



Nazwa modułu zajęć: Podstawy automatyki

Rok akademicki: 2019/2020 Kod: RAIR-1-304-s Punkty ECTS: 7

Wydział: Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Kierunek: Automatyka i Robotyka Specjalność: —

Poziom studiów: Studia I stopnia Forma studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 3

Strona www: <http://home.agh.edu.pl/pautom>

Prowadzący moduł: dr hab. inż, prof. AGH Snamina Jacek (snamina@agh.edu.pl)

### Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Moduł obejmuje zagadnienia związane z różnymi sposobami opisu podstawowych układów automatyki, wyznaczaniem ich charakterystyk, badaniem stabilności tych układów oraz zastosowaniem układu regulacji.

### Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Student posiada wiedzę w zakresie: - zastosowania przekształcenia Laplace'a w automatyce, - modelowania układów dynamicznych, - budowy schematów blokowych, - wyznaczania charakterystyk czasowych i częstotliwościowych, - badania stabilności układów liniowych, - budowy układów regulacji i zastosowania odpowiedniego regulatora	AIR1A_W10, AIR1A_W09	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_W002	Student dysponuje wiedzą umożliwiającą przeprowadzenie analizy i syntezy liniowego układu automatycznej regulacji	AIR1A_W10, AIR1A_W09	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

M_W003	Student posiada wiedzę w zakresie zastosowania pakietów Matlab/Simulink oraz LabVIEW do sterowania cyfrowego; wie jak dokonać akwizycji danych i zastosować odpowiedni regulator.	AIR1A_W10, AIR1A_W09	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Projekt, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student potrafi: - sformułować model matematyczny układu liniowego w postaci równania ruchu, transmitancji operatorowej oraz równań stanu i równania wyjścia, - ocenić właściwości dynamiczne układów automatyki, - narysować charakterystyki czasowe i częstotliwościowe układów automatyki	AIR1A_U10, AIR1A_U11	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U002	Student potrafi: - zbudować model układu liniowego w postaci schematu blokowego, - przekształcać (rozwiązywać) schematy blokowe wyznaczając transmitancję zastępczą, - sprawdzić stabilność liniowego układu automatyki stosując wybrane kryteria.	AIR1A_U10, AIR1A_U11	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U003	Student potrafi: - dokonać analizy działania układu regulacji, - dokonać syntezy układu regulacji i dobrać parametry regulatora, - ocenić jakość statyczną i dynamiczną układu regulacji	AIR1A_U10, AIR1A_U11	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student potrafi konstruktywnie współpracować w grupie rozwiązując zlecone mu zadania obliczeniowe i laboratoryjne	AIR1A_K02, AIR1A_K01	Aktywność na zajęciach, Sprawozdanie, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_K002	Student potrafi formułować jasne i zrozumiałe argumenty podczas dyskusji z członkami swojego zespołu laboratoryjnego oraz prowadzącym zajęcia.	AIR1A_K02, AIR1A_K01	Aktywność na zajęciach, Sprawozdanie, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Zaangażowanie w pracę zespołu
M_K003	Student rozumie potrzebę ciągłego doskonalenia wiedzy	AIR1A_K03, AIR1A_K01	Aktywność na zajęciach, Studium przypadków, Zaangażowanie w pracę zespołu

## Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytorne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
70	28	28	14	0	0	0	0	0	0	0	0

## Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Student posiada wiedzę w zakresie: - zastosowania przekształcenia Laplace'a w automatyce, - modelowania układów dynamicznych, - budowy schematów blokowych, - wyznaczania charakterystyk czasowych i częstotliwościowych, - badania stabilności układów liniowych, - budowy układów regulacji i zastosowania odpowiedniego regulatora	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student dysponuje wiedzą umożliwiającą przeprowadzenie analizy i syntezy liniowego układu automatycznej regulacji	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Student posiada wiedzę w zakresie zastosowania pakietów Matlab/Simulink oraz LabVIEW do sterowania cyfrowego; wie jak dokonać akwizycji danych i zastosować odpowiedni regulator.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student potrafi: - sformułować model matematyczny układu liniowego w postaci równania ruchu, transmitancji operatorowej oraz równań stanu i równania wyjścia, - ocenić właściwości dynamiczne układów automatyki, - narysować charakterystyki czasowe i częstotliwościowe układów automatyki	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_U002	Student potrafi: - zbudować model układu liniowego w postaci schematu blokowego, - przekształcać (rozwiązywać) schematy blokowe wyznaczając transmitancję zastępczą, - sprawdzić stabilność liniowego układu automatyki stosując wybrane kryteria.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student potrafi: - dokonać analizy działania układu regulacji, - dokonać syntezy układu regulacji i dobrać parametry regulatora, - ocenić jakość statyczną i dynamiczną układu regulacji	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student potrafi konstruktywnie współpracować w grupie rozwiązując zleczone mu zadania obliczeniowe i laboratoryjne	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	Student potrafi formułować jasne i zrozumiałe argumenty podczas dyskusji z członkami swojego zespołu laboratoryjnego oraz prowadzącym zajęcia.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K003	Student rozumie potrzebę ciągłego doskonalenia wiedzy	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	70 godz
Przygotowanie do zajęć	33 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	12 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	53 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	175 godz
Punkty ECTS za moduł	7 ECTS

