tõttu pidi see otsitav suurus olema võrdne meie poolt rakendatud jõu momendiga.

Katse käigus selgub, et tüüpiline spageti on nii painduv, et täispikkuses kõrre puhul on murdumishetkel kõrre otste vaheline nurk liiga suur: jõu õlga on raske mõõta. Seepärast on mugavam mõõta lühema kõrrejupi murudmist, nt hoides kinni kõrre keskpunktist. Selgub, et see idee klapib hästi joonlaua kaaluga: kui pool joonlaua kaalust mg (kus m on joonlaua mass) rakendada kõrre otsale (selleks laseme peaaegu horisontaalsel joonlaual toetuda ühe otsaga vastu lauda ning toetame teist otsa spagetiga), siis kriitiliseks spageti õlapikkuseks (mille juures see murdub) ongi umbes pool spageti pikkusest. Kasutame alguses lühemat õlga nii, et spageti veel ei murdu ning suurendame õlga kuni murdumiseni; mõõdame murdunud spagetijupi pikkuse l (kui joonlaud ei toetunud rangelt spageti otspunktile, siis tuleb lahutada tulemist toetuspunkti kaugus otspunktist (eeldatavasti paar millimeetrit). Kui kõrre kõverus ei olnud murdumishetkel väga suur, siis ongi l jõuõlaks ning otsitav jõumoment $M = mgl/2$. Kui kõrre kõverus oli märkimisväärne, siis tuleks täpsema tulemuse huvides mõõta joonlaua abil kõrre kõõlu pikkus L murdumishetkel (sedasama murdunud kõrrejuppi uuesti painutades).

Teeme korduskatseid ning arvutame mõõtmistulemuste keskmise. Hea oleks kasutada erinevaid jõudusid: eelpoolkirjeldatud viisil rakendasime pool joonlaua kaalust, kuid kui tõsta joonlauda spagetiga joonlaua keskpunkti lähedalt, siis on võimalik saada ka joonlaua täiskaal mg (või ka nt $\frac{2}{3}mg$, kui spageti toetuspunkt on joonlaua otsast veerandi joonlaua pikkuse kaugusel).

Hindamisjuhend:

Idee arvutada jõumoment kui spageti otsale rakendatud jõu ning selle jõu õla (murdumispunkti suhtes) korrutis [**3 p.**]. Idee määrata jõu õlg murudunud spagetiotsa abil [**1 p.**] ning reaalse mõõtmise teostamine [**1 p.**]. Valemi $M = mgl/2$ (või vastavalt olukorrale õige avaldise, nt $M = mgl$ või $M = \frac{2}{3}mgl$) rakendamine [**2 p.**] ja õiges suurusjärgus vastuse saamine [**1 p.**].

Kordusmõõtmiste tegemine: iga lisamõõtmine kuni viienda mõõtmistulemseni: a 0,5 punkti . Seega lisamõõtmiste eest täiendavalt - [**2 p.**].

Vastus, mis ei erine õigest rohkem kui 50%: 0,5 punkti ning kui see ei erine rohkem kui 30%, siis kokku - [**1 p.**].

Mainitakse, et spagetikõrre kõverus on nii väike, et spagetitüki pikkus on peaaegu võrdne jõu õlaga või kui on mõõdetud spagetitüki pikkuse asemel selle kõõlu pikkus painutatud olekus - [**1 p.**]