## Pozostałe informacje

### Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

### **Wykład**

- 1) Wprowadzenie. Rys historyczny. Klasyfikacja układów sterowania. Rodzaje sygnałów w układach sterowania.
- 2) Modelowanie matematyczne układów dynamicznych. Równania wejścia-wyjścia. Przekształcenie Laplace'a. Transmittancja operatorowa.
- 3) Linearyzacja statyczna i dynamiczna. Przestrzeń stanów, równania stanu i równania wyjścia. Modele obiektów w przestrzeni stanów.
- 4) Związki pomiędzy podstawowymi sposobami analitycznego opisu obiektów w automatyce. Opis układów za pomocą schematów strukturalnych.
- 5) Zasady budowy i redukcji schematów blokowych. Grafy przepływu sygnałów.
- 6) Własności dynamiczne układów liniowych. Charakterystyki czasowe (skokowe i impulsowe) podstawowych elementów automatyki. Układy statyczne i astatyczne.
- 7) Analiza częstotliwościowa układów liniowych. Charakterystyki częstotliwościowe (amplitudowo-fazowa, amplitudowo-częstotliwościowa, fazowo-częstotliwościowa) podstawowych elementów automatyki .
- 8) Stabilność układów dynamicznych w sensie Lapunowa. Kryteria stabilności: Michajłowa, Hurwitz'a i Nyquist'a. Zapas stabilności.
- 9) Układ regulacji, jego zadania i struktura. Ocena jakości regulacji, dokładność statyczna, uchyb statyczny.
- 10) Podstawowe algorytmy sterowania: P, I, PI, PD, PID.
- 11) Dobór parametrów regulatorów. Synteza układów liniowych sterowania automatycznego.
- 12) Podstawy analizy sygnałów i układów cyfrowych. Przekształcenie Z.

### **Ćwiczenia audytoryjne**

- 1) Przekształcenie Laplace'a – podstawowe definicje. Własności przekształcenia i ich zastosowanie do wyznaczania transformat Laplace'a,
- 2) Wykorzystanie różnych metod (np. metody rozkładu wielomianu na ułamki proste oraz metody residuów) do wyznaczania retransformat Laplace'a (oryginałów),
- 3) Rozwiązywanie równań różniczkowych przy pomocy przekształcenia Laplace'a,
- 4) Opis matematyczny elementów automatyki – Równania różniczkowe we-wy opisujące podstawowe układy fizyczne (liniowe); linearyzacja równań,
- 5) Opis matematyczny elementów automatyki – Transmittancja operatorowa układów SISO i MIMO,
- 6) Opis matematyczny elementów automatyki – Metoda zmiennych stanu (zapis równań stanu i równań wyjścia),
- 7) Elementy schematu blokowego, sposoby połączeń stosowane na schematach blokowych. Zasady budowy schematu blokowego,
- 8) Redukcja schematu blokowego. Rozwiązywanie schematu blokowego,
- 9) Sposoby wyznaczania charakterystyk czasowych (skokowej oraz impulsowej) podstawowych elementów automatyki,
- 10) Analiza częstotliwościowa układów automatyki. Sposoby wyznaczania charakterystyki amplitudowo-fazowej podstawowych elementów automatyki,
- 11) Sposoby wyznaczania logarytmicznej charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej oraz charakterystyki fazowo-częstotliwościowej podstawowych elementów automatyki,
- 12) Badanie stabilności układów automatyki. Zastosowanie różnych kryteriów oceny stabilności: Hurwitza, Nyquista i Michajłowa,
- 13) Układ automatycznej regulacji – jego struktura i zadania,
- 14) Ocena jakości regulacji – wyznaczanie uchybu statycznego; wyznaczanie uchybu regulacji.

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

- 1) Wprowadzenie do Matlab'a i Simulink'a,
- 2) Zapoznanie się z różnymi metodami rozwiązywania równań różniczkowych w Matlabie i Simulinku (symbolicznymi i numerycznymi),
- 3) Modelowanie matematyczne układów automatyki w Matlabie i Simulinku (równania różniczkowe we-wy, transmitancja operatorowa, równania stanu i równania wyjścia) na przykładzie silnika elektrycznego prądu stałego z magnesem trwałym. Wyznaczenie odpowiedzi czasowych silnika na różne wymuszenia,
- 4) Projektowanie układów automatyki w Matlabie i Simulinku (tworzenie schematów blokowych oraz wyznaczanie charakterystyk czasowych i częstotliwościowych),
- 5) Symulacja działania układu automatycznej regulacji w Matlabie i Simulinku. Zastosowanie różnych rodzajów regulatorów.
- 6) Dobór parametrów regulatorów różnymi metodami. Ocena jakości regulacji (wyznaczenie uchybu ustalonego, czasu regulacji i przeregulowania),
- 7) Realizacja funkcji przełączających z wykorzystaniem programu LabVIEW lub programowalnych sterowników logicznych.

### **Metody i techniki kształcenia:**

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o przykłady odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia audytoryjne: Podczas zajęć audytoryjnych studenci na tablicy rozwiązują zadane wcześniej problemy. Prowadzący na bieżąco dokonuje stosowanych wyjaśnień i moderuje dyskusję z grupą nad danym problemem.

Ćwiczenia laboratoryjne: W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci samodzielnie rozwiązują zadany problem praktyczny, dobierając odpowiednie narzędzia. Wykorzystują przy tym wiedzę z wykładów oraz instrukcje przygotowane do zajęć. Prowadzący stymuluje grupę do refleksji nad problemem, tak by otrzymane wyniki miały wysoką wartość merytoryczną.

### **Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:**

Ćwiczenia audytoryjne:

Wymagana jest obecność na ćwiczeniach audytoryjnych. Nieobecność musi być usprawiedliwiona. Warunkiem zaliczenia ćwiczeń jest czynne uczestnictwo w zajęciach, pozytywne oceny z odpowiedzi ustnych i pisemnych kolokwiów. Ocena z zajęć wynika z ocen z poszczególnych kolokwiów i ustnych odpowiedzi. Dopuszczalna jest jedna nieobecność – prowadzący zajęcia ustala wówczas formę zaliczenia.

Zaliczenia poprawkowe odbywają się przed kolejnymi terminami egzaminów na zasadach określonych przez prowadzącego.

Ćwiczenia laboratoryjne:

Wymagana jest obecność na ćwiczeniach laboratoryjnych. Nieobecność musi być usprawiedliwiona. Warunkiem zaliczenia każdego ćwiczenia prowadzonego w laboratorium jest poprawne wykonanie ćwiczenia, oraz pozytywna ocena sprawozdania. Warunkiem uzyskania zaliczenia jest dodatkowo pozytywnie zaliczony sprawdzian umiejętności rozwiązywania zadań z zakresu obowiązujących ćwiczeń w pakiecie Matlab/Simulink. Dopuszczalna jest jedna nieobecność – prowadzący zajęcia laboratoryjne ustala wówczas formę zaliczenia.

Przewidywane jest jedno zaliczenie poprawkowe w terminie określonym przez prowadzącego.

Warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest pozytywne zaliczenie ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych.

### **Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:**

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia audytoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci przystępując do ćwiczeń są zobowiązani do przygotowania się w zakresie wskazanym każdorazowo przez prowadzącego (np. w formie zestawów zadań). Ocena pracy studenta może bazować na wypowiedziach ustnych lub pisemnych w formie kolokwium, co zgodnie z regulaminem studiów AGH przekłada się na ocenę końcową z tej formy zajęć.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocena końcowa wyliczana jest na podstawie ocen uzyskanych z egzaminu [E], ćwiczeń audytoryjnych [Cw] i laboratoriów [L], jako średnia ważona, wg wzoru:

$$OK = 0,5 \cdot [E] + 0,3 \cdot [Cw] + 0,2 \cdot [L]$$

Uzyskany w ten sposób wynik jest przeliczany na ocenę końcową zgodnie z poniższą regułą:

poniżej 3,00 niedostateczny (2,0)

3,00 - 3,25 dostateczny (3,0)

3,26 - 3,75 plus dostateczny (3,5)

3,76 - 4,25 dobry (4,0)

4,26 - 4,75 plus dobry (4,5)

powyżej 4,75 bardzo dobry (5,0)

### **Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:**

Na ćwiczeniach laboratoryjnych i audytoryjnych dopuszczana jest jedna nieobecność. Student jest zobowiązany nadrobić braki na podstawie literatury, notatek oraz pomocy prowadzącego zajęcia w ramach konsultacji. Ostateczną formę odrobienia nieobecności ustala prowadzący zajęcia. Nieobecność na trzech lub większej ilości zajęć trwających przez cały semestr skutkuje brakiem zaliczenia ćwiczeń.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów**

Zaliczony przedmiot: Matematyka,

Podstawowa znajomość zagadnień z przedmiotów: Fizyka, Mechanika, Elektrotechnika i Elektronika,

Podstawowa znajomość pakietów Matlab/Simulink i LabVIEW.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. AWREJCEWICZ J., WODZICKI W. – Podstawy Automatyki. Teoria i przykłady, Wyd. Politechniki Łódzkiej, Łódź 2001;

2. CANNON R.H. – Dynamika Układów Fizycznych, WNT, Warszawa 1973;

3. FRANKLIN G.F., POWELL J.D. – Feedback Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley, USA 1994;

4. GESSING R. – Podstawy Automatyki, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001;

5. HOLEJKO D., KOŚCIELNY W., NIEWCZAS W. – Zbiór zadań z podstaw automatyki, Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1980;

6. KOŚCIELNY W. – Materiały pomocnicze do nauczania podstaw automatyki, Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001 ;

7. KOWAL J. – Podstawy Automatyki – tom 1, UWND, Kraków 2006;

8. KOWAL J. – Podstawy Automatyki – tom 2, UWND, Kraków 2007;

9. MIKULSKI J. – Podstawy Automatyki – Liniowe Układy Regulacji, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001;

10. OGATA K. – Modern Control Engineering, Prentice Hall International, Inc., NY 1997;
11. PEŁCZEWSKI W. – Teoria sterowania, WNT, Warszawa 1980;
12. RAVEN F. H. – Automatic Control Engineering, Mc Graw – Hill, 1988;
13. TAKAHASHI Y., RABINS M.J. – Sterowanie i systemy dynamiczne, WNT, Warszawa 1976;
14. URBANIAK A. – Podstawy Automatyki, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2001;

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

- 1) Complex vibration modes in magnetorheological fluid-based sandwich beams / Mateusz ROMASZKO, Bogdan SAPIŃSKI, Jacek SNAMINA // Composite Structures ; ISSN 0263-8223. — 2018 vol. 204, s. 475-486. — Bibliogr. s. 485-486, Abstr.. — Publikacja dostępna online od: 2018-07-19. — tekst: <https://www-1sciencedirect-1com>
- 2) Identification of complex shear modulus of MR layer placed in three-layer beam. Pt. 1, Finite element / Mateusz ROMASZKO, Jacek SNAMINA // W: Mechatronics, robotics and control / ed. A. Kot. — Switzerland : Trans Tech Publications, cop. 2015. — (Applied Mechanics and Materials ; ISSN 1660-9336 ; vol. 759). — ISBN: 978-3-03835-466-6. — S. 1-13. Publikacja dostępna online od: 2015-05-18. — tekst: <http://www.scientific.net.atoz.wbg2.bg.agh.edu.pl/AMM.759.1.pdf>
- 3) Automotive vehicle engine mount based on an MR squeeze-mode damper: modeling and simulation / Bogdan SAPIŃSKI, Jacek SNAMINA // Journal of Theoretical and Applied Mechanics ; ISSN 1429-2955. — 2017 vol. 55 iss. 1, s. 377-388. — Bibliogr. s. 387-388
- 4) Możliwości zastosowania zaawansowanych algorytmów sterowania dla nieliniowych układów hydraulicznych (Advanced control algorithms for nonlinear hydraulic system): Agata NAWROCKA, Hydraulika i Pneumatyka; ISSN 1505-3954. — 2010 R. 30 nr 3, s. 26-29.
- 5) Adaptive control for robot manipulator: Agata NAWROCKA, Marcin NAWROCKI, Andrzej KOT, 12th conference on Active noise and vibration control methods MARDiH : Krakow - Krynica Zdroj, Poland, 08-11 June 2015: proceedings / ed. Marcin Apostoł; AGH University of Science and Technology. Faculty of Mechanical Engineering and Robotics. Department of Process Control, Committee on Mechanics of the Polish Academy of Science. — [Kraków] : AGH University of Science and Technology. Department of Process Control, [2015]. — ISBN: 978-83-64755-08-8. — S. 17
- 6) Control in Electrodynamical Linear Systems: Andrzej KOT, Roman ORNACKI, International Carpathian Control Conference – ICC'2006, Rožnov pod Radhoštěm, Czech Republic, May 29-31, 2006,
- 7) Stanowisko do badań sterowanych układów redukcji drgań (Stand used to testing systems of vibration control): Jarosław KONIECZNY, Roman ORNACKI, Janusz PLUTA, 6th Conference on Active Noise and Vibration Control Methods MARDiH'2003, Cracow, May 7-9, 2003.

### **Informacje dodatkowe**

Informacje organizacyjne o przebiegu i harmonogramie ćwiczeń tablicowych i laboratoriów a także informacje dotyczące organizacji egzaminu znajdują się na stronie internetowej przedmiotu.